

국제 에너지 시장의 편익수익 연구*

김수현** · 김지효*** · 허은녕****

요 약

본 논문은 에너지 시장 변화 특성을 설명하는 주요한 요인인 편익수익을 연구하였다. 편익수익은 재고 보유를 통해 물량 부족 및 가격 상승에 대응하는 편익을 의미한다. 본 논문은 2000년 1월부터 2013년 7월까지 북미 석유시장, 유럽 석유시장, 북미 가스시장에서의 편익수익을 연구하여, 다음의 2개 가설을 검증하였다. 첫 번째 가설은 에너지 시장에서 편익수익과 재고는 반비례한다는 것이다. 이자율조정베이스스(IAB)로 편익수익을 근사할 경우에는 모든 시장에 대해 편익수익과 재고가 유의하게 반비례하는 것으로 분석되었다. 그러나 콜옵션가치로 편익수익을 근사할 경우에는 북미 가스시장에서만 편익수익과 재고 간 유의한 반비례 관계가 나타났다. 두 번째 가설은 편익수익 근사에 있어 IAB 보다 콜옵션가치가 우월하다는 것이다. 가설 검증 결과, 에너지 시장에 대해서는 IAB가 콜옵션가치보다 편익수익을 더 잘 근사하는 것으로 나타났다.

주요 단어 : 편익수익, 에너지 시장, 이자율조정베이스스, 콜옵션가치
경제학문헌목록 주제분류 : Q3, G1, C5

* 본 논문은 주저자의 석사학위논문의 일부 내용을 발췌하여 수정·보완한 논문입니다. 본 논문의 개선을 위해서 많은 조언을 하여 주신 익명의 심사위원님들께 감사드립니다.

** 산업연구원 연구보조원(주저자), kimssoo@outlook.com

*** 에너지경제연구원 부연구위원(교신저자), jihyokim@keei.re.kr

**** 서울대학교 에너지시스템공학부 교수, heoe@snu.ac.kr

I. 서 론

편의수익(convenience yield)은 상품의 가격이나 수요에 급격한 상승이 발생할 때 보유한 재고를 이용하여 생산일정을 유지하고 대응비용을 최소화함으로써 얻게 되는 편익을 말한다(Kaldor, 1939). Kaldor(1939)는 재고 수준이 높을 때에는 한계편의수익이 낮아 선물가격이 현물가격보다 높은 정상시장(contango)이, 재고 수준이 낮을 때에는 한계편의수익이 높아 선물가격이 현물가격보다 낮은 역조시장(backwardation)이 발생한다고 설명하였다. 이를 계승하여, Working(1948, 1949), Telser(1958), Brennan(1958)의 연구들은 재고와 편의수익 간 관계를 고찰하는 ‘저장이론(theory of storage)’을 형성하였다¹⁾. 편의수익을 통해 재고의 변동과 선·현물가격 간의 관계를 설정할 수 있으므로(이인석·허은영, 2004), 에너지를 비롯한 곡류, 광물 등의 원자재 시장에서의 편의수익은 활발하게 연구되어 왔다(Zulauf et al., 2006).

본 논문은 2000년 이후 국제 에너지 시장에서의 편의수익을 연구하였다. 에너지 재고는 에너지 수급 충격의 영향을 완화할 뿐만 아니라 에너지 가격 변화에도 크게 영향을 미친다(Considine and Heo, 2000; 서성진, 2000). 석유 재고가 석유 가격에 미치는 영향은 많은 선행연구에서 논의된 바 있다(Fattouh, 2007). 뿐만 아니라, 전략비축유 방출의 계획정보 자체가 가격에 미치는 영향은 상당한 것으로 평가된다. 이러한 에너지 재고와 가격 간 밀접한 관계를 고려하면 에너지 시장에서의 편의수익에 대한 연구가 필요하나, 국내에서는 이

1) Working(1948, 1949), Brennan(1958), Telser(1958) 등의 연구는 편의수익과 재고의 관계에 대해 직접적으로 저장이론이라고 명명하지는 않았다. Working(1949)의 연구가 “The Theory of Price of Storage”, Brennan(1958)의 연구가 “The Supply of Storage” 정도의 제목을 갖고 있을 뿐이다. 그러나 이를 계승하는 다수의 연구들(Heinkel et al., 1990; Milonas and Thomadakis, 1997; Symeonidis et al., 2012)이 위와 같은 학자들의 연구를 저장이론이라 칭하고 이를 다양한 형태로 검증하였다(김수현, 2014).

에 대한 학술적 논의가 부족한 상황이다. 본 연구는 북미지역 석유시장을 대표하는 West Texas Intermediate유(WTI유), 유럽지역 석유시장을 대표하는 Brent유, 북미지역 천연가스 시장을 대표하는 Henry Hub 천연가스(HH 천연가스)를 대상으로 편익수익을 도출한 뒤, 이들의 편익수익이 각 지역시장의 에너지 재고와 어떠한 관계를 가지는지 분석하였다.

본 연구는 다음의 두 가설을 검증하는 것을 주요한 목표로 삼았다. 첫 번째 가설은 에너지 시장에서 편익수익과 재고 간에는 반비례 관계가 성립한다는 것이다(Brennan, 1958). 편익수익은 직접적으로 계측될 수 있는 지표가 아니므로, 일반적으로 이자율조정베이스(interest adjusted basis: IAB) 혹은 옵션가치로 근사된다(Milonas and Thomadakis, 1997). 본 연구는 IAB와 재고 간 관계(Cho and McDougall, 1990)와 콜옵션가치와 재고 간 관계(Milonas and Thomadakis, 1997)를 분석하여, 에너지 시장에서 편익수익과 재고 간 반비례 관계가 성립하는지 검증하였다. 두 번째 가설은 편익수익 근사에 있어 콜옵션가치가 IAB보다 우월하다는 것이다. Hochradl and Rammerstorfer(2012)은 옵션가치가 IAB보다 편익수익을 더 잘 근사한다고 주장하였으나, 이 주장에 대해서는 논의의 여지가 있다. 본 연구는 IAB와 콜옵션가치 중 재고량의 변화에 의해 더 잘 설명되어지는 지표가 무엇인지 도출하여, Hochradl and Rammerstorfer(2012)가 제시한 가설을 검증하였다.

이후 논문의 구성은 다음과 같다. 제II장은 저장이론 및 편익수익에 대한 연구를 개관하고, 에너지·자원에 대해 편익수익을 추정해서 저장이론을 검증한 연구를 소개한다. 제III장은 편익수익의 근사 지표인 IAB와 콜옵션가치 산출 방법을 설명하고, 이를 사용하여 본 논문의 두 가설을 검증하기 위한 모형을 제안한다. IV장은 분석자료 및 IAB와 콜옵션가치 산출 결과를 제시하고, 편익수익과 재고 간 관계 분석을 통해 두 가설을 검증한 결과를 논한다. 이에 기초하여 V장에서 결론을 내린다.

II. 선행 연구

편의수익에 관한 선행연구들은 주제와 방법론에 따라 다음의 세 범주로 분류될 수 있다(Gao and Wang, 2005). 첫째는 편의수익과 재고 관 관계를 설명하는 저장이론을 제시하고 체계화한 연구이다. Kaldor(1939), Working(1948, 1949), Telser(1958), Brennan(1958)의 연구가 여기에 해당된다. 둘째는 편의수익과 재고 간 반비례 관계를 분석하여 저장이론을 직접적으로 검증하는 연구이다. Cho and McDougall(1990), Milnonas and Thomadakis(1997), Geman and Nguyen(2005) 등의 연구가 여기에 해당된다. 셋째는 편의수익과 선·현물 가격 변동성 간 비례 관계를 분석하여 저장이론을 간접적으로 검증하는 연구이다. Cho and McDougall(1990), Geman and Ohana(2005), Symeonidis et al.(2012) 등의 연구가 여기에 해당된다. 이에 따르면, 본 연구는 편의수익과 재고 간 반비례 관계 분석을 통해 저장이론을 직접적으로 검증하였으므로, 두 번째 분류에 해당한다.

<표 1>에 저장이론에 근거하여 에너지 시장의 편의수익을 분석한 선행연구를 제시하였다²⁾. 이들 연구는 선·현물거래가 잘 발달한 북미시장이나 유럽 시장에서 거래되는 상품을 분석하였으며, IAB 혹은 옵션가치로 편의수익을 근사하였다. 또한, 모두 저장이론에서 상정하는 편의수익과 재고 간 관계에 부합하는 결과를 제시하였다.

2) <표 1>에 소개된 연구는 저장이론을 직접적으로 검증한 연구 및 간접적으로 검증한 연구를 포괄한다.

〈표 1〉 에너지 시장의 편익수익을 분석한 선행연구

연구	상품	거래소	분석기간	편익수익
Cho and McDougall(1990)	원유, 휘발유, 난방유	NYMEX	1985~1989	IAB
Kocagil(2004)	원유, 난방유, 휘발유,	NYMEX	1990~1999	옵션가치
Chen et al.(2006)	원유	NYMEX	1995~2005	옵션가치
박지훈(2007)	원유, 난방유, 휘발유, 천연가스	NYMEX	2001~2006	옵션가치
Geman and Ohana(2009)	원유, 천연가스	NYMEX	1993~2008	IAB
Hochradl and Rammerstorfer(2012)	천연가스	NBP, ZEE, TTF	2005~2008	IAB, 옵션가치
Kucher and Kurov(2012)	원유, 휘발유, 난방유, 프로판, 천연가스	NYMEX	1987~2011	IAB
Symeonidis et al.(2012)	원유, 난방유, 천연가스,	NYMEX	1993~2011	IAB
West(2012)	석탄	RBCT	2001~2006	옵션가치

- 주: 1) NYMEX(New York Mercantile Exchange)는 북미지역의 대표적인 에너지·자원 거래소
 2) RBCT(Richards Bay Coal Terminal)은 남아프리카의 대표적 석탄 수출시설로 유럽지역에서 거래되는 석탄의 벤치마크 가격이 여기에서 결정
 3) NBP(National Balancing Point), ZEE(Zeebrugge in Belgium), TTF(Dutch Title Transfer Facility)는 유럽에서 천연가스 거래가 이루어지는 주요 거점으로 각각 영국, 벨기에, 네덜란드에 위치

IAB로 편익수익을 근사한 연구로는 Cho and McDougall(1990), Geman and Ohana(2009), Kucher and Kurov(2012), Symeonidis et al.(2012)를 들 수 있다. 이들 연구는 북미지역에서 거래되는 원유, 석유제품 및 천연가스를 대상으로 편익수익과 재고 간 관계를 분석하였다. Cho and McDougall(1990)과 Geman and Ohana(2009)는 편익수익의 개념을 정의하는 데 있어 역조시장의 이해에 중점을 두었다. 따라서 역조시장 여부를 판단할 수 있는 기준인 베이스(basis)³⁾를 이자율로 조정한 IAB를 편익수익의 근사치로 상정하였다. 이들 연구가 베이스가 아닌 IAB를 편익수익의 근사치로 사용한 이유는 이자율 및 상품 가격으로 인한 변동성의 영향을 완화하고자 함이었다(Gary and Peck, 1981). 반면, Kucher and Kurov(2012)와 Symeonidis et al.(2012)는 IAB가 편익수익을 나타낸다는 것을 전제하여 IAB와 재고 간 관계를 연구하였다.

옵션가치로 편익수익을 근사한 연구로는 Kocagil(2004), Chen et al.(2006), 박지훈(2007), West(2012)을 들 수 있다. 이들 연구는 북미지역에서 거래되는 원유 및 석유제품 혹은 유럽지역에서 거래되는 석탄을 대상으로 편익수익과 재고 간 관계를 분석하였다. 이들 연구가 옵션가치로 편익수익을 근사한 이유는 역조시장의 이해보다는 재고의 보유 및 방출 행위에 더 주목하였기 때문이다(Milonas and Thomadakis, 1997; Kocagil, 2004). Hochradl and Rammerstorfer(2012)은 이론적으로 IAB와 옵션가치 2개 지표를 모두 사용하여 편익수익을 근사하였으며, 유럽지역에서 거래되는 천연가스의 편익수익과 재고 간 관계를 분석하였다.

Hochradl and Rammerstorfer(2012)을 제외한 대부분의 선행연구는 편익수익의 근사치로써 IAB와 옵션가치의 비교를 간과하였다. IAB를 통한 편익수익의 근사는 시장에서 선·현물거래를 통해서만 차익을 얻을 수 없다는 무차익원리(no arbitrage principle)를 전제로 가능하다(Bodie et al., 2010; Hochradl and

3) 베이스는 선물가격과 현물가격의 차이로 정의된다. 베이스가 양(+)의 값을 가질 때를 정상시장, 베이스가 음(-)의 값을 가질 때를 역조시장이라고 한다.

Rammerstorfer, 2012). 이 방식은 편익수익을 선·현물가격 차이와 재고 보유의 기회비용 간 잔차(residual)로 가정한다(Fama and French, 1987; 1988). 반면, 옵션가치를 통한 편익수익의 근사는 재고 보유의 의사결정이 옵션구매의 의사결정과 본질적으로 동일함을 전제한다(Heinkel et al., 1990). 이 방식은 어떠한 옵션가격결정보형을 사용하느냐에 따라 편익수익의 근사치가 다르게 산정될 수 있다는 한계를 가지고 있다(Chen et al., 2006; Hochradl and Rammerstorfer, 2012). 따라서 편익수익 근사를 위해 어떠한 지표를 사용하였는가는 편익수익의 개념을 어떻게 이해하였는가와 결부된다. 이러한 문제의식에서 출발하여, Hochradl and Rammerstorfer(2012)은 두 지표 중 무엇이 편익수익을 근사하기에 더 적절한지 논하였다. 그는 IAB의 전제조건인 무차익 원리가 실제 시장에서 성립하지 않을 가능성이 높으므로, 옵션가치가 더 적절한 지표라고 주장하였다. 그러나 이 주장을 뒷받침할 수 있는 실증분석 결과에 대한 논의가 다소 부족한 상황이다.

본 연구는 다음의 두 가지 측면에서 전술한 선행연구를 발전시키고자 하였다. 첫째, 본 연구는 선행연구의 연구방법론을 종합하는 동시에 분석대상을 확장하였다. IAB와 재고 간 관계 및 옵션가치와 재고 간 관계를 모두 분석하여 어떠한 편익수익 근사지표를 사용하였는가에 상관없이, 에너지 재고와 편익수익 간 반비례 관계가 성립하는지 검증하였다. 또한 특정 지역시장에 편중되지 않고, 북미시장과 유럽시장 전반에 대해 에너지 재고와 편익수익 간 반비례 관계가 2000년대 이후 장기적으로 성립하는 것인지 분석하였다. 둘째, IAB와 옵션가치 중 어느 지표가 편익수익을 잘 근사하는지 도출하였다. 이를 위해 편익수익과 재고 간 관계를 분석하는 기존 모형을 수정하여 추가 분석을 시행하였다. 편익수익이 재고 비축 및 방출의 의사결정에 대한 신호로 작동하는 상황에서(박지훈, 2007), 직접적으로 계측할 수 없는 편익수익을 보다 더 잘 근사하는 지표가 무엇인지 논의하는 것은 의미가 있다고 보인다.

Ⅲ. 연구 방법론

1. 편익수익 근사

Fama and French(1987, 1988)는 저장이론에 근거하여 식 (1)의 보유비용모형을 제안하였다. 식 (1)에 의하면 선물가격과 현물가격의 차이, 즉 베이스는 재고 한 단위를 보유함으로써 지불하는 경제적 비용과 같다. 이 비용은 재고 보유의 한계기회비용($s_t r_{t,T}$)과 한계저장비용($w_{t,T}$)의 합에서 한계편익수익($c_{t,T}$)을 제하여 도출할 수 있다.

$$f_{t,T} - s_t = s_t r_{t,T} + w_{t,T} - c_{t,T} \quad (1)$$

$f_{t,T}$: 만기가 T인 t기의 선물가격

s_t : t기의 현물가격

$r_{t,T}$: t기부터 T기까지의 이자율

$w_{t,T}$: 한계저장비용

$c_{t,T}$: 한계편익수익

Cho and McDougall(1990)은 식 (1)에서 한계저장비용을 0으로 가정하면, 편익수익은 음(-)의 IAB로 근사될 수 있음을 보였다. 이 때, IAB는 식 (2)와 같이 주어진다. IAB가 양(+)의 값을 가지면 편익수익이 낮아 정상시장이 형성되는 반면, IAB가 음(-)의 값을 가지면 편익수익이 높아 역조시장이 형성된다(Cho and McDougall, 1990; Geman and Ohana, 2009; Symeonidis et al., 2012).

$$IAB_t = \frac{f_{t,T} - (1 + r_{t,T})s_t}{s_t} \quad (2)$$

$f_{t,T}$: 만기가 T인 t기의 선물가격

s_t : t기의 현물가격

$r_{t,T}$: t기부터 T기까지의 이자율

반면, Heinkel et al.(1990)는 IAB 대신 옵션가치로 편익수익을 측정해야 한다고 주장하였다. 콜옵션은 기초상품을 미래의 일정 시점에 행사가격으로 매입할 수 있는 권리를 부여하는 계약이다. 콜옵션 보유자는 상품 가격 상승 시 이익을 얻게 되며, 해당 이익의 크기는 결국 콜옵션가치로 환원된다. 편익수익 또한 상품 가격 상승 시 채고 보유자가 얻게 되는 편익을 나타낸다. 이러한 측면에서, 채고 보유의 의사결정은 콜옵션 구매의 의사결정과 유사하다고 볼 수 있다(Heinkel et al., 1990; Lautier, 2009). 즉, 0의 채고 저장비용을 가정하면 편익수익은 콜옵션가치로 근사될 수 있다(Milonas and Henker, 2001; Roy, 2006; Lin and Duan, 2007). Milonas and Thomadakis(1997)를 따라 블랙-숄츠 옵션모형(Black and Sholes, 1973)을 적용하면, 콜옵션가치 c_t 는 식 (3)과 같이 계산된다.

$$c_t = s_t N(d_{1,t}) - f_{t,T} N(d_{2,t}) \quad (3)$$

$$d_{1,t} = \frac{\ln(s_t/f_{t,T}) + (\sigma_t^2/2)\tau}{\sigma_t \sqrt{\tau}}, \quad d_{2,t} = d_{1,t} - \sigma_t \sqrt{\tau}$$

$$\sigma_t = \sqrt{\sigma_{f,t}^2 + \sigma_{s,t}^2 - 2\rho_t \sigma_{f,t} \sigma_{s,t}}$$

$f_{t,T}$: 만기가 T기인 t기의 선물가격

s_t : t기의 현물가격

$\sigma_{f,t}$: t기 선물가격 로그수익률의 표준편차

$\sigma_{s,t}$: t기 현물가격 로그수익률의 표준편차

ρ_t : t기 선물가격과 현물가격의 로그수익률 상관계수
 τ : 선물계약 만기까지의 기간
 $N(\cdot)$: 누적정규분포함수

편의수익의 옵션성을 이해하기 위해 다음의 상황을 상정해 보자.⁴⁾ t-1기에 상품을 구입한 재고보유자는 t기에 이 재고를 시장에 되팔 것인지 아니면 t+1기까지 보유할 것인지 의사결정을 해야 하는 상황에 놓여있다. 만약 t기의 상품가격이 t-1기의 상품가격 및 재고 보유비용의 합보다 크다면, t기의 재고 보유에 대한 편의수익은 양(+)의 값을 가질 것이다. 그렇지 않다면, t기의 재고 보유에 대한 편의수익은 음(-)의 값을 가질 것이다. 이 때, 전자의 상황은 콜옵션의 내가격(in the money)에 해당하며, 후자의 상황은 콜옵션의 외가격(out of the money)에 해당한다. 내가격이 커질수록 옵션 행사의 유인이 커지는 반면, 외가격이 커질수록 옵션 행사를 유보할 유인이 커진다. 이를 재고 보유의 의사결정으로 환원하면, 내가격이 커질수록 재고를 방출할 유인이 커지는 반면, 외가격이 커질수록 재고 보유를 유지할 유인이 커지는 것이다. 따라서 편의수익은 콜옵션가치로 근사될 수 있다.

2. 가설 검증모형

에너지 시장에서 편의수익과 재고 간에는 반비례 관계가 성립한다는 첫 번째 가설을 검증하기 위해, 자기회귀시차분포모형(autoregressive distributed lagged model)을 설정하였다.⁵⁾ 식 (4)는 Cho and McDougall(1990), Geman and Ohana(2009), Symeonidis et al.(2012)가 제안한 모형에 기초를 두고 있으며, 음(-)의 IAB와 재고량 간에 반비례 관계를 검증하기 위해 설정되었다. 식

4) 편의수익의 옵션성에 관한 설명은 Kocagil(2004)의 p. 147을 참조한다.

5) 자기회귀시차분포모형을 설정한 이유는 시계열 자료 사용으로 인한 자기상관(auto correlation) 문제를 회피하기 위함이다. 시차는 사후(ex-post) 결정되었다.

(5)는 Milonas and Thomadakis(1997)가 제안한 모형에 기초를 두고 있으며, 콜옵션가치와 재고량 간의 반비례 관계를 검증하기 위해 설정되었다.⁶⁾⁷⁾

$$IAB_t = \beta_0 + \beta_1 I_t + \delta_1 IAB_{t-1} + \delta_2 IAB_{t-2} + \epsilon_t \quad (4)$$

IAB_t : t기의 IAB

I_t : t기의 재고량

$$C_t = \gamma_0 + \gamma_1 I_t + \theta_1 C_{t-1} + \theta_2 C_{t-2} + \epsilon_t \quad (5)$$

C_t : t기의 콜옵션가치

I_t : t기의 재고량

식 (4)를 통해 추정된 β_1 이 통계적으로 유의한 양(+)의 값을 가진다면, 이 결과는 IAB로 편익수익을 근사할 경우에 대하여 첫 번째 가설을 지지함을 의미한다. 식 (5)를 통해 추정된 γ_1 이 통계적으로 유의한 음(-)의 값을 가진다면, 이 결과는 콜옵션가치로 편익수익을 근사할 경우에 대하여 첫 번째 가설을 지지함을 의미한다.

식 (4)와 식 (5)의 추정결과는 편익수익과 재고 간 관계는 추정할 수 있으나 IAB와 콜옵션가치 중 어느 지표가 편익수익 근사에 더 적절한지는 도출할 수 없다. 그 이유는 IAB와 콜옵션가치의 단위가 달라⁸⁾ 추정된 결과를 동일선상에서 비교할 수 없기 때문이다. 이에 본 연구는 IAB, 콜옵션가치, 재고량을 모두 표준화(standardization)⁹⁾하여 단위를 통일시켰다. 편익수익 근사에 있어

6) 식 (4)에서 기반을 두고 있는 모형은 $IAB_t = \beta_0 + \beta_1 I_t + \epsilon_t$, 식 (5)의 기반이 되는 모형은 $C_t = \gamma_0 + \gamma_1 I_t + \epsilon_t$ 이다.

7) 식 (4)와 (5) 모두 저장이론의 직접적 검증을 위해 제안된 모형이며, 이들 모형에는 추세향(time trend)이 포함되지 않았다. 따라서 변수들이 단위근(unit root)을 갖는 불안정 시계열이라면, 가성회귀(spurious regression)의 문제가 발생할 수 있다. 이어 제시되는 식 (6)과 (7)에 대해서도 동일한 설명이 적용됨을 미리 밝히는 바이다.

8) IAB는 단위가 없는 반면, 콜옵션가치는 단위상품의 가격으로 표현된다.

콜옵션가치가 IAB보다 우월하다는 것이라는 두 번째 가설(Hochradl and Rammerstorfer, 2012)을 검증하기 위한 표준화된 IAB, 콜옵션가치, 재고량을 변수로 상정하는 식 (6)과 (7)의 자기회귀시차분포모형을 설정하였다. 이 때, 표준화된 변수는 평균이 0이고 표준편차가 1이므로 상수항을 제한 모형을 설정하였다.

$$IAB_t' = \beta_1' I_t' + \delta_1' IAB_{t-1}' + \delta_2' IAB_{t-2}' + \epsilon_t' \quad (6)$$

IAB_t' : t기의 표준화된 IAB

I_t' : t기의 표준화된 재고량

$$C_t' = \gamma_1' I_t' + \theta_1' C_{t-1}' + \theta_2' C_{t-2}' + \epsilon_t' \quad (7)$$

C_t' : t기의 표준화된 콜옵션가치

I_t' : t기의 표준화된 재고량

본 연구는 IAB와 콜옵션가치 중 재고량의 변화에 의해 더 잘 설명되는 지표가 편의수익을 대표하기에 더 적절한 지표라고 상정하였다(Cho and McDougall, 1990). 이러한 전제 하에, 두 번째 가설에서 상정한 바와 같이 콜옵션가치가 IAB보다 편의수익을 더 잘 근사한다면 γ_1' 는 통계적으로 유의한 음(-)의 값을 가지는 동시에 β_1' 보다 더 큰 절대값을 가질 것이다. 반대로, IAB가 콜옵션가치보다 편의수익을 더 잘 근사한다면, β_1' 는 통계적으로 유의한 양(+)의 값을 가지는 동시에 γ_1' 의 절대값보다 더 큰 값을 가질 것이다.

9) 측정단위가 다른 자료들을 비교하기 위한 단위변환 기법으로는 로그변환과 표준화가 있다(류근관, 2003). 로그변환은 음(-)의 값을 가지는 IAB나 콜옵션가치가 도출되는 시점의 자료들에는 적용불가능하다는 한계가 있다. 이에 본 연구는 평균을 빼주고 표준편차로 나누어 IAB, 콜옵션가치, 재고량을 표준화하는 방안을 선택하였다.

IV. 실증분석 결과

1. 분석 자료

본 연구는 북미지역 석유시장을 대표하는 WTI유, 유럽지역 석유시장을 대표하는 Brent유, 북미지역 가스시장을 대표하는 HH 천연가스의 가격자료를 사용하여 편익수익을 도출한 다음, 이 편익수익과 해당 지역시장의 관련 상품 재고 간 관계를 분석하였다. 분석기간은 2000년 1월부터 2013년 7월¹⁰⁾까지로 총 163개의 월별 시계열 자료¹¹⁾를 분석하였다. 분석자료는 관련 선행연구(Cho and McDougall, 1990; Kocagil, 2004; Geman and Ohana, 2009; Symeonidis et al., 2012)를 참조하여 작성되었다. 본 연구의 분석 대상은 에너지 시장에서의 편익수익이므로, 선·현물가격은 해당 지역시장 벤치마크(benchmark) 제품의 가격을 사용하되, 재고는 해당 지역시장의 관련 상품 재고 총량을 사용하였다.

국제 에너지 시장은 수요지역에 따라 북미시장, 유럽시장, 아시아시장으로 분류될 수 있으며, 거래상품에 따라 원유 및 석유제품시장, 천연가스 및 LNG 시장 등으로 분류될 수 있다(Kim et al., 2013; 황광수 외, 2012). 이 중에서 편익수익과 재고 간 관계를 분석할 수 있는 시장을 선정하기 위해 다음의 두 조건을 고려하였다. 첫째, 편익수익을 도출하기 위해서는 선·현물거래가 잘 발달하여 분석기간 동안 신뢰할 수 있는 선·현물가격이 존재하여야 한다. 원유 및

10) 본 연구는 편익수익과 재고 간 장기 관계를 직접적으로 검증하는데 중점을 두고 있으므로 분석기간을 나누지 않았다. 만약 편익수익과 재고 간 관계를 간접적으로 검증하고자 한다면, 가격변동성의 크기에 따라 분석기간을 나누는 방안을 고려해 볼 수 있을 것이다.

11) 일별 자료는 월별 자료로 가공하였다.

석유제품의 경우, 북미시장, 유럽시장, 아시아시장 모두 선·현물거래가 활발하게 이루어지고 있다(한국석유공사, 2011). 천연가스 및 LNG 제품의 경우 지역 시장에 따라 선·현물거래의 발달 정도가 다르다(Energy Charter Secretariat, 2007; 황광수 외, 2012). 북미시장은 선·현물거래가 가장 잘 발달되어 있는 반면, 장기계약에 대한 의존도가 높은 아시아시장은 선·현물거래가 잘 발달되어 있지 않다. 유럽시장의 경우, 현물거래가 증가하면서 시장의 유동성이 증가하고 있는 상황이나, 아직 북미시장에 비하면 그 정도가 낮은 편이다.¹²⁾ 둘째, 해당 지역시장의 재고량을 잘 나타내는 자료가 존재하여야 한다. 북미 석유시장, 유럽 석유시장, 북미 가스시장의 경우, 관련 상품의 재고 자료를 구할 수 있다. 그러나 아시아 석유시장에 대해서는 재고 자료를 구하기 어려운 상황이다. 이에, 북미 석유시장, 유럽 석유시장, 북미 가스시장을 분석대상으로 선정하고, 각 지역시장의 벤치마크인 WTI유, Brent유, HH 천연가스(Bentzen, 2007; 황광수 외, 2012; Kim et al., 2013)의 선·현물가격을 이용하여 편의수익을 도출하였다.

WTI유, Brent유 및 HH 천연가스의 선·현물가격은 미국 Energy Information Administration(EIA)에서 제공하는 자료를 사용하였다. 재고 자료의 경우, 북미 석유시장에 대해서는 EIA에서 제공하는 미국의 원유 및 석유제품 재고량을, 유럽 석유시장에 대해서는 데이터스트림(Datastream)에서 제공하는 Organisation for Economic Cooperation and Development(OECD) 유럽의 원유 및 석유제품 재고량을, 북미 가스시장에 대해서는 EIA에서 제공하는 미국 천연가스 재고량(U.S. Total Natural Gas in Underground Storage)¹³⁾ 자료를 사용하였다. 선물가격과 현물가격의 로그수익률은 익월가격과 당월가격의 차에 로그를 씌워 도출하였다. 모든 선물가격은 3개월물의 가격을 사용하였다.

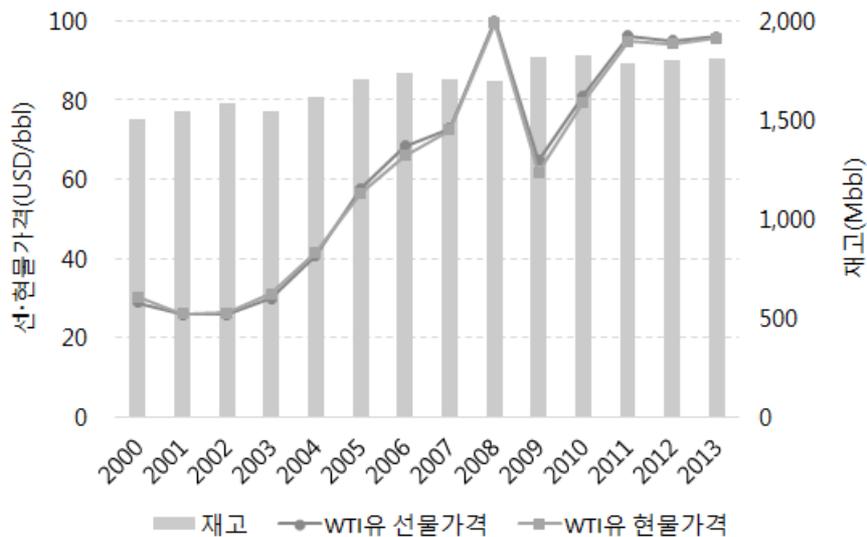
12) Hochradl and Rammerstorfer(2012)은 2005년부터 2008년까지 유럽에서 거래되는 천연가스의 편의수익과 재고 간 관계를 분석하였다. 본 논문은 유럽에서 천연가스 선·현물거래가 활발해지기 이전인 2000년대 초반을 분석시기에 포함시켰으므로, Hochradl and Rammerstorfer(2012)과 달리 유럽 천연가스 시장을 분석대상에서 제외하였다.

13) 재고의 즉각적인 방출이 가능한 working gas의 재고량 자료를 사용하였다.

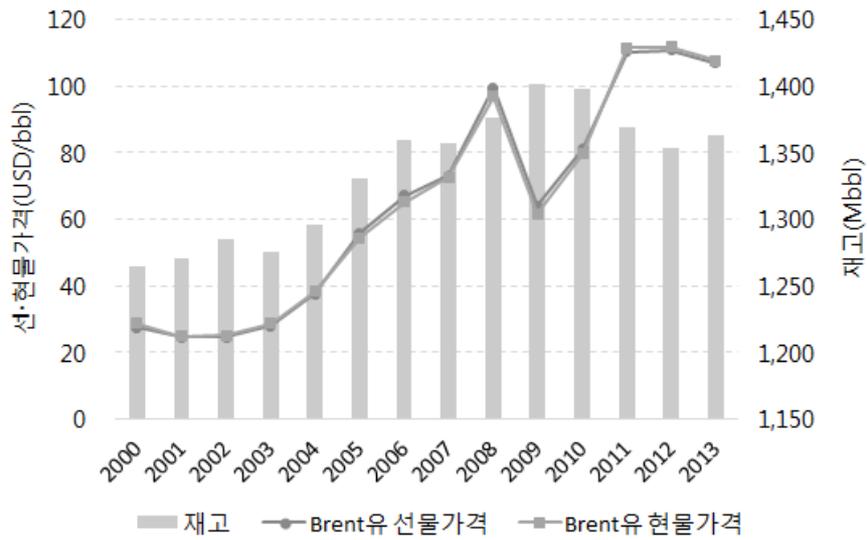
이자율은 미국 연방준비은행(Federal Reserve Bank: FRB)에서 제공하는 3개월 Treasury Bill 자료를 사용하였다.

각 에너지 시장의 재고 및 벤치마크 상품의 선·현물가격 추이를 [그림 1]~[그림 3]에 도시하였다. 북미 석유시장의 벤치마크인 WTI유와 유럽 석유시장의 벤치마크인 Brent유의 선·현물가격 추이가 유사한 것은 이들 지역의 석유 시장이 국제적으로 동조화(coupling)되어 있는 것과 관련된다(김진수 외, 2007; Kim et al., 2013). 반면 북미 천연시장의 벤치마크인 HH 천연가스의 선·현물가격은 WTI유 및 Brent유의 선·현물가격과 다른 추이를 보인다. 이는 천연가스 시장과 원유시장이 탈동조화(decoupling)되어 있는 것과 관련된다(황광수 외, 2012). 세 시장의 재고량 추이는 상이한 것으로 나타났다.

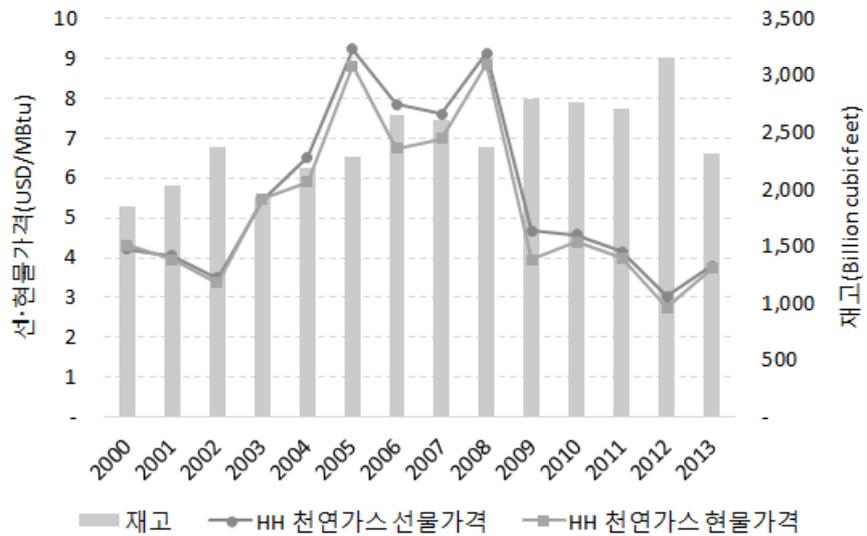
[그림 1] 북미 석유시장의 선·현물가격 및 재고



[그림 2] 유럽 석유시장의 선·현물가격 및 재고



[그림 3] 북미 가스시장의 선·현물가격 및 재고



2. IAB와 콜옵션가치

<표 2>에 식 (2)와 (3)을 적용하여 계산한 북미 석유시장, 유럽 석유시장, 북미 가스시장 벤치마크 상품인 WTI유, Brent유, HH 천연가스의 IAB와 콜옵션가치의 기초통계를 정리하였다. IAB는 -0.297과 0.753 사이의 값을 가지는 반면, 콜옵션가치는 -3.791과 6.742 사이의 값을 가지는 것으로 분석되었다. 이러한 편익수익 크기의 차이는 IAB와 콜옵션가치의 단위의 차이에서 비롯되며, 근사된 편익수익의 크기를 절대적으로 해석할 수 없음을 보여준다. 따라서 IAB와 콜옵션가치를 가지고 알 수 있는 것은, 이들 지표의 부호 및 상대적 크기 변화를 통해 편익수익이 양(+의 값을 가지는지 아닌지, 증가하는지 아닌지의 여부이다.

분석기간 동안 WTI유와 Brent유의 IAB는 음(-)의 평균을 가지는 반면, HH 천연가스의 IAB는 양(+의 평균을 가지는 것으로 나타났다. 이는 IAB로 편익수익을 근사할 경우, 북미 및 유럽시장의 석유 재고 보유의 편익수익은 평균적으로 양(+의 값을 가지나, 북미시장 천연가스 재고 보유의 편익수익은 평균적으로 음(-)의 값을 가짐을 시사한다. 이에 반하여, 분석기간 동안 WTI유, Brent유, HH 천연가스의 콜옵션가치는 양(+의 평균을 가지는 것으로 나

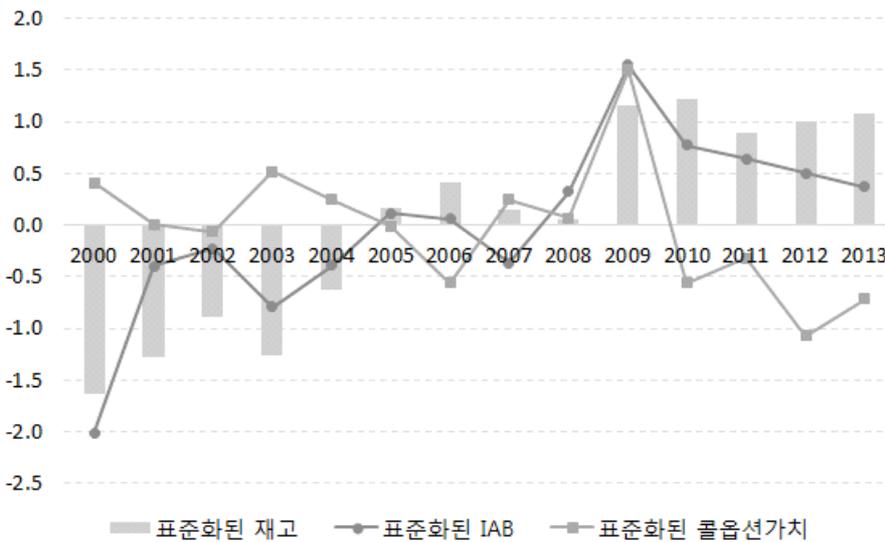
〈표 2〉 IAB와 콜옵션가치의 기초통계

	평균	표준편차	최솟값	최댓값
편익수익: IAB				
북미 석유시장: WTI유	-0.015	0.047	-0.134	0.182
유럽 석유시장: Brent유	-0.017	0.041	-0.139	0.168
북미 가스시장: HH 천연가스	0.057	0.133	-0.297	0.753
편익수익: 콜옵션가치				
북미 석유시장: WTI유	1.243	1.270	-3.281	5.154
유럽 석유시장: Brent유	2.684	1.609	-1.705	6.742
북미 가스시장: HH 천연가스	0.496	0.798	-3.791	3.064

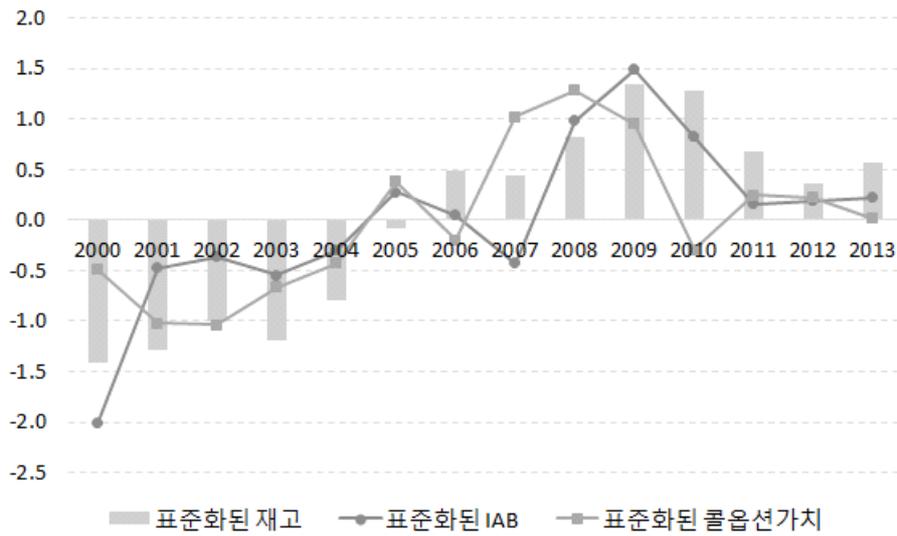
타났다. 이는 콜옵션가치로 편의수익을 근사할 경우, 3개 시장 재고 보유의 편의수익은 평균적으로 양(+)의 값을 가짐을 시사한다. 이러한 결과는 어느 지표로 편의수익을 근사하느냐에 따라, 편의수익의 부호 자체가 달라질 수 있음을 의미한다.

표준화를 통해 단위를 변환한 IAB, 콜옵션가치 및 재고량의 추이를 시장 별로 [그림 4]~[그림 6]에 도시하였다. 분석기간 동안 모든 시장에 대하여 대체적으로 IAB와 재고 간 비례관계 및 콜옵션가치와 재고 간 반비례 관계가 성립하는 것으로 보인다. 이는 편의수익과 재고 간에는 반비례 관계가 존재한다는 첫 번째 가설이 성립할 가능성을 뒷받침한다.

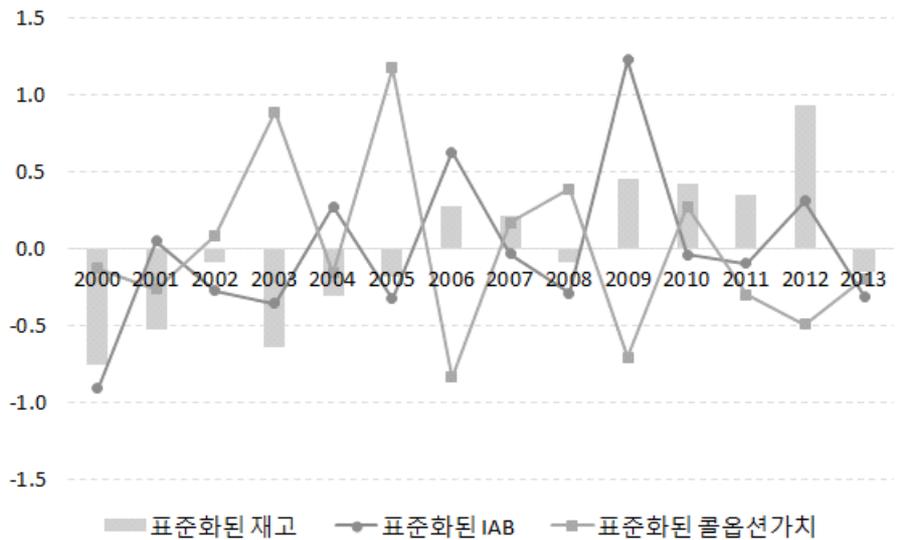
[그림 4] 북미 석유시장의 표준화된 재고, IAB 및 콜옵션가치



[그림 5] 유럽 석유시장의 표준화된 재고, IAB 및 콜옵션가치



[그림 6] 북미 가스시장의 표준화된 재고, IAB 및 콜옵션가치



3. 가설 검정 결과

1) 가설 1

에너지 시장에서 편의수익과 재고 간에는 반비례 관계가 성립한다는 한다는 첫 번째 가설을 검증하기 위해 식 (4)와 (5)를 분석한 결과를 <표 3>과 <표 4>에 각각 제시하였다.¹⁴⁾

<표 3> 가설 1에 대한 추정결과: IAB와 재고 간 관계

계수	북미 석유시장 (WTI유)	유럽 석유시장 (Brent유)	북미 가스시장 (HH 천연가스)
β_0	** -1.3916 (0.6646)	*** -0.1724 (0.0558)	*** -1.1005 (0.3077)
β_1	**0.0967 (0.0462)	***0.0001 (0.00004)	***0.0772 (0.0212)
δ_1	*** 0.9111 (0.1362)	*** 0.6447 (0.1006)	*** 0.8920 (0.1300)
δ_2	-0.1500 (-0.1434)	0.0865 (0.0907)	*** -0.3960 (0.1121)
DW	2.0129	2.0374	1.9493
R^2	0.8078	0.7315	0.6218

- 주: 1) ***와 **은 각각 1%, 5% 수준에서 해당계수가 통계적으로 유의함을 의미
 2) 괄호 안에는 이분산성에 대해 강건한 표준오차를 기재
 3) DW는 더빈-왓슨 통계량(Durbin-Watson statistics)를 의미

14) ADF(augmented Dickey-Fuller) 검정 및 PP(Phillips-Perron) 검정 결과, 모든 분석자료는 I(0) 시계열 자료인 것으로 분석되었다. 따라서 회귀분석으로 식 (4)와 (5)를 추정하여도 가성회귀(spurious regression)의 문제가 발생하지 않는다.

〈표 4〉 가설 1에 대한 추정결과: 콜옵션가치와 재고 간 관계

계수	북미 석유시장 (WTI유)	유럽 석유시장 (Brent유)	북미 가스시장 (HH 천연가스)
γ_0	12.7701 (14.9082)	-2.5907 (2.8016)	**4.3396 (2.0424)
γ_1	-0.8660 (1.0411)	0.0023 (0.0022)	** -0.2801 (0.1373)
θ_1	***0.7703 (0.1282)	***0.9032 (0.1152)	***0.7721 (0.1471)
θ_2	-0.0558 (0.1046)	-0.0871 (0.0880)	***-0.2464 (0.0890)
DW	1.9993	2.0289	1.9528
R^2	0.8682	0.7470	0.4759

주: 1) ***와 **은 각각 1%, 5% 수준에서 해당계수가 통계적으로 유의함을 의미
 2) 괄호 안에는 이분산성에 대해 강건한 표준오차를 기재
 3) DW는 더빈-왓슨 통계량(Durbin-Watson statistics)를 의미

〈표 3〉은 IAB로 편익수익을 근사하여 편익수익과 재고 간 관계를 분석한 결과이다. 북미 석유시장, 유럽 석유시장, 북미 가스시장 모두에 대하여 IAB에 회귀한 재고의 계수 β_1 은 5% 이하 수준에서 통계적으로 유의한 양(+)의 값을 가지는 것으로 분석되었다. 음(-)의 IAB가 편익수익을 의미함을 고려할 때, 이는 편익수익과 재고 간 반비례 관계를 뒷받침하는 결과이다. 그러나 β_1 의 크기는 0.0001~0.0967 수준으로 시장에 따라 상당히 다르게 나타났다. 3개 시장 모두에 대하여 상수항을 나타내는 β_0 는 5% 이하 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 종속변수의 1차 시차항은 3개 시장 모두에 대하여 1% 수준에서 통계적으로 유의한 반면, 2차 시차항은 북미 가스시장에 대해서만 유의한 것으로 나타났다. 더빈-왓슨 통계량 분석 결과, 오차항의 자기상관이 발견되지 않았음을 확인하였다. 모형의 적합성(goodness of fit)을 나타내는 결정계수 R^2 의 값은 0.6218~0.8078 수준으로 분석되었다.

〈표 4〉는 콜옵션가치로 편익수익을 근사하여 편익수익과 재고 간 관계를 분석한 결과이다. 재고의 계수 γ_1 은 북미 가스시장에 대해서만 5% 수준에서 통계적으로 유의한 음(-)의 값을 가지는 것으로 나타났다. γ_1 은 북미 석유시

장에 대해서는 유의하지 않은 음(-)의 값을 가지는 것으로 분석되었으며, 유럽 석유시장에 대해서는 유의하지 않은 양(+)의 값을 가지는 것으로 분석되었다. 이는 북미 가스시장에 대한 분석결과는 편의수익과 재고 간 반비례 관계를 지지하지만, 나머지 시장에 대한 분석결과는 이를 지지하지 않음을 의미한다. γ_1 의 크기는 0.0023~0.8660 수준으로 시장에 따라 상당히 다르게 나타났다. 3개 시장 모두에 대하여 종속변수 1차 시차항의 계수 θ_1 는 1% 수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 더빈-왓슨 통계량 분석 결과, 오차항의 자기상관이 발견되지 않았음을 확인하였다. 결정계수 R^2 의 값은 0.4759~0.8682 수준이다.

<표 3>과 <표 4>의 분석결과를 종합하면, 편의수익을 IAB로 근사할 경우의 분석결과는 편의수익과 재고 간 반비례 관계의 가설을 지지하지만, 편의수익을 콜옵션가치로 근사할 경우의 분석결과는 이 가설을 꼭 지지한다고 볼 수 없다. 또한, 분석대상 별로 IAB, 콜옵션가치, 재고의 단위가 모두 달라, β_1 및 γ_1 크기의 의미를 해석하기 어렵다는 것을 알 수 있다. 예를 들면, 북미 가스시장을 분석한 경우에 대해서, β_1 은 0.0772, γ_1 은 -0.2801의 값을 가진다. 그러나 이 결과를 재고가 IAB보다 콜옵션가치의 변화를 더 잘 설명한다고 해석하기는 어렵다. 그 이유는 북미 석유시장의 재고를 IAB에 회귀하였을 때의 R^2 는 0.6218인 반면, 콜옵션가치에 회귀하였을 때의 R^2 은 0.4759에 불과하기 때문이다. 즉, 단위의 차이로 인해, <표 3>과 <표 4>의 결과는 각각 β_1 과 γ_1 의 부호에 근거해 편의수익과 재고 간 반비례 관계가 성립하는지 여부를 검증하는 데에만 적용가능하다.

2) 가설 2

편의수익 근사에 있어 콜옵션가치가 IAB보다 우월하다는 두 번째 가설(Hochradl and Rammerstorfer, 2012)을 검증하기 위해 식 (6)과 (7)을 분석한 결과를 각각 <표 5>와 <표 6>에 제시하였다. 이 때, IAB, 콜옵션가치, 재고

자료를 모두 표준화하여 단위를 통일하였으므로, β_1' 과 γ_1' 의 추정치 크기를 비교하여 두 번째 가설을 검증할 수 있다. 도출된 더빈-왓슨 통계량은 모든 분석결과에 대해 오차항의 자기상관이 발견되지 않았음을 보여준다.

〈표 5〉 가설 2에 대한 추정결과: IAB와 재고 간 관계

계수	북미 석유시장 (WTI유)	유럽 석유시장 (Brent유)	북미 가스시장 (HH 천연가스)
β_1'	**0.1364 (0.0642)	***0.1527 (0.0481)	***0.2517 (0.0538)
δ_1'	***0.9139 (0.1371)	***0.6456 (0.1009)	***0.8549 (0.1278)
δ_2'	-0.1507 (0.1436)	0.0853 (0.0898)	***-0.3882 (0.1081)
DW	2.0139	2.0358	1.9056
R^2	0.8075	0.7314	0.6311

주: 1) ***와 **은 각각 1%, 5% 수준에서 해당계수가 통계적으로 유의함을 의미
 2) 괄호 안에는 이분산성에 대해 강건한 표준오차를 기재
 3) DW는 더빈-왓슨 통계량(Durbin-Watson statistics)를 의미

〈표 6〉 가설 2에 대한 추정결과: 콜옵션가치와 재고 간 관계

계수	북미 석유시장 (WTI유)	유럽 석유시장 (Brent유)	북미 가스시장 (HH 천연가스)
γ_1'	-0.0446 (0.0570)	0.0716 (0.0693)	** -0.1306 (0.0606)
θ_1'	***0.7705 (0.1278)	***0.9033 (0.1149)	***0.7693 (0.1467)
θ_2'	-0.0557 (0.1046)	-0.0873 (0.0877)	***-0.2499 (0.0892)
DW	1.9991	2.0287	1.9470
R^2	0.5468	0.7469	0.4757

주: 1) ***와 **은 각각 1%, 5% 수준에서 해당계수가 통계적으로 유의함을 의미
 2) 괄호 안에는 이분산성에 대해 강건한 표준오차를 기재
 3) DW는 더빈-왓슨 통계량(Durbin-Watson statistics)를 의미

재고의 IAB에 대한 회귀계수 β_1' 와 콜옵션가치에 대한 회귀계수 γ_1' 의 크기를 비교할 때, 북미 석유시장, 유럽 석유시장, 북미 가스시장 모두에 대하여 β_1' 의 절댓값이 γ_1' 의 절댓값보다 더 크게 나타났다. β_1' 의 절댓값은 0.1364~0.2517 수준인 반면, γ_1' 의 절댓값은 0.0446~0.1306 수준으로 나타났다. 즉, 재고는 콜옵션가치보다는 IAB의 변화를 더 잘 설명하는 것으로 분석되었다. 뿐만 아니라, 모든 시장에 대하여 β_1' 의 부호는 편의수익과 재고 간 반비례 관계를 유의하게 지지하는 반면, 일부 시장에 대하여 γ_1' 의 부호는 통계적으로 유의하지 않을뿐더러 편의수익과 재고 간 반비례 관계를 지지하지도 않았다. 이러한 결과를 종합하면, 에너지 시장에 대해서는 IAB가 편의수익을 근사하기에 더 적절한 지표라고 볼 수 있다. 즉, <표 5>와 <표 6>의 분석결과는 본 연구의 두 번째 가설인 Hochradl and Rammerstorfer(2012)의 주장과 일치하지 않는다. 이러한 결과는 다음의 두 가지 가능성으로 설명해 볼 수 있다.

첫째, 에너지 시장이 장기적으로 효율적 시장(efficient market)¹⁵⁾이라면 편의수익 근사에 있어 IAB가 콜옵션가치보다 더 적절할 것이다. Fama(1970)가 정의한 효율적 시장은 차익거래를 통한 이익 획득이 불가능한 시장이다. 따라서 효율적 시장에서는 모든 투자자들이 장기적으로 선물과 현물 거래를 통해서는 차익을 얻지 못하는 무차익원리(no arbitrage principle)가 성립한다. 이 무차익원리는 IAB 도출의 기반이 되는 식 (1)의 보유비용모형(Fama and French, 1988)의 주요 전제이다(Bodie et al., 2010; Hochradl and Rammerstorfer, 2012). 무차익원리의 가정은 옵션가치평가모형의 유용성을 주장하는 연구들이 보유비용모형에 기초한 IAB를 비판하는 주요한 이유이다. 옵션가치평가모형에서는 차익거래를 전제하여 재고의 편의수익을 추정한다(Hochradl and Rammerstorfer, 2012). 따라서 시장이 효율적이라면 무차익원리가 성립할 것이고, 이러한 시장

15) Fama(1970)가 효율적시장가설(efficient market hypothesis)에서 정의한 효율적 시장은 현재가격은 과거에 발생한 정보와 미래에 발생할 것이라고 예견되는 모든 정보를 신속하고 완전하게(fully reflect) 가격에 반영하기 때문에 차익거래를 통한 이익 획득이 불가능한 시장이다.

에서는 콜옵션가치보다는 IAB가 편익수익을 대표하기에 더 적절할 것이다.

둘째, 에너지와 같은 재생불능자원(non-renewable resource)의 가격이 이자율의 비율로 상승한다면 편익수익 근사에 있어 IAB가 콜옵션가치보다 더 적절할 것이다. Hotelling(1931)는 생산자(채굴자)의 관점에서는 재생불능자원 채굴에 대한 기회비용이 이자율을 고려한 현물가격이므로, 장기적으로 재생불능자원의 가격은 이자율만큼 상승한다고 주장하였다. IAB 도출의 전제가 되는 식 (1)의 보유비용모형에서는 선물가격은 재고 보유의 기회비용, 즉 이자율을 고려한 현물가격과 동일하며, 이 선물가격과 재고 보유의 기회비용의 차이가 편익수익이라고 정의하고 있다. 이러한 관점에서 볼 때, 재생불능자원의 재고 보유와 채굴의 의사결정은 결국 저장된 자원을 어느 시기에 사용할지를 판단하는 문제로 환원될 수 있다.

V. 결 론

편익수익은 재고 보유를 통해 물량 부족 및 가격 상승에 대응하는 편익을 의미한다. 편익수익의 개념을 정립한 Kaldor(1939)의 연구 이래, 편익수익은 에너지를 비롯한 원자재 상품시장의 주요한 논제로 간주되었다. 본 논문은 북미 석유시장, 유럽 석유시장, 북미 가스시장에서의 편익수익을 연구하였다. 2000년 1월부터 2013년 7월까지 각 에너지 시장의 벤치마크인 WTI유, Brent 유, HH 천연가스의 IAB와 콜옵션가치를 산출하여, 이를 편익수익의 근사치로 삼았다. 이를 토대로 편익수익과 재고 간 관계에 대한 2개 가설을 검증하였으며, 결과의 주요한 내용은 다음과 같다.

첫 번째 가설은 에너지 시장에서 편익수익과 재고 간에는 반비례 관계가 성립한다는 것이다. IAB로 편익수익을 근사하였을 경우, 모든 지역시장에 대하여 통계적으로 유의한 편익수익과 재고 간 반비례 관계가 도출되었다. 반

면, 콜옵션가치로 편익수익을 근사할 경우, 북미 가스시장에 대해서만 통계적으로 유의한 편익수익과 재고 간 반비례 관계가 성립하는 것으로 분석되었다. 이를 통해 편익수익과 재고 간 반비례 관계는 전반적으로 성립하지만, 편익수익의 근사치를 무엇으로 선택하느냐에 따라 그 결과가 달라질 수 있음을 확인하였다. 두 번째 가설은 편익수익 근사에 있어 콜옵션가치가 IAB보다 우월하다는 것이다. 표준화된 자료를 사용하여 IAB와 재고 간 관계 및 콜옵션가치와 재고 간 관계를 분석한 결과, 모든 지역시장에 대하여 IAB가 콜옵션가치보다 재고의 변화를 더 잘 설명하는 것으로 나타났다. 이는 에너지 시장에 대해 편익수익을 근사하는 지표로써 IAB가 콜옵션가치보다 더 적절함을 시사한다.

본 연구는 편익수익을 나타내는 변수로써 IAB와 콜옵션가치를 실증적으로 비교한 최초의 연구라는 의미를 가진다. Hochradl and Rammerstorfer(2012)이 무차익거래의 전제로부터 도출된 IAB보다는 콜옵션가치가 재고 보유의 편익수익을 더 적절하게 대표한다고 논한 바 있으나, 이러한 논의를 뒷받침하는 실증분석 결과를 명확하게 제시하지는 못하였다. 본 연구는 에너지 시장에서 IAB가 콜옵션가치보다 편익수익의 더 적절한 근사 지표라는 것을 보였으며, 이 결과는 향후 편익수익을 연구하는 다른 학술연구에 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 더 나아가, 시장의 효율성 및 재생불능자원의 가격변화 특성에 근거해 이 결과를 설명하고자 시도하였다. 이러한 시도는 향후 재고와 편익수익 간 관계에 대한 이론적·실증적 논의를 확장시키는 데 기여할 수 있을 것이다.

본 연구는 IAB와 옵션가치 비교를 위한 기초 연구로, 여러 옵션가치 중 콜옵션가치만 고려하였다는 한계를 갖는다. 만약 가격 시계열이 블랙-숄츠 옵션 모형의 가정을 만족하지 않는다면, 콜옵션가치가 아닌 다른 유형의 옵션가치가 편익수익을 대표하는 변수로 사용되어야 할 것이다. 옵션가치로 편익수익을 근사한 최근의 연구들은 교환옵션모형, 아시안옵션모형 등을 적용하고 있다(Kocagil, 2004; 박지훈, 2007; Hochradl and Rammerstorfer, 2012). 따라서

상품의 가격 시계열 특성을 고려해 추산된 옵션가치와 IAB를 비교하는 후속 연구가 필요할 것이다. 또한 본 연구는 IAB가 옵션가치보다 재고의 변화를 더 잘 설명한다는 결과가 에너지 시장이 아닌 다른 상품시장에서도 적용될 수 있는지 고찰하지 못하였다는 한계를 갖는다. 따라서 본 연구결과가 작물 등 재생가능자원의 재고에 대한 편익수익 추정에도 적용될 수 있는지는 미지수이다. 재생가능자원의 편익수익 추정에 대한 후속연구를 통하여, 재화의 유형별로 편익수익을 대표하는 변수가 달라지는지에 대한 논의가 필요하다고 사료된다.

접수일(2014년 6월 13일), 게재확정일(2014년 8월 26일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 김수현, 2014, 「에너지·자원의 편익수익에 관한 연구」, 서울대학교 대학원.
- 김진수·허은녕·김연배, 2007. “공적분과 인과관계 분석을 통한 국제원유시장의 지역화 연구.” 자원·환경경제연구 16(2): 213-239.
- 류근관, 2003. 「통계학」, 법문사.
- 박지훈, 2007. 「상품선물시장에서의 편익수익 행태」, 한국과학기술원 대학원.
- 서성진, 2000. 「공적분 모형을 이용한 원유가격 변동요인에 관한 연구: 미국 재고량과 OPEC 생산량이 국제원유가격 변동에 미치는 영향분석」, 서울대학교 대학원.
- 이인석·허은녕, 2004. “해외자원개발사업 평가를 위한 옵션가격 결정모형 연구.” 자원·환경경제연구 13(4): 735-761.
- 한국석유공사, 2011. 「석유산업의 이해」.
- 황광수·김진수·황영래·허은녕, 2012. “국제 천연가스 가격과 원유 가격 사이의 탈동조화에 대한 연구.” 한국자원공학회지 49(3): 338-349.
- Bentzen, J. 2007. “Does OPEC influence crude oil prices? Testing for co-movements and causality between regional crude oil prices.” *Applied Economics* 39(11): 1375-1386.
- Black, F. and Sholes, M. 1973. “The pricing of options and corporate liabilities.” *Journal of Political Economy* 81(3): 637-654.
- Bodie, Z., Kane, A. and Marcus, A. 2010. 「Investments」, McGraw-Hill.
- Brennan, M. J. 1958. “The supply of storage.” *The American Economic Review* 48(1): 50-72.
- Chen, T-F., Lin, M-I. and Wang, K. 2006. 「The Information Content of the Implied Convenience Yield: Using Copula Based American GARCH Call Option Pricing Model」, Working Paper.
- Cho, D. W. and McDougall, G. S. 1990. “The supply of storage in energy futures markets.” *The Journal of Futures Markets* 10(6): 611-621.
- Considine, T. J. and Heo, E. 2000. “Price and inventory dynamics in petroleum product

- markets.” *Energy Economics* 22(5): 527-548.
- Energy Charter Secretariat. 2007. 「Putting a Price on Energy」.
- Fama, E. F. 1970. “Efficient capital markets: A review of theory and empirical work.” *The Journal of Finance* 25(2): 383-417.
- Fama, E. F. and French, K. R. 1987. “Commodity futures prices: some evidence on forecast power, premiums, and the theory of storage.” *The Journal of Business*, 60(1): 55-73.
- Fama, E. F. and French, K. R. 1988. “Business cycles and the behavior of metals prices.” *The Journal of Finance*, 43(5): 1075-1093.
- Fattouh, B. 2007. 「WTI Benchmark Temporarily Breaks Down: Is It Really a Big Deal?」. Oxford Institute for Energy Studies.
- Gao, A. H. and Wang, G. H. K. 2005. “Asymmetric volatility of basis and the theory of storage.” *The Journal of Future Markets* 25(4): 399-418.
- Gary, R. W. and Peck, A. E. 1981. “The Chicago wheat futures market: Recent Problems in Historical Perspective.” *Food Research Institute Studies* 18(1): 89-115.
- Geman, H. and Nguyen, V. 2005. “Soybean inventory and forward curve dynamics.” *Management Science* 51(7): 1076-1091.
- Geman, H. and Ohana, S. 2009. “Forward curves, scarcity and price volatility in oil and natural gas markets.” *Energy Economics* 31(4): 576-585.
- Heinkel, R., Howe, M. E. and Hughes J. S. 1990. “Commodity convenience yields as an option profit.” *The Journal of Futures Markets* 10(5): 519-533.
- Hochradl, M. and Rammerstorfer, M. 2012. “The convenience yield implied in European natural gas hub trading.” *The Journal of Futures Markets* 32(5): 459-479.
- Hotelling, H. 1931. “The economics of exhaustible resources.” *The Journal of Political Economy* 39(2): 137-175.
- Kaldor, N. 1939. “Speculation and economic stability.” *The Review of Economic Studies* 7(1): 1-27.
- Kim, J., Kim J. and Heo, E. 2013. “Evolution of the international crude oil market mechanism.” *Geosystem Engineering* 16(4): 265-274.

- Kocagil, A. E. 2004. "Optionality and daily dynamics of convenience yield behavior: An Empirical Analysis." *Journal of Financial Research* 27(1): 143-158.
- Kucher, O. and Kurov A. 2012. 「Energy Commodity Basis, Returns and the Business Cycle」. 31st USAEE/IAEE North American Conference(Nov. 4-7, Austin, Texas).
- Lautier, D. 2009. 「Convenience yield and commodity markets」. Working Paper.
- Lin, W. T. and Duan, C. 2007. "Oil convenience yields estimated under demand/supply shock." *Review of Quantitative Finance and Accounting* 28(2): 203-225.
- Milonas, N. T. and Henker, T. 2001. "Price spread and convenience yield behavior in the international oil market." *Applied Financial Economics* 11(1): 23-36.
- Milonas N. T. and Thomadakis, S. B. 1997. "Convenience yields as call options: An empirical analysis." *The Journal of Futures Markets* 17(1): 1-15.
- Roy, A. 2006. 「Convenience yields modelling as call options: Indian wheat market」. Working Paper.
- Symeonidis, L., Prokopczuk, M. Brooks, C. and Lazar, E. 2012. "Futures basis, inventory and commodity price volatility: An empirical analysis." *Economic Modelling* 29(6): 2651-2663.
- Telser, L. G. 1958. "Futures trading and the storage of cotton and wheat." *The Journal of Political Economy* 66(3): 233-255.
- West, J. 2012. "Convenience yields in bulk commodities: The case of thermal coal." *The International Journal of Business and Finance Research* 6(4): 33-44.
- Working, H. 1948. "Theory of the inverse carrying charge in futures markets." *Journal of Farm Economics* 30(1): 1-28.
- Working, H. 1949. "The theory of price of storage." *The American Economic Review* 39(6): 1254-1262.
- Zulauf, C. R., Zhou, H., and Roberts, M. C. 2006. "Updating the estimation of the supply of storage." *The Journal of Futures Markets* 26(7): 657-676.
- 한국석유공사 페트로넷, www.petronet.com
- 미국 Energy Information Administration, www.eia.gov

ABSTRACT

Study on the Convenience Yield in the
International Energy Market

Soohyeon Kim*, Jihyo Kim** and Eunnyeong Heo***

This study investigates convenience yield which is one of the primary factors explaining changes in energy markets. This study analyzes the convenience yields in Northern American oil market, European oil market, and Northern American natural gas market from January 2000 to July 2013 and tests the following two hypotheses. The first hypothesis is that convenience yield is inversely proportional to inventory. The empirical results support the first hypothesis when the convenience yield is approximated by the interest adjusted basis(IAB). On the other hand, they do not support the first hypothesis when the convenience yield is approximated by the call-option value. The second hypothesis is that convenience yield is approximated by call-option value better than IAB. The empirical results do not support this hypothesis.

Key Words : Convenience Yield, Energy Market, Interest Adjusted Basis,
Call-option Value

JEL Codes : Q3, G1, C5

* Research Assistant, Korea Institute for Industrial Economics & Trade(main author). kimssoo@outlook.com

** Associate Research Fellow, Korea Energy Economics Institute(corresponding author). jihyokim@keei.re.kr

*** Professor, Department of Energy Systems Engineering, Seoul National University. heoe@snu.ac.kr