

환율 및 에너지가격이 탄소시장에 미치는 영향*

유상희** · 김효선***

외환 금융시장에서 야기된 불안이 금이나 원유 등의 실물자산시장으로 빠르게 유입됨으로써 천연가스를 비롯한 여러 에너지원들의 가격변동을 초래하고, 이는 전력가격 및 탄소가격 상승으로 나타나고 있다. 본고에서는 최근 유가 및 환율의 변화가 천연가스 및 탄소시장에 미치는 영향을 살펴보고, 이들 간의 인과관계를 활용하여 리스크 최소화를 통한 비용절감의 기회를 모색하고자 한다. 탄소시장에는 단순히 시세차익을 노리는 시장참여자도 있지만 대부분이 에너지를 사용하고 공급하는 당사자들로 구성되어 있기 때문에 탄소배출권 가격형성 자체가 에너지 거래당사자들에 의해 이루어진다. 따라서 배출권시장 추이를 잘 분석하면 에너지 시장에 대한 전략수립이 가능하게 된다. 이를테면 고유가 현상이 발생하더라도 탄소배출권가격이 즉각적인 반응을 보이지 않는다면 이는 국제원유시장의 비대칭적 반응으로 일시적이고 투기적인 현상으로 평가할 수 있다. 결국 배출권가격의 추이는 고유가의 실질적 지속성에 대한 평가지표로도 활용될 수 있다.

핵심주제어: 환율, 에너지가격, 탄소시장, 비대칭적 반응

경제학문헌목록 주제분류: Q3, F3

I. 서 론

2008년 3월 미국 서브프라임 모기지사태 및 금융시장에서 야기된 불안이 금이나 원유 등의 실물자산시장으로 빠르게 유입되면서 2008년 뉴욕상업거래소(NYMEX)의 7월 인도분 서부 텍사스 중질유(WTI)가 6월 7일 장중 140달러를 기록하게 되었다. 국제원유가격이 사상 최고치를 경신하는 동시에 달러약세가 지속되면서 투자심리에 악영향을 미치게 됨에 따라 실물경제 기반이 약화되는

* 본 논문은 2009학년도 동의대학교 교내연구비 지원에 의해 연구되었음(과제번호: 2009AA060).

** 동의대학교 상경대학 경제학과 교수(제1저자), 전화: (051) 890-1405, E-mail: shyoo@deu.ac.kr

*** 한국가스공사 경영연구소 책임연구원(공동저자), 전화: (031) 710-4081, E-mail: hskim@kogas.co.kr

논문투고일: 2008. 10. 27 수정일: 2009. 10. 13 게재확정일: 2009. 10. 15

등 글로벌 경기침체에 일조하였다.

이렇게 신용경색으로 촉발된 리스크는 금융시장 자체의 문제가 지배적이기 때문에 기존의 환율과 유가 간의 관계 및 유가와 타에너지가격 간의 관계를 역행하는 사례를 목격하게 되었다. 더구나 경기침체에 대한 우려가 현실로 이어지면서 기존의 예측방식으로는 에너지시장에 대한 전망을 더욱 어렵게 만들고 있다.

따라서 본고에서는 2008년 고유가와 경기침체 속에서 환율과 유가와의 인과관계가 기존의 관계를 역행했는지를 통계적으로 검증하고자 한다. 또한 이러한 와중에도 유가를 비롯한 에너지가격이 전력가격 및 탄소가격 변화에 결정적인 역할을 하는 것으로 관측됨에 따라 유가와 탄소배출권 가격에 대한 인과관계를 Granger causality 분석을 이용하여 설명하고자 한다.

II. 기존 연구

기존 연구는 크게 유가와 환율관계에 대한 연구가 대부분이며, 에너지가격과 탄소시장을 연계한 연구는 많지 않다. 더구나 천연가스가격이 석탄과의 대체관계에 있어 석탄에서 가스로의 대체비용이 탄소가격의 주요 인덱스로 활용되고 있음에도 불구하고 천연가스가격과 탄소가격을 인과관계로 설명한 연구는 상대적으로 없다. 다만 최근 Mansanet-Bataller(2007)가 탄소가격이 브렌트가격, 가스가격, 석탄/가스 간 상대가격에 의존적임을 입증하려 했으나, 단위근문제와 탄소배출권 거래가 활성화되기 이전인 2005년 관측치를 대상으로 분석한 결과, 에너지가격과 탄소가격 간의 관계를 설명하는 데 한계가 있다. 김호선 외(2006)와 Kim *et al.*(forthcoming)은 배출권 할당방식에 따른 배출권가격에 대한 연구로서, 국내 온실가스 규제가 시행될 경우 탄소배출권에 대한 장기가격 전망을 일반균형모형을 이용하여 추정하였다.

유가와 환율 간의 상호관계를 분석한 연구는 Ewing *et al.*(2002), Chaudhuri and Daniel(1998), Amano and van Norden(1998) 등이 대표적이다. Chaudhuri and Daniel(1998) 연구는 미국 달러의 non-stationary 행위를 causality test와 공적분 테스트를 통하여 입증하였다. Amano and van Norden(1998)은 공적분 테스트, 즉 error-correction모형을 통하여 유가가 미국 달러가치의 지속적이고 지배적인 결정인자라고 결론지었다. Villar and Joutz(2006)의 연구결과에 의하면,

1989~2005년 사이의 천연가스가격은 유가와 공적분 관계가 있는 것으로 나타났다. 즉, 1개월 미만의 단기충격이 WTI가격을 20% 변동시키는 동시에 헨리허브 천연가스가격을 5% 변동시키지만, 2개월 이상의 충격은 그 효과가 분산되어 헨리허브 천연가스가격을 2%대로 변화시키는 것으로 나타났다. 반면 1년 동안 지속되는 외부환경 속에서 WTI가격이 20% 상승할 때, 헨리허브 천연가스가격을 16% 변화시키면서 유가가 천연가스가격 변화를 유도하는 것으로 해석하였다.

유가변동에 따른 과급효과를 Hamilton(1983)이나 Mork(1989)의 연구와 같이 자국 내 경제변화에 국한하는 연구도 있지만, Jimenez-Rodriguez and Sanchez(2005) 연구와 같이, 석유 수입의존도가 높은 국가와 그렇지 않은 국가를 비교하는 연구도 증가하는 추세이다. 즉, Jimenez-Rodriguez and Sanchez(2005)의 연구는 유가가 국민생산에 비선형적으로 영향을 미쳐, 유가가 하락하면 생산비용이 감소되고, 동시에 자원배분에 대한 비용이 상승하면서, 이 두 가지 비용의 상쇄효과로 인해 생산이 위축되는 현상이 석유 수입의존도가 높은 국가에서 더 크게 나타남을 일본의 사례를 들어 실증분석을 시도하였다. 이러한 연구는 석유 및 가스의 공급여력이 에너지시장 및 가격구조의 격차를 벌이는 데 일조하기 때문에 일본과 에너지 안보면에서 처지가 비슷한 국내 에너지시장과 경제를 이해하는 데 도움이 된다.

다변량 VAR모형에 이자율을 포함시켜 유가변동이 금융시장 변화에 직접적인 영향을 미침으로써, 궁극적으로 GDP 성장에 영향을 미치는 것으로 결론지은 Hooker(1999)는, 특히 유가와 실업률 간의 관계를 causality 분석을 이용하여 유가와 거시경제지표 간의 인과관계에 대한 해석을 시도하였다. 이러한 관점에서 Hooker(1999)의 연구는 최근 유가 급등과 급락의 요인이 다분히 물리적인 수급상의 변화가 아닌 금융시장에서 증폭된 리스크로 해석하고자 한 본 연구에 시사하는 바가 크다.

Ⅲ. 분석틀 및 데이터

본 연구의 목적이 2008년 고유가와 경기침체 속에서 환율과 유가와와의 인과관계가 기존의 관계를 역행했는지와 유가와 탄소배출권가격에 대한 인과관계를 설명하기 위하여 Granger causality 분석방법을 이용하고자 한다.

〈표 1〉 분석 자료 및 출처

변 수	설 명	출 처
B08	브렌트유 2008년 12월 만기물량(선물가격)	www.oilspace.net
Bn	브렌트유 1st nearby(현물가격으로 표기)	www.oilspace.net
WTI08	미국 서부텍사스 2008년 12월 만기물량(선물가격)	www.oilspace.net
WTIn	미국 서부텍사스 1st nearby(현물가격으로 표기)	www.oilspace.net
DE	달러/유로 일일거래 환율	한국은행
DY	엔/달러 일일거래 환율	한국은행
G08	ICE 천연가스 2008년 12월 만기물량(선물가격)	www.oilspace.net
Gn	ICE 천연가스 1st nearby(현물가격으로 표기)	www.oilspace.net
ARA	로테르담 석탄 2008년 12월 만기물량(선물가격)	www.oilspace.net
RB	리차드베이 석탄 2008년 12월 만기물량(선물가격)	www.oilspace.net
PP8	영국 Peakload 전력 2008년 12월 만기물량(선물가격)	www.oilspace.net
PB8	영국 Baseload 전력 2008년 12월 만기물량(선물가격)	www.oilspace.net
PPn	영국 Peakload 전력 1st nearby(현물가격으로 표기)	www.oilspace.net
PBn	영국 Peakload 전력 1st nearby(현물가격으로 표기)	www.oilspace.net
P08	EEX 탄소배출권가격 2008년 12월 만기물량(선물가격)	유럽기후상품거래소

분석대상 데이터에 대한 설명은 〈표 1〉과 같다. 즉, 유럽연합 탄소배출권 거래가 시행된 2005년 4월 22일부터 2008년 8월 26일까지의 환율, 국제원유, 석탄, 천연가스, 전력 및 탄소배출권가격을 분석에 사용하였다. 환율을 달러/유로와 엔/달러 환율을 일일거래치를 사용하였고, 유가는 브렌트유와 서부 텍사스유 선물 및 현물가격을 사용하였다. 천연가스가격은 ICE가격과 헨리허브 모두 분석에 사용하였으며, 전력가격은 〈표 1〉에 제시한 영국 전력가격 외에 독일 전력가격 또한 사용하였으나, 대부분의 분석대상이 영국 에너지시장을 중심으로 수집된 바 지면을 할애하지 않았다. 석탄가격은 유럽시장에 공급원이 되는 로테르담과 리차드베이 거래가격을 사용하였다.

IV. 분석결과

1. 유가와 환율 간의 인과관계

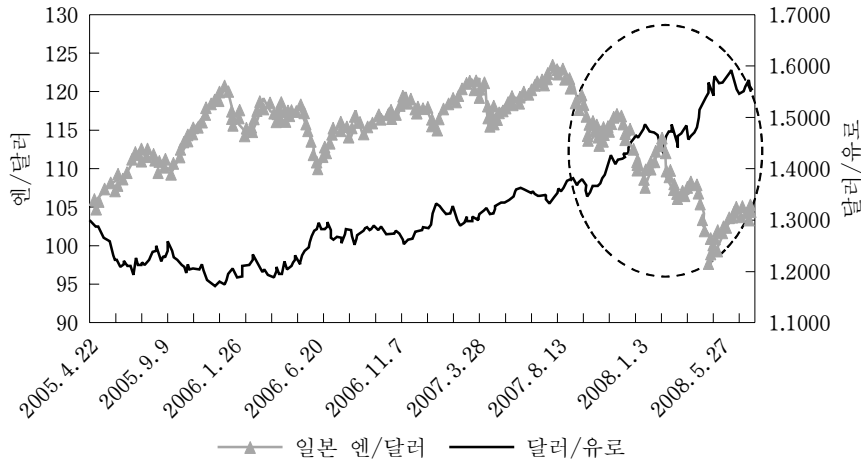
ICE 브렌트유 현물가격과 달러/유로 현물시세에 대한 실증분석 결과, 2005년 4월 22일부터 2008년 6월 2일 기간 동안 유가는 달러/유로 환율변화에 그랜저 인과관계 검정(Granger Causality test) 결과(〈표 2〉 참조) 인과관계가 성립하는 것으로 나타났다. 그러나 엔/달러 환율과 유가는 상호 무관한 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 기존 연구들이 유가와 환율변동성 간의 상관관계가 낮은 것으로 나타난 것과는 대조를 이룬다.

즉, 최근의 고유가현상은 기존의 공급위기에서 유발된 것이 아닌 금융위기에서 출발한 리스크 헷징이 국제유가의 volatility를 가중시켰으며, 그 과정에서 리스크 회피성향이 강한 투자자들의 수요증가로 유가상승이 유도하여, 그 결과 산유국을 포함한 투기세력이 환율시장의 변동성을 심화시키게 되면서 달러/유로 환율을 상승시키게 되었다고 분석된다. 그렇다면 왜 유가급등과 엔화와의 관계가 통계적으로 무관하게 나타난 것일까? 그 이유는 바로 유가가 환율에 미치는 비대칭적 효과 때문으로 추측된다. 즉, 통화당국이 유가하락과 유가상승에 동일하게 반응하지 않기 때문인데, 예를 들어 달러화에 비하여 통화가 좀더 경직적으로 운용되는 국가의 경우 유가하락에는 자국의 화폐가치가 평가절하될 것을 방지하기 위하여 선제공격을 취할 가능성이 낮은 반면, 유가상승시에는 적극적으로 반응하기 때문이다. 그러나 엔화는 시장개입규모가 너무 커 유가변동성에 대한 극명한 반응을 관찰하기는 쉽지 않은 것으로 추정된다.

〈표 2〉 달러/유로 환율과 브렌트유에 대한 그랜저 인과관계 테스트 결과

Date: 06/09/08 Time: 02:10		
Sample: 1 764		
Lags: 2		
Null Hypothesis	F-Statistic	Probability
DE does not Granger Cause B	0.75332	0.47116
B does not Granger Cause DE	24.8934	3.4E-11

주: B는 브렌트가격을 의미하며, DE는 달러/유로 환율을 의미함.



자료: 한국은행.

<그림 1> 환율시장의 달러약세현상

이와 같이 이들의 인과관계를 분석한 기존의 연구결과와 다른 이유는 아래와 같다.

2008년 6월 들어 고유가가 사상초유의 기록을 갱신한 배경에는 실질적 원유와 관련된 수급균형을 무시할 수 없다. 즉, 중국과 인도의 에너지 수요는 경제성장률이 급락하지 않는 한 증가세가 꺾이지 않을 것으로 보였기 때문에 글로벌 경제성장률이 유가상승의 꾸준한 지지대 역할을 할 것으로 전망되었다. 실제로 경기침체에 대한 우려가 중국과 인도를 강타하기 직전까지 중국과 인도의 경제성장률을 각각 10%와 7%를 상회하는 수준까지 전망하는 전문가가 다수였기 때문에 원유시장의 공급과잉을 의심하는 시장참여자를 찾아보기 힘든 것도 고유가를 부추긴 요인으로 작용하였다.

그러나 원유가의 급상승을 초래한 핵심 원인은 실제 원유시장의 수급균형보다 금융시장 내 급격한 변화 때문이다. 즉, 2008년 6월 초 뉴욕 외환시장에서 미 달러화가 벤 버냉키 연방준비제도이사회의장이 인플레이션에 대한 우려를 표명하면서 엔화와 유로화에 대한 가치가 각각 상승하였다. 유로화는 달러화에 대하여 6월 5일자 유로당 1.5435달러에 거래되어, 지난 4월 23일 최고치 대비 1유로당 0.0546(3.4%)달러가 하락하였으나, 미국발 신용위기가 수습된 이후의 여진에 대한 우려로 달러화 약세는 지속되었다(<그림 1> 동그라미 점선 참조).

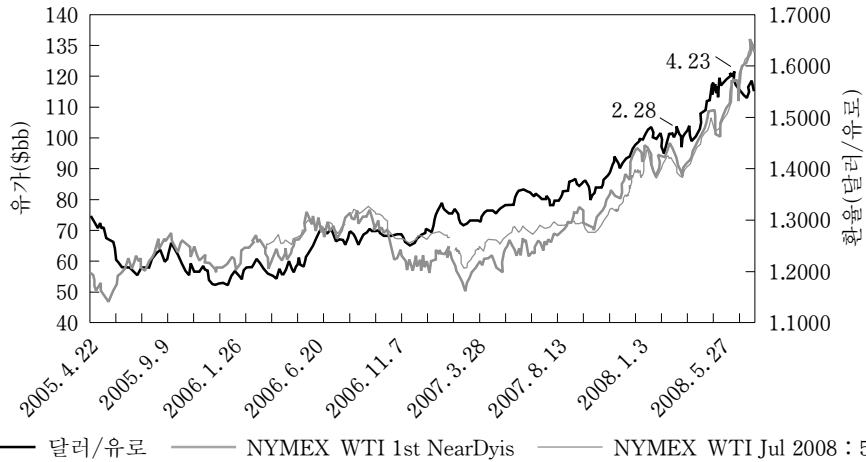
이러한 달러화 약세는 2006년 이후 미국 주택경기가 냉각되면서 가뜩이나 신용도가 낮은 소비자를 대상으로 한 서브프라임 모기지 부실문제로부터 출발하

였다. 금융자산의 리스크를 최소화하려는 투기세력이 파생상품시장으로 이전하고, 베어스틴스사의 헤지펀드 손실, 프랑스 BNP은행의 환매사태 등 악재가 거듭되면서 실물경제에 미치는 영향이 일파만파로 번지게 되었다. 과거에도 이와 유사한 금융불안사태가 있었는데, 1986년 미국 부동산버블 붕괴로 상업용 부동산 대출부실로 인해 저축대부조합이 파산한 경우와 1998년 러시아 디폴트선언으로 헤지펀드가 파산한 경우를 들 수 있다. 1998년 러시아의 모라토리엄선언 이후, 미국의 롱텀캐피털 매니지먼트(LTCM)사가 파산하면서 그 사태가 동아시아를 비롯하여 세계적인 금융위기로 확산되었었다. 이에 미국 연방준비위원회가 조속히 금리인하조치를 취하고 직접 자금지원 등을 통해 금융사태를 수습하였는데, 금번 금융사태는 고유가를 부추기고 있어 그 파급효과가 경제 전반으로 퍼져가고 있다. 더구나 어제까지만 해도 휘발유 재고가 290만 배럴 증가하였고, 유명한 투자자의 입에서 고유가가 버블이라는 전망이 나왔음에도 불구하고 다시 배럴당 140달러를 기록하는 사상초유의 고유가 시대에 들어서게 된 것이다.

물론 유가상승의 요인이 다분히 금융위기에서 초래된 것만은 아니다. 선물거래 특성상 투자자들의 위험에 대한 인식이 강화되면 실제수요보다 높은 가격상승이 유발될 수 있다. Ewing *et al.*(2006)이 지적한 바와 같이, 석유시장의 비대칭적¹⁾ 반응이 실제 균형가격보다 높은 거래가격을 유도하기 때문이다. 2008년 유가상승은 바로 이러한 선물거래와 석유시장의 고유 특성이 맞물려 있다.

다음은 금융시장의 리스크가 타시장으로 증폭되는 과정에서 원유시장이 받은 충격이다. 예를 들어, <그림 2>와 같이 2008년 2월로 거슬러 가면 달러약세와 고유가 간의 연결고리를 이해할 수 있다. 2008년 2월 넷째 주 국제유가가 미국 원유재고가 충분함에도 불구하고 한파 및 지정학적 불안에 따른 공급차질이 우려되면서 급격히 상승하게 되었다. WTI 현물가격이 2월 28일 종가 \$102.60/bbl을 기록하면서, 미국의 추가금리 인하가능성에 따른 달러화 가치하락이 유로화 대비 1.5122달러/유로까지 상승하면서 여유자금이 석유선물시장으로 유입되게 된다. 즉, 달러화 약세와 금융사태로 인한 투자심리가 상대적으로 안정적인 시장으로 전환되는 현상을 목격하게 된다. 또다른 예는 국제유가가 배럴당 108달러를 기록한 3월 10일의 경우로, 투기자금이 시장의 유동성을 크게 증폭시키면

1) 리스크회피 성향이 짙은 시장참여자들에 대한 비균질적 기대심리(heterogenous expectation)가 시장가격의 균형에 대한 비대칭적 반응을 유도한다. 따라서 유가가 하락하면 설비가동을 줄이게 되어 곧바로 공급이 감소하는 반면, 유가가 상승하면 동일한 투자자들이 탐사 및 개발사업에 참여하게 되더라도 실질적인 공급에 제한을 받게 된다.



〈그림 2〉 급등하는 유가와 악화되는 달러 약세

서 NYMEX의 WTI 선물순매수 규모가 전주 대비 50.5% 상승하게 된다. 즉, 위험분산을 피하려는 투자자들이 시장에서 시장으로 이동하면서 부풀려진 시장왜곡현상이 달러약세를 초래하고 그로 인하여 국제유가가 상승한 것이다.

또다른 원인은 바로 유가결제 시스템이다. 달러약세는 국제유가가 달러화로 결제되는 사실로 인하여 산유국으로 하여금 유가상승의 요인을 가중시킨다. 지난 1998년 롱텀캐피털매니지먼트(LTCM) 파산 당시에는 엔/달러 환율의 급락, 즉 엔화강세가 두드러졌었다. 2007년 8월부터 심해진 엔/달러 환율 급락은 2007년 말까지 6.2% 하락하던 것이 2008년 들어서면서 하락폭이 다소 완화되었으나, 2월 27일부터 3월 11일까지 다시 5.2% 하락하여 115~120엔/달러 밴드를 회복하지 못하였다. 3월 18일 달러/유로가 1.5726에 이르면서 엔/달러는 97.36까지 하락하게 되고, 엔캐리 청산에 대한 우려로 인하여 경제침체 가능성을 배제하기 힘들게 되었다. 이와 같이 엔화와 유로화에 비하여 달러화 가치가 떨어지면, 전 세계적으로 현재 약 2,000억~1조 달러로 추산되는 투자규모가 글로벌 증시에서 빠져 나가게 되고, 궁극적으로 글로벌 신용위기가 심화되게 된다. 2008년 4월 23일 WTI 7월 인도분이 배럴당 117.59를 기록한 것은 바로 달러화가 유로화 대비 1.5981달러까지 치솟고, 엔/달러가 102.9에 머물면서 발생한 가격급등의 한 예이다.

2. 유가와 타에너지원 가격 간의 인과관계

유가와 타에너지원 가격 간의 인과관계로 해석하고자, ICE 브렌트유 현물 및 선물가격과 타에너지원 현물 및 선물가격에 대하여 2005년 4월 22일부터 2008년 6월 2일 기간 동안 그랜저 인과관계 검정(Granger causality test)을 실시하였다. ICE 브렌트유가격을 선택한 이유는 분석대상인 에너지원이 유럽에서 거래되고, 궁극적으로 이러한 에너지원과 유럽연합의 배출권의 가격결정이 상호 연계되어 있기 때문이다. <표 3>은 분석결과를 정리한 것이다. 석탄가격은 <표 1>에서 설명한 바와 같이 로테르담과 리차드베이 가격을 사용하였고, 천연가스가격은 ICE가격과 미국 헨리허브가격을 모두 사용하였다. 전력가격은 ICE 영국 전력 baseload와 peakload 가격을 모두 사용하였다. 분석결과 국제유가가 대부분의 에너지원가격과 그랜저 인과관계를 갖지 않는다는 귀무가설을 기각함으로써, 국제유가가 에너지원가격 변동에 시그널이 되고 있음을 보여 주고 있다. 특히, 헨리허브 천연가스가격을 제외한 모든 에너지 선물가격이 유가에 민감하게 반응하게 나타남에 따라 브렌트가격의 영향이 유럽 에너지시장에서 절대적인 반면, 미국 천연가스시장에 선행성을 명확하게 보여 주지 못하고 있다.

<표 3> 유가에 따른 에너지가격 변화에 대한 그랜저 인과관계 분석결과

항 목	물량구분	유가현물(lag=2 경우)		유가선물(lag=2 경우)	
		F-Statistic	Probability	F-Statistic	Probability
석탄(ARA)	선 물	34.92460*	4.7E-15	3.63804*	0.02690
석탄(RB)	선 물	37.12070*	6.6E-16	43.3229*	0.00000
가스(ICE)	현 물	2.04617	0.12987	1.43289	0.23920
	선 물	15.04400*	0.00000091	15.5212*	0.0000006
가스(HH)	현 물	3.12917*	0.04426	2.18986	0.11257
	선 물	0.09785	0.90680	0.15098	0.85989
전력(base)	현 물	9.20781*	0.00015	0.83694	0.43469
	선 물	3.77052*	0.02462	4.08489*	0.01824
전력(peak)	현 물	8.52318*	0.00029	8.57907*	0.00027
	선 물	1.77587	0.17187	43.32290*	0.00000

주: *은 5% 유의수준에서 국제유가가 에너지가격에 대하여 인과관계를 갖지 않는다는 귀무가설을 기각함을 의미함.

〈표 4〉 2008년 주요 에너지원 및 탄소배출권 가격동향

에너지원 및 탄소배출권 거래가격					
거래일자	ICE_브렌트 12월 인도분 (\$/bbl)	ICE_천연가스 12월 인도분 (pence/therm)	ICE_석탄 5월 인도분 (\$/ton)	EUA_2008년 12월 만기물량 (€/tCO ₂)	EUA_2012년 12월 만기물량 (€/tC ₂)
1월 평균	89.54	65.12	120.99	21.97	24.54
2월 평균	92.99	66.18	136.69	20.62	23.30
3월 평균	100.51	71.44	136.31	21.75	24.75
4월 평균	108.31	80.36	136.61	24.28	27.36
5월 평균	124.90	90.95	151.63*	25.39	29.48

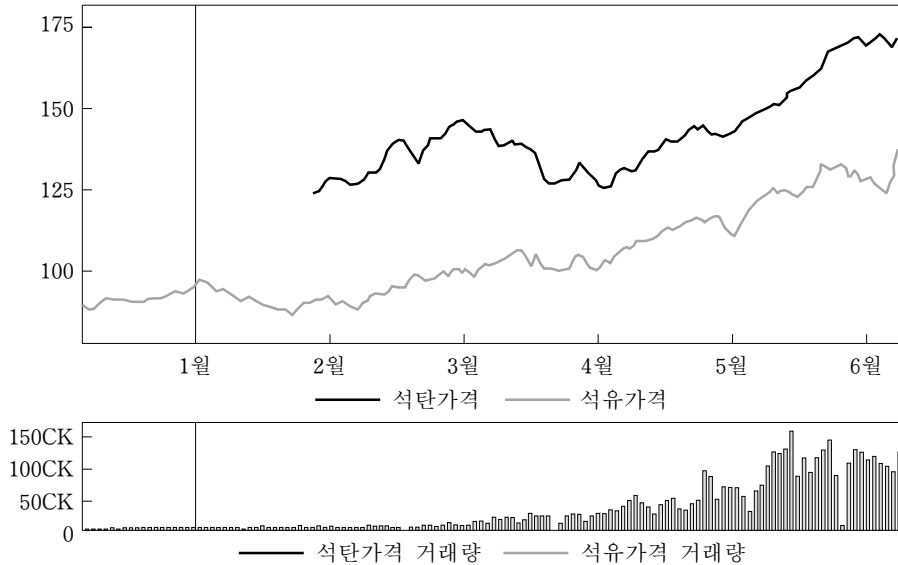
주: 1) www.oilspace.net의 원유, 천연가스, 석탄, 탄소배출권 가격을 12월 만기물량 선물거래 가격을 월단위로 평균한 수치임.

2) *는 5월 28일까지의 Rotterdam 선물 평균거래가격임.

이상의 결론은 〈표 4〉와 같이 2007년 중반부터 심화된 고유가의 여파는 2008년에도 계속되어, 타에너지원으로까지 확대되고, 그 폭이 에너지원별로 상이한 데서 기인한다. 2007년 에너지원가격은 석탄가격이 연초 68.85달러/톤에서 연말 104.23달러/톤, 가스가격이 연초 5.72달러/MMBTU에서 연말 10.30달러/MMBTU로 각각 51%와 80% 상승하였다. 이는 유가가 동일기간 내 55% 상승한 것에 비하면 매우 큰 폭으로 상승한 것으로 평가된다.

특히, 석탄가격의 단기급등으로 인한 여파로 발전사들이 문을 닫는 경우도 발생하였다. 석탄가격 급등의 원인은 주요 수출국인 오스트레일리아, 남아프리카공화국, 중국의 생산 차질에 따른 공급부족이다. 특히, 중국은 국내소비가 증가한데다 폭설로 수송에 큰 차질을 빚어, 중국 북·중부의 발전소 90곳의 가동이 중단되었다. 여기에 일본과 한국 등 주요 소비국이 서둘러 매입에 나서면서 가격급등을 부추겼다. 아시아 시장의 오름세는 곧바로 미국, 중남미, 유럽 시장 가격의 동반상승으로 이어졌다. 유럽 석탄시장의 기준이 되는 로테르담 2008년 7월 만기물량은 〈그림 3〉에서와 같이, 2008년 6월 3일 172.9 달러를 기록했는데, 이는 불과 1년 전 거래평균 84.58달러의 2배에 이른다.

그러나 석탄가격의 상승은 천연가스가격 상승에 비하면 여전히 경쟁력 있는 것으로 나타났다. 천연가스가격이 2007년 일년 내에 80% 상승한 뒤 2008년에 들어서면서 그 상승폭이 줄었으나, 5월 30일 기준으로 볼 때 연초 대비 51.2% 상승한데다, 〈표 5〉와 같이 12월 만기 선물거래가격 평균가격이 5월과 7월 만



자료: 한국은행, www.oilspace.net

〈그림 3〉 석탄가격 vs. 국제유가 변화 추이

〈표 5〉 천연가스 선물가격 비교(2008년 12월 만기 vs. 5월 만기 vs. 7월 만기 물량)

	ICE Natural Gas Monthly Dec 2008:s	ICE Natural Gas Monthly May 2008:s	ICE Natural Gas Monthly July 2008:s
Mean	72.63034	43.53401	48.04830
Median	69.45000	44.68500	46.39000
Maximum	97.00000	66.18000	66.25000
Minimum	55.75000	30.57000	29.80000
Std. Dev.	11.16054	9.138623	9.400872
Skewness	0.630627	0.264861	0.286633
Kurtosis	2.319821	2.136431	2.228891

자료: www.oilspace.net

기물량에 비하여 각각 66.9%, 51.2% 높은 관계로 천연가스 현물가격의 추가 상승이 예상되었다.

고유가 속에 천연가스의 가격상승에는 두 가지 원인이 있다. 하나는 장기계약 가격공식에 유가가 반영된다는 사실이고, 나머지 하나는 수요에 비하여 공급이 절대적으로 부족한 상황이라는 것이다. 특히, LNG 수요는 우드백킨지

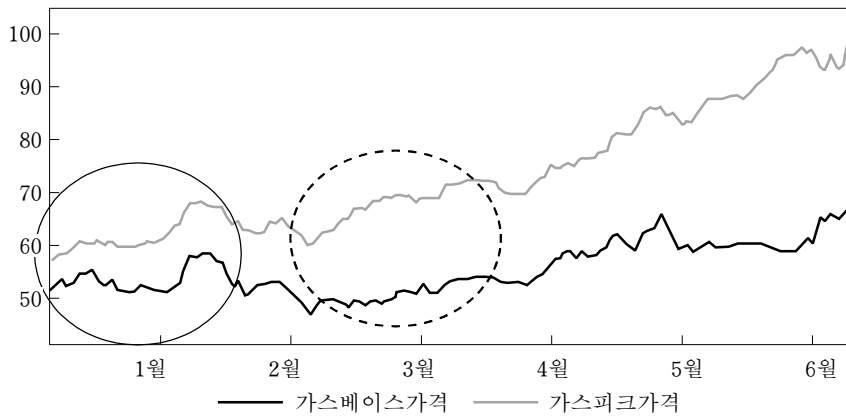
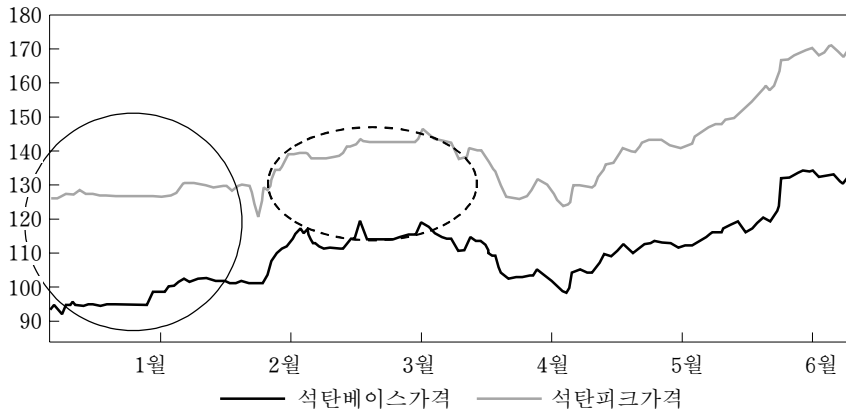
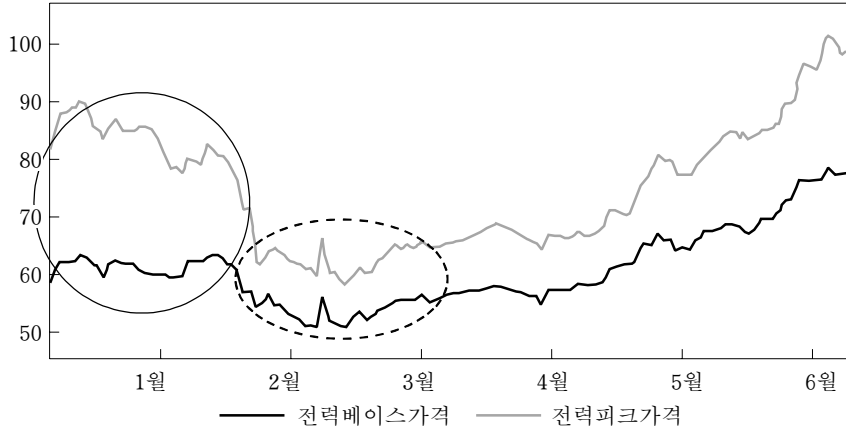
의 전망에 따르면 2020년까지 연평균증가율이 11%에 이르러 2020년에는 488백만 톤까지 증가하게 되면서, 2008~2010년 사이 건설계획보다 높은 수요가 예상되기 때문이다. 더구나 NWS와 카타르 가스가 기술적 문제에 봉착하고, Snovit와 사할린프로젝트가 일년 이상 건설이 지연됨으로써, 극심한 공급부족현상이 예상되었다.

또한 신흥시장의 물량확보 경쟁이 가열되어 중국과 인도 외에도 브라질과 파키스탄이 최근 기존의 수요전망치보다 높은 수요증가를 보이고 있어 공급시장은 더욱 타이트해질 것으로 예상되었다. 더구나 이집트, 카타르, 트리니다드의 자국 내 수요증가와 고곤프로젝트의 환경분쟁 및 이란과 나이지리아의 지정학적 요인들은 LNG 건설비용 상승은 물론 공급불안을 증폭시켰다. 특히, 중국의 LNG 확보노력은 천연가스가격 상승에 절대적인 역할을 할 것으로 예상되면서 장기계약 물량 또한 계약조건이 수요자에게 불리하게 작용하였을 공산이 크다. 또한 석유시장과는 달리 석탄시장에서 나타난 것과 같은 지역 공급부족현상에 대한 우려가 확산되면서 천연가스가격 상승이 지속되었던 것이다.

이러한 석탄가격과 천연가스가격의 상승은 전력단가가 동반상승을 유도한다. 전력가격 상승폭은 석탄과 천연가스보다 더욱 두드러졌는데, 2008년 들어 영국의 경우 peak와 off-peak, 즉 base의 전력가격이 각각 2008년 연초 대비(5월 30일 기준) 53.8%와 71.1% 상승하였다. 전력가격의 상승폭이 큰 것은 영국의 발전 에너지믹스상 천연가스 비중이 높기 때문이다. 특히, 전력생산의 수력비중이 높은 북구유럽과는 달리 영국은 화력발전의 52%를 천연가스로 충당하고 있어, 천연가스가격 상승효과가 그대로 발전단가에 전가된다. <그림 4>의 동그라미 실선과 같이, peak가격과 base가격 차이가 크게 벌어진 2007년 연말/2008년 연초의 경우, 석탄가격은 거의 변동이 없는데 반해, 천연가스가격 변동폭은 현물이나 2008년 12월 만기 선물이나 가파른 상승세에 있는 것을 알 수 있다. 반면, 경제불황에 대한 우려가 증폭된 2008년 2월과 3월 사이의 전력가격은 peak와 base 모두 석탄가격 폭등에 따라 일시적으로 상승하였을 뿐 그 격차는 커지지 않았다.

3. 탄소배출권과 에너지가격 간의 인과관계

유가가 배출권가격 형성에 인과관계가 성립되는지를 그랜저 인과관계 검정(Granger causality test)을 실시한 결과, <표 6>에서와 같이 브렌트 현물가격이



자료: 한국은행, www.oilspace.net

〈그림 4〉 석탄/가스 연료전환효과를 반영한 영국 전력가격 변화

〈표 6〉 유가와 탄소배출권가격 간 그랜저 인과관계 분석결과

항 목	물량구분	유가현물 (lag=2 경우)		유가선물 (lag=2 경우)	
		F-Statistic	Probability	F-Statistic	Probability
탄소배출권(08)	선 물	3.63535*	0.02679	2.03214	0.13169

주: *은 5% 유의수준에서 국제유가가 탄소배출권에 대하여 인과관계를 갖지 않는다는 귀무가설을 기각함을 의미함.

유럽연합의 탄소배출권가격에 대해서 인과관계를 갖지 않는다는 귀무가설을 기각하게 된다. 여기서 특이한 사항은 탄소배출권가격의 시그널로 작용하는 유가가 선물가격이 아니라 현물가격이라는 점이다. 이는 브렌트 현물가격 수준이 탄소배출권 가격결정에 선행성을 보여 준다는 점에는 이의가 없으나, 절대적인 가격결정에 있어서는 한계가 있을 수 있음을 시사한다. 즉, 유가가 지속적으로 상승할 경우 석탄가격과 천연가스가격이 동반상승하더라도 상호 상대가격 차이에 따라 배출권의 수요가 결정되기 때문에 유가가 상승한다고 하여 배출권가격이 반드시 증가할 것으로 기대하는 것은 매우 위험하다. 예를 들면, 유가가 상승하더라도 천연가스가격 상승폭이 석탄에 비하여 크지 않을 경우 석탄사용 감소로 인하여 배출권 수요가 감소하면서 배출권 가격상승이 한계에 이를 수 있다. 또한 유가하락의 원인이 단순한 공급과잉에 의거할 경우 석탄사용이 배출권을 구매하더라도 가스사용에 비하여 충분히 경제적이라 판단되면, 석탄사용 증가에 따른 배출권 수요증가로 인하여 배출권 가격상승이 초래될 수 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 그랜저 인과관계 분석의 한계를 보완하고자 상관관계 분석 및 회귀분석을 통하여 탄소배출권 가격결정모형을 시도하였다. 〈표 7〉은 탄소배출권과 에너지가격 및 환율 간 상관관계를 나타낸 것으로 환율을 제외한 모든 변수와 탄소배출권가격 간에는 양(+)의 관계를 보이고 있다.

탄소배출권에 대한 가격결정모형은 다양한 시도가 가능하나, 배출권가격의 공급곡선이 연료대체효과 등의 한계저감비용에 근거하고 있으므로, 이를 이용하는 것이 타당하다고 사료된다. 즉, 배출권가격 $P=MR=MC$ 를 이용할 경우 한계저감비용 MC 는 석탄가격과 가스가격의 함수로 나타낼 수 있다. 이를 수식으로 설명하면 다음 식 (1)과 같다. 식 (2)는 비용함수를 결정하는 설명변수 외에 국제유가와 같은 가격시그널을 추가할 경우 모형의 설명력이 증대되는지를 통계적으로 검정하기 위하여 설정하였다.

〈표 7〉 탄소배출권과 에너지가격 간 상관관계

	ARA	B8	Bn	DE	GM8	P8	UPB8	UPP8
ARA	1.0000	0.9488	0.9400	-0.6765	0.9563	0.7683	0.8127	0.6075
B8	0.9488	1.0000	0.9979	-0.7323	0.9825	0.8818	0.8658	0.6883
Bn	0.9400	0.9979	1.0000	-0.7528	0.9797	0.8867	0.8580	0.6789
DE	-0.6765	-0.7323	-0.7528	1.0000	-0.7428	-0.6308	-0.4729	-0.2440
G08	0.9563	0.9825	0.9797	-0.7428	1.0000	0.8801	0.8709	0.6740
P8	0.7683	0.8818	0.8867	-0.6308	0.8801	1.0000	0.9206	0.8365
UPB8	0.8127	0.8658	0.8580	-0.4729	0.8709	0.9206	1.0000	0.9441
UPP8	0.6075	0.6883	0.6789	-0.2440	0.6740	0.8365	0.9441	1.0000

주: ARA, B8, Bn, DE, G08, P8, UPB8, UPP8은 각각 석탄 로테르담 2008년 12월 만기, 브렌트 2008년 12월 만기, 브렌트 현물, 달러/유로 환율, ICE 천연가스 2008년 12월 만기, 유럽연합탄소배출권 2008년 12월 만기, 영국 전력(baseload) 2008년 12월 만기, 영국 전력(peakload) 2008년 12월 만기가격을 의미함.

$$P_t = \alpha_0 + \gamma Z_t + \varepsilon_t, \tag{1}$$

$$P_t = \alpha_0 + \sum_{i=0}^N \beta_i S_{t-i} + \gamma Z_t + \varepsilon_t. \tag{2}$$

여기서, P_t : 탄소배출권가격
 Z_t : 한계저감비용을 결정하는 에너지가격
 S_t : 국제유가와 같은 가격시그널지수

본 연구에서는 Z_t 는 석탄가격과 천연가스가격으로 구성하였고, S_t 는 국제유가, 전력가격 및 환율 등을 모두 고려해 보았다. 전력가격은 석탄가격 및 천연가스가격과 multi-collinearity가 발생하므로 제외되는 것이 마땅하나, 탄소배출권 시그널로 유가를 대체할 수 있는지를 점검하기 위하여 시도되었다. 그러나 전력가격은 peakload와 baseload 모두 모형의 설명력을 증대시키기보다는 오히려 약화시키는 것으로 나타났다.

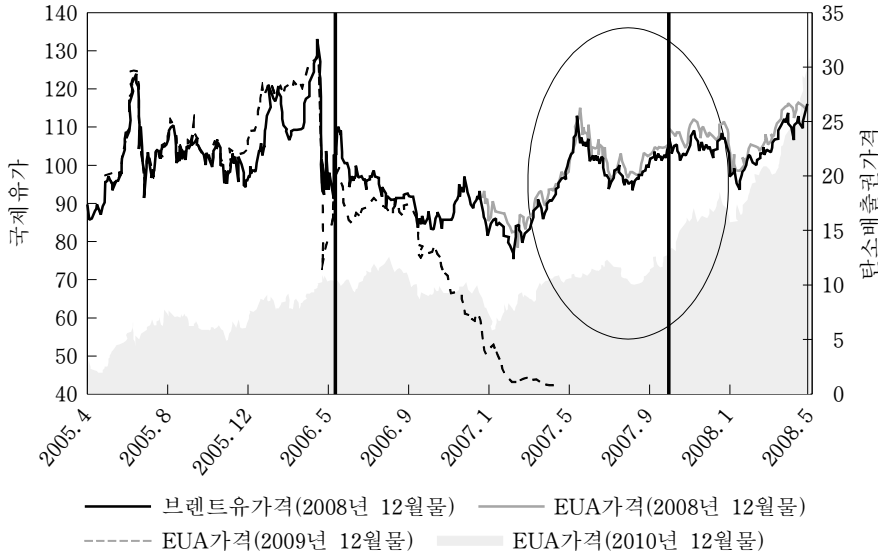
〈표 8〉은 탄소배출권가격에 대한 회귀분석 결과를 요약한 것으로 ARA, GM8, B8, Bn, DE는 각각 로테르담 전력 2008년 12월 만기 선물가격, ICE 천연가스 12월 만기 선물가격, 브렌트유 2008년 12월 만기 선물가격, 브렌트유 1st nearby 가격, 달러/유로 현물시세를 의미한다. 즉, 각각의 부호는 이론상의 부호와 일치하여, 석탄가격과 달러/유로 환율의 경우 탄소가격과 음(-)의 관계를 보여 주고, 천연가스가격과 유가의 경우 탄소가격과 양(+)의 관계를 보여 주고

〈표 8〉 탄소배출권가격에 대한 회귀모형 분석결과

Variable	모형 1		모형 2		모형 3		모형 4	
	Coefficient	t-통계량	Coefficient	t-통계량	Coefficient	t-통계량	Coefficient	t-통계량
C	13.580	29.848	11.256	22.102	10.063	17.327	16.044	3.752
ARA	-0.071	-7.672	-0.070	-8.679	-0.063	-7.891	-0.069	-7.246
G08	0.249	13.546	0.123	5.223	0.117	5.171	0.243	11.668
B8			0.113	7.374				
Bn					0.118	8.169		
DE							-3.366	-0.580
<i>R</i> -squared			0.741		0.800		0.810	0.741
Adjusted <i>R</i> -squared			0.738		0.797		0.807	0.737
Akaike info criterion			3.211		2.959		2.908	3.220
Schwarz criterion			3.263		3.029		2.977	3.289
<i>F</i> -통계치			259.656		241.991		257.869	172.584
Prob(<i>F</i>)			0.000		0.000		0.000	0.000

있다. 분석결과 2008년 12월 만기 유럽연합 탄소배출권가격은 석탄가격, 천연가스가격 2008년 12월 만기 선물가격에 통계적으로 유의하게 반응하며, 유가를 추가할 경우 환율을 추가한 경우보다 모형의 설명력이 증대되는 것으로 나타났다. 추가로 유가에 대한 변수를 결정할 때 현물가격과 선물가격을 모두 시도하였으나, 선물보다는 현물가격이 가격시그널 역할을 하는 것으로 나타났다. 이 밖에 시차를 고려하여 lag를 시도해 보았으나, 천연가스가격의 경우 통계적 유의성이 크게 악화되었고, 유가 또한 lag 포함 효과가 통계적으로 유의한 수준으로 설명력을 증대시키는 데에는 역부족인 것으로 나타났다.

탄소배출권가격에 대한 설명을 부가하면, 〈그림 5〉와 같이 에너지가격에 민감하게 반응하는 것을 목격할 수 있다. 성장기로 구분되는 2006년 5월 이전에는 2008년 12월 만기 선물가격이 CO₂ 1톤당 15유로로 출발하여 유가변동과 함께 동조하면서 30유로까지 상승하였으나, 2005~2007년 감축기간에 대한 초과할당 가능성이 제기되면서, 2006년 4월 25일 29.60유로와 28.30유로에 거래되던 2006년 현물가격과 2007년 12월 만기 선물가격이 하루 만에 각각 6.85유로와 7.55유로 하락한 19.75유로와 20.75유로에 거래되었다. 이는 2005년 4월 22일 거래개시 이후, 처음으로 이산화탄소 배출실적 보고서를 제출한 프랑스가 할당



자료: 2005년 4월 22일~2008년 5월 26일간 ECX(European Carbon Exchange) 및 oilspace.net 거래가격.

〈그림 5〉 유럽연합 배출권시장의 가격변화 추이

량 대비 11.6%를 초과 달성하였다는 것이 알려져 배출권가격이 폭락하게 된 것이다. 이후에도 가장 배출량 비중이 높은 독일과 여타 국가들의 실적도 발표되어 22개 국가 중 16개 국가가 할당목표를 초과 달성하게 되어 2007년 12월에 정산을 마감하는 모든 배출권의 가격은 0.02유로까지 급락할 수밖에 없었다. 이는 유가와와는 무관하게 배출권의 공급과잉이 가격변동을 유발한 경우이다.

반면, 2008~2012년 감축기간을 적용 받는 2008년 이후에 정산되는 배출권은 유가변동과 더불어 변화하게 된다. 200일 이동평균이 69달러대에 머물고 있던 유가가 2007년 8월 22일 67달러를 정점으로 70달러대를 진입하면서 유가상승과 금융위기가 맞물리게 된다. 세계 3위 은행인 HCBC가 미국 주택시장에 뛰어들었다가 107억 달러를 회수 못하는 위기에 놓이면서 가시화된 금융위기가 경제침체로 이어질 가능성을 놓고 탄소배출권 거래참여자들은 고민에 휩싸이게 된다. 즉, 경제침체가 현실화될 경우 유가상승폭은 줄어들 것이고, 에너지소비 자체가 전반적으로 감소할 경우 배출권에 대한 수요 또한 위축될 것으로 예상되기 때문이다. 따라서 조정기에 들어선 배출권가격은 유가변동과는 무관한 대신 하루가 다르게 등장하는 경기전망치에 오히려 민감하게 반응하게 된다. 이러한 양상은 2008년 2월까지 이어지게 되는데 자세히 살펴보면 다음과 같다.

국제유가가 브렌트 기준으로 87.2달러에 거래되고, 미국발 금융불안이 경기침체에 대한 우려로 이어지면서 2008년 탄소배출권은 1월 18일 22.28유로에 거래되게 된다. 이러한 현상은 단기적인 유가영향만으로 해석하기에는 탄소배출권 가격하락폭이 매우 크다고 볼 수 있다. 비슷한 유가수준을 기록하였던 2007년 12월 4일 시점의 탄소가격(22.98유로)과 비교할 때 탄소가격이 0.7유로나 낮은 것은 경기전망에 따른 과급효과가 상대적으로 컸음을 알 수 있다. 2008년 1월 둘째 주, 동구유럽의 신용디폴트스왑 프리미엄 상승이 경제침체에 대한 우려로 이어지면서, 기존의 탄소시장과 유가 간의 유기적인 고리가 현격히 깨지는 현상이 나타난다. 즉, 유가가 브렌트가격 기준으로 92달러를 기록하지만, 1월 29일 탄소가격은 20.70유로로 낮은 수준에 머물게 되어 한 달 내 하락폭이 14%에 이르게 된다. 더구나 탄소가격의 하한선으로 작용하였던 CER(CDM사업의 배출권) 가치하락이 탄소배출권 가격반등시기를 지연하는 역할을 하게 된다.

경제불황에 대한 우려로 인하여 탄소가격에 대한 유가 및 전력가격의 임팩트가 상쇄되는 현상은 2월 들어서면서 사라지게 되는데, 독일 전력가격이 급반등한 2월 5일과 6일을 전후로 탄소가격은 18.84유로에서 20.44유로까지 급상승하게 된다. 이후 고유가가 탄소가격을 유도하는 현상이 지속되는데, 2월 한 달은 유가가 100달러에 진입하면서 심리적인 반응이 거래시장에 그대로 반영되게 된다. 그러나 국제유가가 3월 11일 WTI 4월 인도분 선물가격이 배럴당 108.75달러를 기록하면서 배출권가격이 21.88유로까지 상승하는데, 유가상승의 원인이 경기침체와 금융시장에서 촉발된 리스크 증폭에서 기인한 관계로 배출권가격이 큰 폭으로 상승되기에는 아직까지 역부족이었다. 4월 첫째 주, 석탄가격이 강세이긴 하나 3월 24일 대비 3% 상승에 그친 데 반해, 유가와 천연가스 가격이 각각 7.2%와 10.5%의 가파른 상승세를 기록하면서 탄소배출권 수요를 부추겼다. 이로 인하여 유럽 탄소배출권가격이 4월 7일 이산화탄소 1톤당 23.79유로에 거래되면서 에너지 상대가격차에 따른 연료대체 관계가 다시 배출권가격 변화의 주요인으로 작용하게 된다. 특히, 천연가스 2008년 12월 선물가격과 5월 선물가격의 차가 23펜스/therm까지 벌어지면서, 공급부족에 대한 우려가 오히려 석탄사용을 증가시키는 요인으로 작용하여 배출권 확보의 필요성을 자극하게 된다.

그러나 리스크회피 성향이 큰 배출권구매자들은 고유가로 인한 탄소배출권 가격상승이 지속될 것인지에 대해 매우 신중한 것으로 평가된다. 예를 들어, 2008년 물량과 2012년 물량 간의 가격 차이인 스프레드가 3유로 수준에 머물던

2.5유로 수준으로 급락하는 현상 등은 2012년 탄소배출권이 지나치게 고평가되고 있다고 시장참여자들이 인식하면서 배출권 가격급등을 저지하는 것으로 해석된다. 이렇게 다양한 요인으로 인하여 배출권가격은 다른 어느 금융상품보다도 매우 보수적으로 움직임을 알 수 있다.

V. 결 론

이상에서 달러약세와 유가와와의 관계, 유가와 에너지원 간의 상호관계, 유가와 배출권가격 간의 상관관계에 대하여 분석해 보았다.

분석기간 동안의 국제유가는 달러/유로에 대하여 그랜저 인과관계가 성립하고, 타에너지가격의 선행성지수로서 95% 수준의 유의성이 확보되며, 궁극적으로 배출권가격 시그널 역할을 하는 것으로 나타났다. 국제유가가 달러에 대한 가치와 기존의 인과관계를 역행한 것은 금융시장 자체의 문제로 인한 결과로 해석된다. 그러나 본 연구는 이러한 혼재의 상황에도 배출권가격의 결정구조는 에너지가격에 기반을 두고 있음을 입증한 결과라는 데 의미가 있다.

본 연구는 탄소배출권 시장을 통해 에너지가격을 둘러싼 시장의 반응을 종합적으로 관찰할 수 있다는 것은 보여 준 한 사례로써, 이를 활용하면 탄소배출권가격 추이를 통하여 역으로 에너지시장 전망을 타진해 볼 수 있다. 그 이유는 배출권을 사고파는 시장에는 단순히 차익을 노리고 참여하는 시장참여자도 있지만, 다수의 시장참여자가 에너지를 사용하고 공급하는 당사자들로 구성되어 있으므로, 배출권 가격형성 자체가 에너지 거래가격의 판단주체들에 의해 이루어진다고 볼 수 있기 때문이다. 예를 들어, 고유가현상이 지속되더라도 탄소배출권가격이 즉각적인 반응을 보이지 않는다면 이는 국제유가가 달러화로 표현됨에 따라 실질적인 가치증가가 시장에서 실현되지 않았거나, 고유가현상이 투기세력에 의해 비롯되었다고 할 수 있다.

향후 VAR모형을 탄소배출권 가격예측에 연계함으로써, 에너지가격 정보가 탄소배출권 가격결정에 어떻게 작용하는지를 분석한다면, 본 연구의 미흡한 점을 보완할 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

- 김효선·조경엽·김영덕, 「초기할당방식과 예대가능 여부에 따른 CO₂ 배출권거래제의 경제적 효과」, 『자원·환경경제연구』 제15권 제4호, 2006.
- Amano, R. A. and S. van Norden, “Oil prices and the rise and fall of the US real exchange rate,” *Journal of International Money and Finance*, 17(2), 1998, 299~316.
- Chaudhuri, K. and B. C. Daniel, “Long-run equilibrium real exchange rate and oil prices,” *Economic Letters*, 58(2), 1998, 231~238.
- Ewing, B., S. Hammoudeh, and M. Thompson, “Examining Asymmetric Behavior in US. Petroleum Futures and Spot Prices,” *The Energy Journal*, 27, 2006.
- Hamilton, James D., “Oil and the Macroeconomy Since World War II,” *Journal of Political Economy*, 91, 1983.
- Hammoudeh, S., H. Li, and B. Jeon, “Causality and volatility spillovers among petroleum prices of WTI, gasoline and heating oil in different locations,” *The North American Journal of Economics and Finance*, 14(1), 2003.
- Hooker, Mark A., “Oil and the Macroeconomy Revisited,” *Finance and Economics Discussion Series*, The Federal Reserve Board, 1999.
- Jimenez-Rodriguez and Sanchez, “Oil Price Shocks and Real GDP Growth: Empirical Evidence in OECD Countries,” *Applied Economics*, 37, 2005.
- Kim, Hyo-Sun, G-L. Cho, and Y. Kim, “Allocation and Banking in Korean Permits Trading”, *Resources Policy*, Accepted and forthcoming in 2010.
- Mansanet-Bataller, M., *et al.*, “CO₂ Prices, Energy, and Weather,” *Energy Economics*, Vol. 28, issue 3, 2007.
- Mork, Knut Anton, “Oil and the Macroeconomy When Prices Go Up and Down: An Extension of Hamilton’s Results,” *Journal of Political Economy*, 97, 1989.
- Viller, Jose A. and Joutz L. Frederick, “The Relationship between Crude Oil and Natural Gas Prices,” *Energy Information Administration*, 2006.

[Abstract]

Analysis of the Impacts of Exchange Rates and Energy Prices on Carbon Market

Sang Hee Yoo · Hyosun Kim

The big storm from international financial market has been transferred into real asset market, i.e., gold and crude oil. Therefore it caused the extreme price volatility of various energies, electricity, and carbon permit. This paper analyzed the impacts of exchange rates and crude oil price on gas price or carbon permit price through the causality test. Furthermore, the paper suggested how to deal with the carbon market risk and minimize it utilizing the signals from energy prices and exchange rates.

Even though there are many arbitrage traders in carbon market, the carbon permit price is mainly determined by key players in carbon market, namely big energy consumers or providers. Therefore we can get valuable information and strategies on energy market utilizing carbon market signals.

Even though oil price hikes, if carbon permit price does not react spontaneously on it, this could be a temporary and speculative phenomenon resulting from asymmetric reaction in international oil market. Conclusively speaking, the trend in carbon price can be utilize as indicator of sustained high price of oil.

Keywords: exchange rate, energy price, carbon market, asymmetric response

JEL Classification: Q3, F3