EU ETS 탄소시장에서 EUA 선물의 가격발견에 관한 연구

김수경*

〈요 약〉

본 연구는 탄소배출권거래제가 국내에서 시행되기 전에 EU ETS에서 거래되고 있는 탄소배출권 선물시장이 현물시장에 대해 가격발견기능이 존재하는 지에 대해 실증분석을 수행하였다. 동시에 서로 다른 거래소에서 거래되고 있는 선물시장과 현물시장 간의 정보교환이 효율적으로 이뤄지고 있는 지에 대해서도 알아보았다. 실증분석에 사용된 자료는 2009년 4월 1일부터 2012년 11월 30일까지 총 899개의 일일 자료이다.

VECM의 오차수정계수를 이용하여 분석했을 때 탄소배출권 EUA 선물시장은 BlueNext 현물시장에 대해 가격발견기능이 존재하는 것으로 나타났다. 추가적인 검정에서도 GG와 Hasbrouck의 정보비율이 0.5보다 높은 값을 가지는 것으로 나타나서 EUA 선물시장은 현물시장에 대해 가격발견기능이 존재한다는 결론을 얻었다. 그리고 이러한 결과는 서로 다른 거래소에서 거래되더라도 탄소배출권과 관련된 정보 교환이 효율적으로 이뤄지고 있음을 알 수 있다.

핵심주제어: 가격발견, 탄소배출권, EUA, GG, Hasbrouck 정보비율

논문접수일: 2014년 08월 09일 수정일: 2014년 09월 03일 게재확정일: 2014년 09월 15일
* 동명대학교 금융・회계학과 교수, ksk17826@tu.ac.kr

Ⅰ. 서 론

1970년대 후반 George Woodell, Godron Mcdonald 등 몇몇 학자들이 지구온난화를 경고한 이후 세계 각국은 이에 대한 심각성을 깨닫고 이산화탄소를 비롯한 온실가스 방출을 제한 또는 감축을 위해 1990년 제네바에서 열린 제2차 세계기후회의에서 기본적인 협약을 마련하였다. 1992년 6월에는정식으로기후변화협약(UNFCCC)을 채택하였고 온실가스 감축을 위한 적극적인 노력으로 유럽국가를 중심으로 구성된 선진 38개국들이 1997년에 교토의정서를 채택하였다. 교토의정서 주요 내용은 제1차 의무이행기간(2008년-2012년) 중에 온실가스 배출을 1990년 대비 평균 5.2% 감축하고 감축의무를 신축적으로 이행하기 위한 교토메카니즘을 도입한다는 것이다.

전 세계 탄소배출권 시장은 EU (Europe Union)를 중심으로 이뤄지고 있으며 탄소배출권 거래가 시작된 2005년 110억 달러에서 2011년 1760억 달러로 16배 성장하였다. 이 중에서 세계 탄소배출권 시장의 약 84%를 차지하고 있는 EU ETS(emission trading scheme)는 최근 글로벌 금융위기, 유럽 재정위기 그리고 배출권 공급 과잉으로 인해 탄소배출권 가격이 지속적으로 하락하였다.

EU ETS의 최대 거래소인 ICE(Intercontinental Exchange)는 2005년 5월에 EUA(EU emission allowance) 선물과 2006년 10월 EUA 옵션 상품을 상장하였다. ICE에서는 EUA와 CER(certified emission reduction)을 기초자산으로 하는 선물 및 옵션 상품 등 탄소관련 파생상품들이 거래되고 있다.

국내에서도 세계 각국이 배출권거래제(emission trading)를 도입함에 따라 이에 대한 논의가 지속적으로 진행되었으며, 2010년 상반기에 「저탄소 녹색성장 기본법」 발효를 통해 배출권거래제도에 대한 법적근거를 마련하였다. 또한 2012년 5월에는 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」이 국회를 통과함으로써 2015년 초에 부산의 한국거래소에서 탄소배출권거래제가 시행될 예정이다.

<표 1> 탄소배출권 시장규모

구분	EU ETS Allowances	Other Allowances	Primary CDM	Secondary CDM	Other Offsets	Total
2005	79	1	26	2	3	110
2006	244	3	58	4	3	312
2007	491	3	74	55	8	631
2008	1005	10	65	263	8	1,351
2009	1185	43	27	175	7	1,437
2010	1336	13	27	205	11	1,592
2011	1478	10	30	223	18	1,759

자료 : World Bank(2010, 2012)

한편, 각국의 배출권 거래제 확대와 배출권 초과 할당, 2008년 미국발 글로벌 금융위기, 유럽 재정위기 등으로 인해 배출권 시장에서 공급이 수요를 초과하게 되어 탄소배출권 가격은 급락하게 되었다. 이러한 가격하락 문제와 탄소배출권시장을 안정시키기 위해 EU 집행위원회는 기업들에게 주는 무상할당을 2020년으로 연기하자는 의견을 제시하기도 하였다. 이와 같이 탄소배

출권 가격은 시장상황, 제도, 연료가격, 기온, 강수량, 경제성장 등에 의해 영향을 받기 때문에 가격의 변동이 심하며 운영자, 투자자 그리고 브로커 등은 이에 대해 많은 관심을 가지고 있다.

탄소배출권시장은 현물시장과 선물시장 모두 개설되어 있다. 선물시장의 존재는 현재 현물을 보유하고 있는 또는 향후 현물을 보유할 주체에게 다양한 정보를 제공하게 된다. 즉, 선물시장에서 형성되는 선물가격에는 미래 현물가격에 대한 정보가 반영되기 때문에 시장참여자들은 시장에서 형성된 선물가격을 분석하여 미래가격의 예측치를 얻을 수 있다. 특히 불특정 다수가 일정한 거래소에서 공개적으로 거래하는 선물시장은 미래의 현물가격에 대한 중요한 정보 원천이 될 수 있다. 이와 같이 선물시장은 현물시장에 대해 시장효율성과가격발견기능 측면에서 많은 관심을 받고 있다.

선물시장의 가격발견기능에 대한 연구는 주가지수시장을 중심으로 지속적으로 진행되었다. 이들의 연구의 대부분은 선물시장이 가격발견기능에 있어서 현물시장 보다 우월하다는 결과를 보였다(Koutmos and Tucker; 1996, Tse; 1999, Brooks et al.; 2001, Chou and Chung; 2006).

주가지수 선물과 현물시장에 대한 연구 외에도 다른 시장에 대한 연구도 진행되었다(Bopp and Sitzer; 1987, Baba and Inada.; 2009, 임대봉; 2009, 홍정효.; 2010, 김홍배・강상훈; 2011, 서상구; 2011, 이상구・옥기율; 2012, 김수경; 2013, 김홍배・김명종・노승재; 2013).

최근 탄소배출권과 관련된 연구들은 국내외적으로 이제 막 진행단계에 있다. 우선 국외 주요 연구로는 Bataller et al.(2010), Chevallier(2010, 2011), Fan et al.(2014) 등이 있다. 특히 Bataller et al.(2010)은 EUA(Eurpean Union allowance)와 CER(certified emissions reductions) 간의 가격관계에 대해 분석하였다. 이들의 연구에 의하면 EUA와 CER 간의 가격 차이를 고려해서 CER을 매수하고 EUA를 공매하면 거래자들은 차익거래로부터 이익을 얻을 수 있음을 보였다. 한편 Chevallier(2010)은 일일 자료를 이용하여 VAR(vector autoregresssion) 모형, 충격반응함수(impulse response function), 공적분(cointegration) 분석을 통해 EUA와 CER은 통계적으로 유의하게 상호간에 영향을 주고 있으며, 영향에 대해 신속하게 반응한다고 주장하였다. 또한 EUA와 CER 가격간에는 장기적인 균형관계가 성립하는 공적분 관계가 존재하며 EUA가 CER에 대해 가격발견기능이 있음을 보여주었다.

또한 Chevallier(2011)은 DCC(dynamic conditional correlation) MGARCH 모형을 이용하여 EUA와 CER 간의 상호관계(interelationships)를 분석하였는데, 분석기간 동안 EUA와 CER은 강한 ARCH와 GARCH 효과가 존재함을 보였다. Fan et al.(2014)은 탄소배출권시장에서 최적헤지비율과 헤지성과에 대해 실증분석을 수행하면서 규제 당사자인 탄소배출자들은 탄소배출권의 가격변동으로 인해 추가적인 비용과 위험을 부담해야 하기 때문에 이들에 대한 위험관리가 매우 중요함을 일깨워 주었다.

국내에서 탄소배출권과 관련된 주요 연구로는 부기덕・정기호(2011a, 2011b), 설윤(2012), 박순철・조용성(2013), 김영민(2013), 손영화(2013), 박광수・이영기(2013), 이은정・박명섭(2014) 등이 있다. 특히, 박순철・조용성(2013)은 EU ETS의 EUA와 CER을 이용하여 최적헤지비율과 헤지성과에 대해 분석하였다. 이들은 시간 변동성을 고려했을 때와 불편성을 가정했을 때 헤지비율과 헤지효과 간에는 별다른 차이가 없음을 보여주었다. 또한 헤지목적에 따라 헤지성과는 비슷하지만 최적헤지 비율에 있어서는 차이가 있다고 주장하였다.

또한 이은정・박명섭(2014)은 탄소배출권 가격

결정요인에 관해 분석을 수행하였다. 이들은 1단계에서 에너지 가격의 변화는 배출권가격에 미치는 영향은 미미했지만 석유가격과 천연가스의 가격은 배출권 가격에 선행함을 발견하였다. 2단계에서는 석유가격이 배출권가격에 정(+)의 방향으로 영향을 미치는 사실을 발견하였고 석탄가격이나 전력가격은 배출권가격에 부(-)의 영향을 미친다는 결과를 보여주었다. 이러한 연구를 통해 이들은 배출권가격이 안정성을 가지기 위해서는 정확한 할당과 감시가 선행되어야 하며 배출권 거래제도의 활성화를 위해서는 배출권 시장의 유동성이 충분히 확보되어야 한다는 정책적 시사점을 제시하였다.

본 연구의 목적은 EUA 선물시장이 현물시장에 대해 가격발견기능이 존재하는지를 알아보기 위해 벡터오차수정모형(vector error correction model; VECM)을 이용하여 실증분석을 수행하였다.

본 연구는 연구방법론에 있어서 기존 연구와 차별성을 지니고 있다. 즉, 벡터오차수정모형에서 오차수정계수의 유의성과 부호를 이용하여 가격발견기능을 수행하였고 강건성 검정을 위해 Granger and Gonzalo(1995)와 Hasbrouck(1995)의 정보비율을 이용하여 탄소배출권 EUA 선물과 BlueNext 현물시장 간의 가격발견기능을 분석하였다는 점이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 분석에 사용된 자료와 연구방법론에 대해 다룬다. 3장에서는 실증분석결과인 단위근(unit root) 검정, 공적분(cointegration) 검정 그리고 오차수정모형(error correction model)을 이용하여 유럽연합 배출권거래제도(Europe Unit emissions trading scheme : 이하 EU-ETS)의 EUA(european union allowance) 선물시장이 현물시장에 대해 가격을 예측할 수 있는 정보를 가지고 있는지에 대해 알아본다. 결과를 요약하고 시사점에 대해 4장에서 기술한다.

II. 자료 및 연구방법론

1. 자료

실증분석은 EU-ETS의 최대 거래소인 ICE (intercontiental exchange)에서 거래되는 탄소배출권 선물과 블루넥스트(BlueNext)의 현물자료를 사용하였다. 본 연구에서는 상호 다른 거래소에서 거래되는 현물과 선물자료를 사용하여 분석을 수행하였는데, 모정윤 외(2005)의 연구에서 EU-ETS내 존재하는 배출권 거래소들의 동일 배출권가격에 대해 일물일가의 법칙이 성립함을 증명한바 있다. 분석에 사용된 샘플자료는 2009년 4월 1일부터 2012년 11월 30일까지 총 899개의 일일 자료(daily data)이며, 이들 자료는 Bloomberg에서 구했다.

표본자료의 탄소배출권 현물가격과 선물가격의 기술통계량은 <표 2>와 같다. 여기서 수준변수와 수익률의 평균, 최대값, 최소값, 표준편차, 왜도(skewness), 첨도(kurtosis), 변이계수(coefficient of variation), 정규성 여부를 알 수 있는 Jarque-Bera 통계량이 제시되어 있다.

우선, EUA 선물과 BlueNext 현물의 평균은 각각 톤당 12.26, 12.23 유로이며 분석기간 동안 가격은 하락하였다. 변동성에 있어서는 현물이 선물가격보다 약간 높은 것으로 나타났다. 분포의 좌우 대칭성을 측정하는 왜도는 가격수준에서는 음(-)의 값을 가지므로 선물과 현물 모두 왼쪽으로 치우친 형태이고 수익률은 양(+)의 값을 가지므로 오른쪽으로 치우친 형태임을 알 수 있다. 첨도는 수익률의 경우 3보다 큰 값을 가지므로 첨예한 분포를 띠는 것으로 나타났다. Jarque-Bera의 통계량을 통해 정규성 검정을 수행한 결과 가격수준과 수익률이 모두 정규분포한다는 귀무가설이 기각됨을 알 수 있다.

<표 2> 기초통계량

통계량	수준변수		수익률	
	EUA 선물 (유로/톤)	BlueNext 현물 (유로/톤)	EUA 선물 (유로/톤)	BlueNext 현물 (유로/톤)
평 균	12.2555	12.2327	-0.0010	-0.0007
최 대 값	17.1400	16.9300	0.1994	0.2038
최 소 값	6.0700	6.0400	-0.1171	-0.1081
표준편차	3.2081	3.1763	0.0265	0.0269
왜 도	-0.5748	-0.6000	0.0982	0.4315
첨 도	1.8959	1.8953	8.1196	9.6070
변이계수	0.2618	0.2597	-26.3131	-40.4120
Jaque-Bera	95.16**	99.65**	983.24**	1663.03**
표 본 수	899	899	899	899

주) 1. Jarque-Bera 통계량 $=\frac{N-K}{6}\left(S^2+\frac{1}{4}(K-3)^2\right)$, N은 계열을 작성하기 위해 사용된 추정계수의 수, K는 첨도, S는 왜도를 의미

2. **, * 각각 1%, 5% 수준에 유의함을 의미

2. 연구방법론

본 연구에서는 공적분된 두 시계열간의 분석에 적합한 것으로 알려져 있는 벡터오차수정모형을 이용하여 실증분석을 수행할 것이다. 이는 선물가격과 현물가격 간에 장기적으로 균형관계가 있는 즉, 공적분 관계가 있을 경우 이를 모형에 반영할 필요가 있기 때문이다. 벡터오차수정모형은 독립변수의 차분항이 종속변수에 미치는 영향뿐만 아니라 오차수정항의 변화가 종속변수에 미치는 영향도 찾아낼 수 있기 때문에 장·단기적 관계를 분석하는데 유익하다(2013 김홍배 외).

다음 식(1)~(2)는 본 연구에서 사용될 VECM 모형이다.

$$\Delta EUA_{F,t} = \alpha_1 + \lambda_1 EC + \beta_1 \Delta EUA_{F,t-1} + \gamma_{1i} \Delta BN_{S,t-1} + \varepsilon_{1,t} \quad (1)$$

$$\Delta BN_{S,t} = \alpha_2 + \lambda_2 EC + \beta_2 \Delta EUA_{F,t-1} + \gamma_{2i} \Delta BN_{S,t-1} + \varepsilon_{2,t} \quad (2)$$

식(1)과 (2)에서 $\Delta EUA_{F,t}$는 EUA 선물가격의 변화량, $\Delta BN_{S,t}$는 BlueNext 현물가격의 변화량이다. 그리고 λ_1, λ_2는 오차수정계수, EC는 오차수정항인 $F_{t-1} - S_{t-1} - \phi Trend - C$,이고 ε_{1t}, ε_{2t}은 오차항이다.

특히, $F_{t-1} - S_{t-1} - \phi Trend - C$는 시점 t-1에서 EUA 탄소배출권 선물가격과 BlueNext 현물가격의 불균형오차를 나타내며, 이 오차가 수정계수(correction coefficient)인 λ_1, λ_2를 통해 그 크기가 조절된 후에 t-1의 시점에서 $\Delta EUA_{F,t}$와 $\Delta BN_{S,t}$에 영향을 주게 된다.

한편, 가격발견의 공헌도를 알아보고자 할 때 Granger-Gonzalo(1995)와 Hasbrouck(1995)가 제시한 정보비율이 유용한 것으로 알려져 있다. 따라서 본 논문에서는 Baba and Inada(2009)가 제

시한 방법론을 원용하여 Granger and Gonzalo (이하 GG) 비율을 구하였다.

$$GG\text{ 비율} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \quad (3)$$

여기서 GG 비율의 측정값이 0.5보다 높으면 탄소배출권 EUA 선물시장은 BlueNext 현물시장에 대해 가격발견기능이 존재하는 것으로 해석할 수 있다. 또한 Hasbrouk(1995)가 제안한 Hasbrouk 비율 역시 Baba and Inada(2009)가 제시한 방법에 따라 산출하였다. Hasbrouk 상한값과 하한값 계산식은 다음과 같다.

$$H_{Lower} = \frac{\lambda_2^2\left\{\sigma_1^2 - (\frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_2^2})\right\}}{\lambda_2^2\sigma_1^2 - 2\lambda_1\lambda_2\sigma_{12} + \lambda_1^2\sigma_2^2} \quad (4)$$

$$H_{Upper} = \frac{(\lambda_2\sigma_1 - \lambda_1\frac{\sigma_{12}}{\sigma_1})^2}{\lambda_2^2\sigma_1^2 - 2\lambda_1\lambda_2\sigma_{12} + \lambda_1^2\sigma_2^2} \quad (5)$$

상기의, Hasbrouk의 하한값과 상한값은 각각 H_{Lower}, H_{Upper}이며 여기서, λ_1과 λ_2는 식(1)과 식(2)에서 오차수정계수이다. 또한 σ_1, σ_2 그리고 σ_{12}은 식(1)과 식(2)에서 $\varepsilon_{1,t}$, $\varepsilon_{2,t}$의 분산과 공분산을 의미한다.[1)]

III. 실증분석

1. 시계열의 안정성 검정

시계열분석(time series analysis)에서 우선 수행해야 할 것은 시계열이 정상인가를 확인하는 일이다.

본 연구에서는 실증분석에서 사용되는 변수들의 시계열 자료들이 안정성(stationary)을 가지는 지를 살펴보기 위해 단위근 검정(unit root test)을 수행하였다. 단위근 검정 방법 중 가장 널리 알려진 ADF(Augmented Dickey - Fuller)와 ADF 단위근 검정과 귀무가설이 반대로 되어 있는 KPSS (Kwiatkowski-Phillips - Schmidt-Shin) 검정을 실시하였다. 이들 중에서 ADF 단위근 검정의 귀무가설은 단위근을 가진다라는 비정상성을 염두에 두고 있고, 이와 달리 KPSS는 귀무가설을 단위근이 없다라는 정상성에 염두에 두고 있어서 ADF는 귀무가설을 기각하는 데 어려움이 있으며 KPSS는 귀무가설을 쉽게 수용하도록 하고 있다.

<표 3> 단위근 검정

		수준변수		수익률	
		EUA_F	BlueNext_S	EUA_F	BlueNext_S
ADF	상수항, 추세 미포함	-0.68	-0.81	-30.07**	-29.71**
	상수항 포함	-2.29	-0.66	-30.10**	-29.75**
	상수항, 추세 포함	-0.81	-2.31	-30.19**	-29.70**
KPSS	상수항 포함	2.280**	2.305**	0.397	0.258
	상수항, 추세 포함	0.704**	0.708**	0.035	0.038

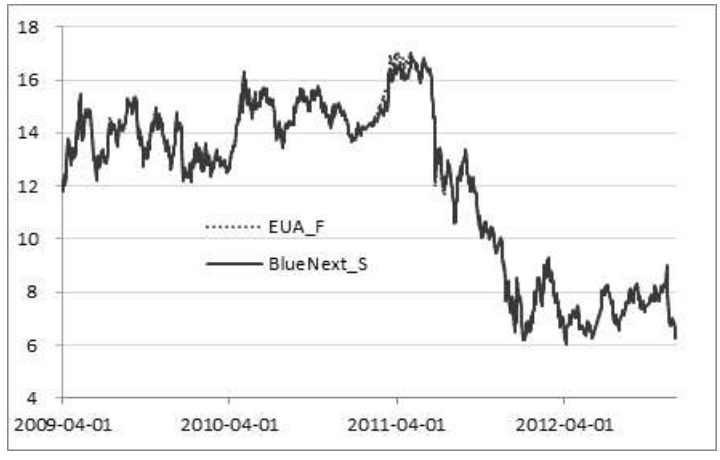
주) 1. **, * 은 각각 1%, 5% 수준에서 통계적으로 유의
2. ADF 단위근 검정의 경우 1% 수준에서의 임계값은 상수항과 추세 미포함, 상수항만 포함, 상수항과 추세 포함에 대해 각각 -2.57, -3.43, -3.96이고, KPSS 단위근 검정은 1% 수준에서 임계값(Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin, 1992)은 상수항만 포함, 상수항과 추세 포함에 대해 각각 0.73, 0.22임

1) 결과값에 대한 해석은 Baba and Inada(2009) 참고하길 바란다.

ADF와 KPSS의 단위근 검정 결과가 <표 3>에 제시되어 있다. ADF 단위근 검정에서 수준변수의 경우 '단위근이 존재한다'는 귀무가설을 기각하지 못함으로써 이들은 불안정적인 시계열임을 알 수 있다. 또한 KPSS 단위근 검정에서는 '단위근이 존재하지 않는다'라는 귀무가설을 기각하지 못하는 것으로 나타났다. 이와 같이 단위근을 가지는 시계열의 특징은 안정적인 성향이 나타나지 않는 것으로 평균, 분산 그리고 공분산이 모두 일정한 틀에서 벗어나 불규칙하게 변동한다. 본 연구에서 단위근 검정의 결과는 공적분분석을 수행하기 위한 두 시계열 모두 I(1)과정을 따른다는 것을 만족시키고 있음을 알 수 있다. 이를 토대로 VECM을 이용하여 탄소배출권 현물과 선물 간의 가격발견기능에 대한 분석을 수행할 것이다. 시계열 자료를 로그 차분한 수익률은 예상대로 모두 안정적인 것으로 나타났다.

2. 공적분 검정 및 VECM

공적분은 Granger and Engle(1987)에 의해 도입된 개념으로 금융·경제시계열을 분석하는데 효과적으로 사용된다. 공적분은 벡터시계열을 대상으로 그것을 구성하는 비정상인 개별 시계열 사이의 관련성, 특히 개별 시계열들의 공통행위나 조합효과 등을 다루는 개념이다(김해경·이명숙 2005).



<그림 1> EUA 선물과 BlueNext 현물의 시계열 추이

이러한 개념은 다양한 시계열 사이에 존재할 수 있는 장기균형(long-term equilibrium) 관계 등을 설명하는 지수 및 가격 시계열자료의 분석에 적용되는 중요 개념이다.

<그림 1>은 탄소배출권 EUA 선물가격과 BlueNext 현물의 시계열 추이를 나타낸 것으로 시계열이 일정기간 같은 방향으로 직선이나 곡선의 형태로 하향하는 경향인 추세를 가지고 있음을 볼 수 있다. 또한 이러한 두 시계열은 시각적인 특징이 관찰되는데, 단위근을 갖는 이 비정상적인 두 시계열은 각기 자기의 확률추세를 가지고 있지만 표본경로는 서로 큰 차이 없이 동행하는 특징을 보이고 있다. 이러한 특징으로 봤을 때 두 탄소배출권 EUA 선물가격과 BlueNext 현물가격은 공적분 관계가 있음을 짐작할 수 있다.

<표 4> Johansen 공적분 검정

귀무가설	Trace 검정 (p=2)		Max-Eigen 검정(p=2)		SBC
	통계량	임계값 (5%)	통계량	임계값 (5%)	
None	78.40	18.17	72.97	16.87	-1.90
At most 1	5.43	3.74	5.43	3.74	-1.96

주) $\lambda_{trace}(r) = -N\sum_{i=r+1}^{n}\ln(1-\hat{\lambda}_i)$, $\lambda_{\max}(r, r+1) = -Nln(1-\hat{\lambda}_{r+1})$단, N은 샘플의 수, $\hat{\lambda}_i$은 이 샘플을 기초로 추정된 공적분 백터에서 얻어지는 λ_i의 추정값

공적분 분석결과가 <표 4>에 제시되어 있다. 공적분 분석 시 시차를 결정하는 것이 중요한데 이를 위해 VAR(p)모형에서 SBC가 가장 낮은 값으로 공적분 시차 p를 2로 결정하여 분석을 수행하였다. 탄소배출권 EUA 선물가격과 BlueNext 현물가격 간에 '공적분 관계가 존재하지 않는다'라는 귀무가설에 대해 trace 검정통계량 값은 78.40으로 5%의 임계값보다 높으므로 귀무가설이 기각됨을 알 수 있다. 또한 귀무가설이 'at most 1'인 경우에는 trace 검정통계량 값이 5.43이고 5% 임계값이 3.74이므로 귀무가설을 기각하지 못하는 것으로 나타나서 공적분 관계가 존재함을 알 수 있다. 또한 max 검정에서도 trace 검정에서와 동일한 결과를 보임에 따라 탄소배출권 EUA 선물가격과 BlueNext 현물가격 간에는 장기적 균형관계, 즉 공적분 관계가 존재하는 것으로 나타났다.

<표 5> VECM 분석결과

	EUA_F	BlueNext_S
	Δ(EUA_F)	Δ(BlueNext_S)
오차수정계수(λ_1, λ_2)	0.115	0.314**
Δ(EUA_F(-1))	-0.353**	-0.041
Δ(BlueNext_S(-1))	0.357**	0.046
Trend	-0.001	0.001
상수	0.009	-0.003

주) **, * 은 각각 1%, 5% 수준에서 통계적으로 유의

EUA 선물가격과 BlueNext 현물가격 간에 공적분 관계가 존재하므로 본 연구에서는 Engle-Grander이 제안한 ECM(error correction model)을 이용하여 선물시장이 현물시장에 대해 가격발견기능이 존재하는지에 대해 알아볼 것이다. 분석모형에서 VAR모형을 이용하게 되면 자료를 과도하게 차분하게 되어 비정상시계열이 가지는 공통확률추세와 같은 고유한 정보가 소실될 수 있으므로 공적분관계가 있는 시계열 자료 간에는 ECM을 사용하는 것이 바람직하다. ECM은 두 시계열이 갖는 비정상성들을 차분을 하지 않고 동적이고 안정적인 장기균형을 도출할 수 있는 장점을 가진다.

식(1)과 (2)에 따라 분석한 VECM 결과가 <표 5>에 제시되어 있다. 추정결과 오차수정계수인 λ_2는 통계적으로 유의한 값을 보였다. 이러한 결과는 탄소배출권 BlueNext 현물가격은 EUA 선물가격에 의해 장기관계로부터 일시적으

로 이탈하더라도 장기균형점으로 조절됨을 의미한다. 또한 EUA 선물가격의 변화 ΔEUA_F은 자기 과거의 변화인 ΔEUA_F(-1)에 의해 영향을 받음과 동시에 BlueNext 현물가격 ΔBlueNext_S(-1)에 의해서도 영향을 받고 있음을 알 수 있다.

식(1)과 식(2)에서 구한 오차수정계수인 λ_1, λ_2 값이 <표 5>에 제시되어 있다. 식(1)과 (2)에서 탄소배출권 EUA 선물시장이 가격발견기능이 존재한다면 오차수정계수인 λ_1은 통계적으로 비유의한 값을, λ_2는 통계적으로 유의한 양(+)의 값을 가져야 한다. 반대로 BlueNext 현물시장이 가격발견기능을 지닌다면 λ_1은 통계적으로 유의적인 음(-)의 값을, λ_2는 통계적으로 비유의적인 값을 가져야 한다(Baba and Inada, 2009). 결과에 의하면 λ_2는 1% 수준에서 통계적으로 유의한 양의 값을 가지고 있고 λ_1는 비유의적인 값을 지니고 있으므로 탄소배출권 EUA 선물은 다른 거래소에서 거래되고 있는 BlueNext 현물가격에 대해 가격발견기능을 가지는 것으로 나타났다.

<표 6> 가격발견 정보비율

정보 비율	λ_1	λ_2	Granger-Gonzalo	Hasbrouck		
				Has_1	Has_2	H_a
결과값	0.115 (1.24)	0.314** (3.47)	1.577	0.164	0.989	0.576

주) 1. **, * 은 각각 1%, 5% 수준에서 통계적으로 유의
2. 괄호 ( )은 z 통계량을 나타낸 것임

한편, Gonzalo and Granger와 Hasbrouck는 1995년 연구에서 벡터오차수정모형 식(1)과 식(2)에서 구한 λ_1, λ_2의 값들이 가격발견기능에 있어서 중요한 정보를 제공함을 주장하였다. 이러한 연구결과를 바탕으로 본 연구에서는 Granger-Gonzalo 정보비율과 Hasbrouck 정보비율을 이용하여 분석을 수행한 결과가 <표 6>에 제시되어 있다. Baba and Inada(2009)에 따르면 Granger-Gonzalo 비율과 Habrouck의 정보비율 평균이 0.5보다 높으면 EUA 선물시장은 BlueNext 현물시장에 대해 시장발견기능이 존재하는 것이 되고, 0.5보다 낮으면 BlueNext 현물시장이 선물시장에 대해 가격발견기능을 가지게 된다.

Granger-Gonzalo 정보비율은 1.577이므로 0.5보다 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 이러한 결과는 EUA 선물시장이 BlueNext 현물시장 대해 가격발견기능이 존재함을 의미한다. 또한 Hasbrouck의 정보비율의 하한값, 상한값이 각각 0.164, 0.989이고 이들의 평균값 H_a가 0.576은 0.5보다 높은 값을 가지므로 강건하게 EUA 선물시장이 BlueNext 현물시장 대해 시장발견기능이 있는 것으로 나타났다.

탄소배출권 EUA 선물은 ICE 거래소에서 거래되고 현물은 BlueNext 거래소에서 거래되더라도 이들 두 시장 간에 정보교환이 효율적으로 이뤄지고 있음을 알 수 있다. 또한 ICE 선물시장은 다양한 정보들을 집합시키고 반영시키는 역할을 하고 있음을 짐작할 수 있다.

IV. 결 론

우리나라도 2015년 초에 탄소배출권거래제가 한국거래소에서 시행될 예정이다. 본 연구는 EU

ETS에서 거래되고 있는 탄소배출권 현물시장에 대해 선물시장이 가격발견기능의 역할을 수행하는 지에 실증분석하였다. 또한 서로 다른 거래소에서 거래되고 있는 선물시장과 현물시장 간의 정보교환이 효율적으로 이뤄지고 있는 지에 대해서도 알아보았다. 분석을 위해 2009년 4월 1일부터 2012년 11월 30일까지 총 899개의 일일 자료를 이용하였다.

벡터오차수정모형에서 오차수정계수 λ_2는 통계적으로 유의한 양(+)의 값을 가졌고 λ_1은 비유의적인 값을 보였다. 이는 탄소배출권 EUA 선물시장이 BlueNext 현물시장에 대해 가격발견기능에 있어서 우월한 역할을 하는 것으로 해석할 수 있다. 이에 대한 추가적인 분석인 Granger-Gonzalo와 Hasbrouck의 정보비율에서도 동일하게 EUA 선물시장은 현물시장에 대해 가격발견기능이 존재한다는 결과를 얻었다. 그리고 이러한 결과는 서로 다른 거래소에서 거래되더라도 선물시장과 현물시장 간에 탄소배출권과 관련된 정보 교환이 효율적으로 이뤄지고 있음을 말해준다.

탄소배출권 거래제의 궁극적인 목적은 온실가스의 감축이며 이러한 목적이 성공적으로 달성되기 위해서는 탄소배출권 시장이 효율적으로 운영되어야 한다. 시장의 성공 여부는 여러 가지 요인들이 있겠지만 현물시장에서 거래가 활발히 이뤄져야 하며, 또한 현물가격의 장래 기대가격이라 할 수 있는 선물가격이 형성되는 선물시장은 정보의 효율성에서 현물보다 우월한 역할을 수행해야 한다. 본 연구는 내년에 시행될 탄소배출권 거래제와 관련하여 현물시장에 대해 선물시장의 가격발견기능 존재 여부를 선제적으로 분석한 점에서 의미 있다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 김영민(2013), 탄소배출권 거래시장 특성을 반영한 배출권가격 예측 모델 개발, 연세학술논집, 57, 1-20.
2. 김수경(2013) ETF의 정보효과에 관한 연구, 경영과 정보연구, 32(3), 285-297.
3. 김해경, 이명숙(2005), 경제 및 금융자료를 위한 시계열 분석, 경문사.
4. 김홍배, 김명종, 노승재(2013), CDS 시장과 외평채 시장간 차익거래 및 변동성이전, 금융공학연구, 12(1), 51-74.
5. 김홍배, 강상훈(2011), CDS 시장과 외환시장 간 가격발견 및 변동성이전, 선물연구, 19(1), 37-58.
6. 모정윤, 양승룡, 조용성(2005), 국제 탄소 배출권 가격의 일물일가 검정 및 동태적 분석, 자원·환경경제연구, 14(3), 569-593.
7. 박광수, 이영기(2013), 금융위기의 유럽 탄소배출권시장에 대한 영향 분석, 유럽연구, 31(2), 209-237.
8. 박순철, 조용성(2013) 탄소배출권의 최적 헤지비율과 시간변동성에 관한 연구 : EU ETS의 EUA와 CER을 중심으로, 환경정책연구, 12(4), 93-117
9. 부기덕, 정기호(2011), SVECM 모형을 이용한 탄소배출권 가격 연구, 자원・환경경제연구, 20(3), 53-565.
10. 부기덕, 정기호(2011), 벡터오차수정모형을 이용한 유럽 탄소배출권가격 분석, 한국데이터정보과학회지, 22(3), 401-412.
11. 서상구(2011) 한국국채선물시장에서의 가격발견기능에 관한 연구, 경영과 정보연구, 30(2), 257-275.
12. 설윤(2012), 탄소배출권 가격 변동성 분석: EU-ETS 현물가격을 이용하여, *Journal of*

the Korean data analysis society, 14(2), 991-1001.
13. 손영화(2013), 합리적인 탄소배출권거래제도에 관한 연구, 기업법연구, 27(3), pp.343-402.
14. 이상구, 옥기율(2012) VKOSPI와 KOSPI200 현선물간의 선도 지연 관계에 관한 연구, 경영과 정보연구, 31(4), 1-22.
15. 이은정, 박명섭(2014), 유럽시장의 탄소배출권(EUA) 가격 결정요인에 관한 연구 : 1단계와 2단계로 구분하여, 무역연구, 10(2), 427-452.
16. 임대봉(2009), 국제유가와 주가의 관계 분석, 산업경제연구, 22(5), 2421-2436.
17. 홍정효(2010), 원유 현선물시장간의 가격발견기능에 관한 연구, 산업경제연구, 24(3), 1265-1277.
18. Baba, N. and Inada, M.(2009) Price discovery of subordinated credit spreads for Japanese mega-banks: Evidence from bond and credit default swap markets, *Journal of International financial Markets, Institutions & Money*. 19, 616-632.
19. Bataller, M. M., J. Chevallier, Morgan (2010), The EUA-sCER Spread: Compliance Strategies and Arbitrage in the European Carbon Market, Mission Climate Working Paper.
20. Bopp, A. E. and S. Sitzer(1987), Are petroleum futures prices good predictors of cash value?, *Journal of Futures Markets*, 7(6), 705-719.
21. Brooks, C., A. G. Rew and S. Ritson(2001), A trading strategy based on the lead-lag relationship between the spot index and futures contract for the FTSE 100, *International Journal of Forecasting*, 17, 31-44.
22. Chevallier J.(2011), Anticipating correlations between EUAs and CERs: a dynamic conditional correlation GARCH model, *Economics Bulletin*, 31(1), 255-272.
23. Chevallier, J.(2010), EUAs and CERs: Vector autoregression, impulse response function and cointegration analysis, *Economics Bulletin*, 30(1), 558-576.
24. Chou, R. K. and H. Chung(2006), Decimalization, trading costs, and information transmission between ETFs and index futures, *Journal of Futures Markets*, 26, 131-151.
25. Engel, R. and C. Granger(1987), Cointegration and error-correction representation, estimation and testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
26. Fan, J. H., E. Roca and A. Akimov(2014), Estimation and performance evaluation of optimal hedge ratios in the carbon market of the European Union Emissions Trading Scheme, *Australian Journal of Management*, 39(1), 73-91.
27. Gonzalo, J. and Granger, C.(1995), Estimation of common long-memory components in cointegrated systems. *Journal of Business and Economic Statistics*, 13(1), 27-35.
28. Hasbrouck, J.(1995), One security, many markets: determining the contributions to price discovery. *Journal of Finance*, 50(4), 1175-1199.
29. Koutmos and Tucker(1996), Temporal relationships and dynamic interactions between spot and futures stock markets. *Journal of Futures Markets*, 16, 55 - 70.
30. Tse, Y. K.(1999) Price discovery and volatility spillovers in the DJIA index and futures markets, *Journal of Futures Markets*, 19(8), 911-930.

Abstract

An Empirical Study on Price discovery between Emission Spot and Futures Markets in EU ETS Emission Markets

Kim, Soo-Kyung*

This study investigates price discovery between BlueNext spot and futures in EU ETS carbon emission markets using vector error correction model, GG and Hasbruck information ratio. Especially EUA is European Union Allowances traded on the Emissions Trading Scheme. This emission asset attracts and increasing attention among operators, investors and brokers on emission markets.

In this study, we found BlueNext spot and EUA futures market are cointegrated. Following the preceding studies, we judged that EUA futures market contribute to the price discovery process than BlueNext spot market when this GG and Hasbrouck information ratio for BlueNext market are larger than 0.5. In other words, the futures market of EUA plays a more dominant role in price discovery than the spot market.

Key Words: Price Discovery, Carbon Emission, EUA, GG, Hasbrouck Information ratio

* Professor, Dept. of Finance & Accounting, Tongmyong University, ksk17826@tu.ac.kr