

탄소배출권의 최적 헤지 비율과 시간변동성에 관한 연구: EU ETS의 EUA와 CER을 중심으로

박순철¹⁾ · 조용성²⁾*

Analysis of Time-Varying Optimal Hedge Ratio and Effectiveness for
Carbon Prices : EUA and CER of EU ETS

Soonchul Park¹⁾ · Yongsung Cho²⁾

1) 고려대학교 식품자원경제학과 박사과정(Dep. of Food and Resource Economics, Korea University)

2) 고려대학교 식품자원경제학과 교수(Dep. of Food and Resource Economics, Korea University)

제출: 2013년 8월 26일 수정: 2013년 11월 4일 승인: 2013년 12월 5일

국문 요약

유럽 배출권시장에서 거래되고 있는 현물 탄소배출권과 선물 탄소배출권을 대상으로 분석기간을 달리하며 최적 헤지 비율과 헤지 효과를 분석한 결과, 시간의 변동성을 고려한 경우와 시간의 불변성을 가정한 경우간의 분석결과는 별 다른 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 헤지 목적에 따라 헤지 효과는 유사하지만 최적 헤지 비율의 차이가 존재하는 것으로 분석되었고, 헤지 시행 기간이 짧을수록 헤지 효과는 불안정하게 나타났다. EUA의 경우 6주, CER의 경우에는 7주 이상의 헤지 시행 기간을 고려하는 것이 헤지 효과가 안정적인 것으로 분석되었다. 한편 CER 선물 배출권을 대상으로 분석한 결과 수익률 차원에서는 교차 헤지의 타당성이 미약한 것으로 나타났다.

주제어 탄소배출권, 배출권거래제, 최적헤지비율, 교차 헤지, 헤지 성과

Abstract

We analyze the optimal hedge ratio and hedge effectiveness with different periodic times between spot and futures on EUA and CER based on EU-ETS. The Main finding are as follows.

The first, hedging model which considers the time-varying variance is not more accurate than non-time-varying hedging models. The second, optimal hedge ratios are different even though hedge effectiveness is similar for the hedging purpose. The third, hedge effectiveness has uncertainty if hedge period is short. In case of EUA it needs to over 6 weeks and CER needs to over 7 weeks. The fourth, cross hedge with CER futures is not suitable for profit ratios.

Keywords allowance, offsets, ETS, optimal hedge ratio, cross hedging, hedge effectiveness

I. 서론

지구의 대기 중 온실가스 농도 안정화를 목적으로 기후변화협약(UNFCCC)이 1992년 채택된 이후, 기후변화의 원인으로 인식되고 있는 온실가스를 줄이기 위한 국제적 노력이 지속되어 왔다. 당사국총회를 필두로 1997년에는 제1차 공약기간(2008~12) 동안 선진국들을 대상으로 감축목표를 부여하는 집행력을 보여주었고, 2013년부터 제2차 공약기간(2013~20)이 진행되고 있다. 또한 다른 국제회의에서도 기후변화 문제는 주요 의제로 논의되는 글로벌 이슈로 자리 잡으며, 문제의 해법을 찾기 위한 국제적 논의가 지속되고 있다.

이러한 가운데 배출권거래제도(Emissions Trading Scheme : ETS)와 연계된 탄소시장은 기후변화 문제의 주요 해결방안 중 하나로 평가되고 있으며, 지난 20여 년간 기후변화 논의가 진행되면서 괄목할만한 성과 중 하나로 국제탄소시장의 성장을 지적하는 전문가들도 적지 않다.

ETS는 참여 대상에 온실가스 배출의 상한(Cap)을 설정하고 이에 상응하는 배출권을 할당한 후 거래하는 제도로, 할당된 배출권 이외에 참여대상의 경계 밖에서 수행된 감축활동을 상쇄(Offsets)로 인정하고 이에 상응하는 상쇄배출권을 발행한다. 일반적으로 할당배출권과 상쇄배출권을 의무준수에 사용하도록 인정하고 있다. 배출권은 의무준수를 위한 운영기간 단위로 생성되며, 운영기간 만료 후에 원칙적으로 모두 소멸되지만, 의무준수 판별 이후에 남은 잉여 배출권을 차기 운영기간으로의 이월(Banking)을 허용하기도 한다. 이와 같이 배출권은 여타 상품과는 달리 ETS에서 규정한 운영기간에 따라 생성·거래·소멸되는 특징이 있다.

우리나라의 경우 2009년도에 2020년까지 기준시나리오(Business-As-Usual : BAU) 대비 30% 감축의 국가 중기 온실가스 감축 목표를 설정하고, 국가 목표 달성을 위한 업종별 감축 목표를 발표하였다. 또한 국가 목표 달성을 위한 정책 중 하나로 「온실가스 배출권 할당 및 거래에 관한 법률」이 2012년 11월 15일부터 시행됨에 따라 국내 ETS 제도의 제1차 계획기간이 2015년부터 시작될 예정이다. 법률에 따라 일정 기준 이상의 온실가스 배출업체¹⁾는 ETS 제도의 할당 대상이 되며, 할당 대상 업체로 지정된 경우 할당배출권 외에 외부 감축사업을 통해 발행된 상쇄배출권을 할당량의 10% 이내로 의무준수 달성에 사용이 가능하다. 이에 따라 국내 탄소시장은 할당배출권과 상쇄

1) 업체 기준 : 125,000 tCO₂e/년 이상, 사업장기준 : 25,000 tCO₂e/년 이상.

배출권이 거래되는 시장을 형성할 것으로 예상된다.

이에 앞서 유럽연합(EU)은 교토의정서상의 국가 감축목표 달성을 위한 정책의 하나로 2005년부터 ETS를 운영하고 있다²⁾. 발전, 철강, 정유, 시멘트, 제지 등 에너지다소비 업종이 주 대상이며, 운영기간을 3년, 5년, 8년으로³⁾ 구분하여 적용 대상 설비(Installation)에 대해 유럽연합배출권(European Union Allowance : EUA)을 할당하고 있다. 설비 운영자는 설정된 의무준수 이행을 위해 할당받은 EUA의 상호거래가 가능하며, 교토의정서에서 규정한 Certified Emission Reductions(CERs)와 Emission Reduction Units(ERUs)을 상쇄배출권으로 이용할 수 있다⁴⁾. Phase 2의 경우 할당량 대비 평균 13.4%까지 상쇄배출권을 의무준수에 활용 가능하다(Maria Mansanet- Bataller et al., 2010).

<표 1>은 Phase 2 기간의 연도별 할당량과 의무준수 사용량을 나타낸다. EUA의 경우 의무준수 사용 비중이 매년 감소한 반면, CER·ERU의 사용 비중은 증가하는 추세로 2011년의 경우 의무준수 사용 비중이 12.5%로 증가하였다.

표 1 EU-ETS 배출권별 의무준수 사용량(Phase 2)

년 도	할당량 (백만톤)	의무준수 사용량 (백만톤)				할당량대비 상쇄비율(%)
		EUA	CER	ERU	합 계	
2008년	1,950	1,983 (96.0%)	83 (4.0%)	0.048 (0.0%)	2,066 (100%)	4.3
2009년	1,965	1,802 (95.7%)	77 (4.1%)	3 (0.2%)	1,882 (100%)	4.1
2010년	1,913	1,787 (93.1%)	113 (5.9%)	19 (1.0%)	1,919 (100%)	6.9
2011년	2,005	1,609 (86.6%)	175 (9.4%)	75 (4.0%)	1,859 (100%)	12.5
합 계	7,833	7,181 (92.9%)	449 (5.8%)	98 (1.3%)	7,728 (100%)	-

자료 : Carbon Market Data(2013) 내용을 토대로 재구성.

2) Directive 2003/87/EC.

3) Phase 1 : 2005~07년, Phase 2 : 2008~12년, Phase 3 : 2013~20년.

4) Directive 2004/101/EC.

이와 같이 ETS상의 의무준수 이행과정은 탄소 시장을 통한 배출권 거래의 필요성을 증가시키는 동인으로 작용한다. 배출권의 시장가격은 수요와 공급 원리에 의해 변동하며, EUA와 CER의 가격은 2008년도 각각 평균 20.44유로와 17.49유로에서 2012년에는 7.47유로와 3.11유로로 63%와 82% 하락하였다(Bluenext).

이러한 배출권 가격의 변동은 설비운영자 입장에서 시장 위험 요인으로 인식되며, 가격 변동 위험에 대한 헤지(hedge) 수요를 발생시킨다. 헤지란 현물시장과 반대의 포지션을 선물시장에서 취함으로써 현물시장의 가격변동으로 인한 위험을 감소시키는 것을 의미한다. 헤지(hedger)가 제거한 가격위험은 가격의 차액을 노리고 선물거래에 참여하는 투기자에게 전가되며, 선물시장이 원활히 작동하면 선물을 이용한 헤지는 다른 방법들에 비해 보다 저렴하게 가격위험을 관리할 수 있다. 실제 EU-ETS 내 거래소에는 현물(Spot), 선물(Futures), 옵션(Option) 등의 다양한 상품이 거래되고 있으며, 설비 운영자 이외에도 브로커(broker), 금융사 등이 시장에 참여하고 있다.

동일한 상품의 현물 가격과 그 현물에 대한 선물 가격 간에는 일반적으로 양(+)⁵⁾의 상관관계가 존재하며, 상관관계가 높을수록 헤지 효과는 커진다. 동일 상품의 현물 가격을 선물 가격으로 헤지하는 것을 직접 헤지(direct hedge)라고 한다. 반면 헤지를 원하는 현물에 대한 선물이 선물시장에서 거래되지 않더라도 현물가격과 상관관계가 있는 유사한 선물을 이용하면 헤지가 가능하며, 이를 교차 헤지(cross hedge) 또는 간접 헤지(indirect hedge)라 한다⁵⁾.

또한 헤지를 원하는 현물상품 수량에 대한 선물상품의 수량 비율을 헤지 비율(hedge ratio)이라 하며, 최적 헤지 비율(optimal hedge ratio)은 헤지를 하고자 하는 현물상품과 선물상품으로 구성된 포트폴리오의 위험을 최소화하는 헤지 비율을 의미한다.

탄소시장에서 거래되는 배출권의 헤지 연구는 앞으로 국내 탄소배출권 거래시장에서 할당 대상 업체의 의무준수를 위한 리스크를 관리하는 방안으로 활용할 수 있다는 점에서 중요한 연구 주제가 된다.

기존의 탄소배출권에 대한 헤지 연구(John Hua Fan et al., 2010; Carlos Pinho et al., 2010)는 주로 헤지를 추정하는 모형별 비교와 이를 적용하는 실증 연구를 중심으로 진행되었다. John Hua Fan et al.(2010)는 EU-ETS상의 Phase 1의 전 기간과 Phase 2 기간 중 2008~09년의 현물과 선물 자료를 대상으로 최적 헤지 비율과 헤지 효과(hedge

5) 본 연구에서는 교차 헤지로 용어를 통일하여 사용하였다.

effectiveness : HE)를 추정하였다. 헤지 모형별 효과에서 시간의 경과에 따른 헤지 비율이 일정하다고 가정하는 시간 불변 헤지 모형이 시간 변동 헤지 모형보다 헤지 성과가 우수하다는 결론을 내렸다. 반면, Carlos Pinho et al.(2010)은 EUA의 2005~09년의 현물 가격과 2009년 만기가 도래하는 선물 가격 자료를 대상으로 최적 헤지 비율을 추정한 결과, 시간의 경과에 따라 헤지 비율이 변동한다고 가정하는 시간 변동 헤지 모형의 방법론적 우수성이 모호하다는 결론을 내렸다.

이와 유사하게 타 상품에 대한 최적 헤지 비율의 실증적 연구에서도 시간 변동 헤지 모형이 시간 불변 헤지 모형보다 우수하다는 연구결과(옥기울, 1997; 김석진 외, 2007, 2008; 임병진, 2009)가 있는 반면, 시간 불변 헤지 모형이 우수하거나 차이를 발견하기 어렵다는 분석결과를 내놓은 연구들(정진호 외, 2002; 이재하, 한덕희, 2002; 문규현, 홍정효, 2003; 홍정효, 2011)도 존재하였다.

또한, 교차 헤지의 경우에는 상호 다른 상품의 교차 헤지 가능성을 실증 분석하는 연구가 제한적으로 진행되었다. 임병진(2011)은 KOSPI 200 주가지수 선물을 이용한 홍콩의 주가지수의 교차 헤지에 대한 타당성을 분석하였고, 김주일, 문규현(2011)은 KOSPI 200 지수선물과 스타지수선물의 각 현물시장에 대한 직접 헤지와 교차 헤지의 유용성에 대해 실증분석하였다.

한편, 포트폴리오 보유기간(헤지 기간)에 대한 연구에서 강석규(2009)는 미국 시카고 상업거래소(Chicago Mercantile Exchange)의 돈육선물을 대상으로 헤지를 시행하는 기간에 따른 헤지 성과를 실증 분석한 결과 헤지 기간이 길어진다고 해서 헤지 성과가 개선되는 것은 아니라는 결과를 도출하였다. 반면, 이상학, 양승룡(2001)은 시카고상품거래소(Chicago Board Of Trade)의 옥수수과 대두를 대상으로 분석한 결과 3개월 미만의 단기 헤지일 경우 헤지 효과의 변동이 심했으나, 그 이상의 장기 헤지인 경우에는 매우 높고 안정적인 헤지 효과를 나타낸다고 분석하였다.

이상의 연구결과들을 종합해 보면, 최적 헤지 비율에 대한 추정 방법론 간의 평가는 분석 대상이 되는 상품에 따라 상이하다는 특징이 존재하였다. 이는 연구 대상에 따라 시장에서의 가격 변동 요인 및 시장 특징이 다르고, 동일 상품의 경우에도 분석 자료의 기간과 헤지를 시행하는 기간의 설정 등이 다를 경우 일반화할 수 있는 결과를 도출하기 어려운 문제점을 내포하고 있다.

본 연구에서는 EUA 현물의 가격 변동을 EUA 선물을 이용한 직접 헤지(direct hedge)와 CER 선물을 이용한 교차 헤지를 통한 헤지 효과와 헤지를 시행하는 기간별로 헤지

효과를 비교하였다. ETS의 특성상 상쇄 배출권은 할당 배출권과 동일하게 의무준수 이행을 위해 사용되고 있지만, 배출권을 대상으로 수행된 선행 연구에서는 상쇄 배출권을 이용한 할당 배출권의 교차 헤지의 타당성과 헤지 시행 기간에 따른 효과에 대한 연구는 수행된 바가 없다.

또한, 배출권에 대한 선행연구(John Hua Fan et al., 2010; Carlos Pinho et al., 2010)에서 분석 모형간의 상대적 우수성에 대한 상이한 의견을 제시하고 있으며, 분석 대상 기간에 따라 상이한 결과가 도출될 수 있음을 감안하여 Phase 2 전 기간을 대상으로 시간 불변성을 가정한 모형과 시간 가변성을 가정한 모형을 모두 이용하여 분석하였다.

우리나라의 ETS는 제1차 계획기간에서 제2차 계획기간으로 이월을 허용하고 있어 EU-ETS의 Phase 2와 이월 규정이 동일하다⁶⁾. 이에 본 연구에서는 Phase 2의 거래소 자료를 토대로 전 기간을 대상으로 분석하고, 비교의 편의를 위해 선행 연구에서 추정 에 사용된 모형과 동일한 방법을 CER 선물을 이용한 교차 헤지의 최적 헤지 비율에 적용하였다. 또한 헤지 시행 기간에 따른 효과성은 헤지 기간을 1주 단위로 계속 증가시킬 경우 헤지 효과의 기간별 변화를 분석하였다. 이러한 결과들은 향후 탄소 시장의 특징 분석, ETS의 의무 준수 전략 수립 그리고 탄소시장을 활용한 의무준수 리스크 관리 등 다양한 연구에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 분석모형에 대해 설명하고, 제3장에서는 분석 자료의 통계적 특성과 실증분석 결과를 기술하였다. 제4장에서는 주요 연구결과와 본 연구의 제약 및 한계점에 대해 기술하였다.

II. 분석 모형

선물 거래를 이용한 전통적인 헤지 방법은 최소 분산 헤지(minimum variance hedge)로, 최소 분산 헤지 비율만큼의 선물 계약을 현물포지션과 반대로 거래함으로써 현물 포지션의 위험을 관리하는 방법이다. 따라서 최소 분산 헤지는 현물과 선물로 구성된 포트폴리오의 변동성을 최소화하는 데 중점을 두며, 현물 가격과 선물 가격의 공분산을 선물 가격의 분산으로 나누어 산정할 수 있다. 결국, 헤지 비율은 현물과 선물 가격의

6) EU-ETS의 경우 Directive 2003/87/EC의 ETS 운영규정에서 Phase 1에서 Phase 2로의 이월은 금지하고 있으나, Phase 2에서 Phase 3로의 이월은 허용하고 있다.

분산에 의해 결정됨으로 분산을 추정하는 모형에 따라 결과가 상이해진다. 전통적인 추정 모형은 시간 변화에 관계없이 분산이 일정(constant)함을 가정한 시간 불변 최적 헤지 비율로 추정한다. 이 방법은 추정이 간편하지만, 시간 변화에 따른 분산의 변화를 반영하지 못하는 단점이 있다. 반면, 시간 변동 최적 헤지 비율의 경우에는 시간의 경과에 따른 분산의 변화를 반영함으로써 보다 현실 상황에 근접한 장점을 갖고 있지만 추정이 상대적으로 복잡한 단점이 있다.

1. 헤지 비율의 추정

1) 시간 불변 헤지 모형

(1) 최소자승법

최소자승법(Ordinary Least Squares : OLS)은 선물 가격을 독립 변수로 현물 가격에 대한 회귀분석을 시행하고, 분석된 회귀식의 기울기 계수를 최적 헤지 비율로 정의한다. 기울기 계수는 선물가격의 분산과 현물·선물 가격의 공분산 비율이 된다. 식 (1)에서 변수 P_S 와 P_F 는 각각 현물과 선물의 가격(차분 또는 로그차분)을 나타내며, α 와 H 는 추정하고자 하는 모수이며, ϵ_t 는 회귀 분석의 오차 항이다.

$$P_S = \alpha + H(P_F) + \epsilon_t \quad \text{식 (1)}$$

$$\text{단, } H = \frac{\sigma_{sf}}{\sigma_f^2}$$

OLS에 의해 추정된 헤지 비율(H)은 추정이 간편하고 용이하다는 장점을 갖고 있다. 그러나 현물과 선물 시장의 위험이 헤지 기간 동안 일정하다고 가정하여 헤지를 시행하는 시기와 관계없이 헤지 비율이 동일하다. 그러나 현실에서는 가격에 영향을 주는 새로운 정보가 시장에 유입될 경우, 이에 따라 자산의 위험도 변하기 때문에 OLS로 추정된 헤지 비율이 최적 헤지 비율이 아닐 수도 있다.

또한 이론적으로 배출권의 현물가격과 선물가격 간에 공적분(cointegration) 관계가 성립할 경우, OLS는 과도하게 데이터를 차분하여 가격 간의 장기적 균형 관계를 불분명하게 만드는 단점이 존재한다.

(2) 벡터오차수정모형

만약 현물가격과 선물가격 간에 장기적으로 평균에 수렴하는 공적분 관계가 있는 경우에는 이를 모형에 반영하는 것이 필요하다. 벡터오차수정모형(Vector Error Correction Model : VECM)은 변수들 간의 장기적인 균형 관계를 모형 내에 반영할 수 있는 장점을 갖고 있다. 이와 관련하여 본 연구에서는 현물가격과 선물가격 간의 공적분 검정을 수행하고, 검정결과가 유의한 경우 적절한 벡터(δ)를 추정하여 이를 오차수정 항으로 식에 포함하였다.

만일 $S_{t-1} = \delta F_{t-1} + \epsilon_{t-1}$ 이고, $S_{t-1} \sim I(1)$, $F_{t-1} \sim I(1)$ 에서 $\epsilon_{t-1} = S_{t-1} - \delta F_{t-1} \sim I(0)$ 이 되는 벡터(δ)를 추정한 후, 이를 현물배출권의 수익률($R_{s,t}$)과 선물배출권의 수익률($R_{f,t}$)을 나타내는 식 (2)와 식 (3)에 포함시키면 다음과 같은 식을 도출할 수 있다.

$$R_{s,t} = \beta_{1,0} + \beta_{1,1}(S_{t-1} - \delta F_{t-1}) + \beta_{1,2}R_{s,t-1} + \beta_{1,3}R_{f,t-1} + \epsilon_{s,t} \quad \text{식 (2)}$$

$$R_{f,t} = \beta_{2,0} + \beta_{2,1}(S_{t-1} - \delta F_{t-1}) + \beta_{2,2}R_{s,t-1} + \beta_{2,3}R_{f,t-1} + \epsilon_{f,t} \quad \text{식 (3)}$$

$$\text{단, } e_t = \begin{bmatrix} \epsilon_{s,t} \\ \epsilon_{f,t} \end{bmatrix} \sim N(0, \sigma_t), \quad \sigma_t = \begin{bmatrix} c_{ss} & c_{sf} \\ c_{fs} & c_{ff} \end{bmatrix}$$

e_t : (2×1)잔차의 벡터

σ_t : 잔차의 분산-공분산 행렬

$c_{ss}, c_{ff}, c_{sf}, c_{fs}$: 잔차의 분산 공분산

$S_{t-1} - \delta F_{t-1}$: 오차수정항

VECM에서 최적 헤지 비율은 배출권의 현물가격과 선물가격 간의 공분산을 선물가격의 분산으로 나눈 비율을 사용한다. 그러나 VECM으로 추정한 헤지 비율도 현물 시장과 선물 시장에서의 위험이 헤지 기간 동안 일정하다고 가정하기 때문에, 새로운 정보의 유입에 따른 자산의 위험 변화를 반영하지 못하는 이론적 문제는 여전히 존재한다.

2) 시간 가변 헤지 모형 : 이변량 GARCH(1,1) 모형

배출권시장에 새로운 정보가 유입되는 경우, 배출권 자산의 위험 변동을 헤지 비율에 반영해야 한다. 즉, 위험의 변동성이 일정하지 않고, 시간에 따라 확률적으로 변할

수 있는 시간변동성(time-varying)을 모형에 추가해야 한다.

본 연구에서는 헤지 비율이 시간에 따라 변동하는 특성을 반영하여 조건부 분산과 공분산을 고려할 수 있는 이변량 GARCH(Bivariate Generalized AutoRegressive Conditional Heteroscedasticity) 모형을 사용하였다. 이 모형은 Bollerslev(1986)의 단일 시계열 GARCH 모형을 확장한 것으로 조건부 분산과 공분산 과정이 각각 GARCH(1,1) 과정을 따르는 것을 가정하고 있다.

현물배출권과 선물배출권 가격 사이의 공적분 관계가 존재하는 경우에는 VECM 모형에서 사용한 공적분 관계식을 오차 수정 항으로 포함시킨 이변량 GARCH(1,1) 모형을 사용한다. 하지만 이변량 GARCH(1,1) 모형은 식 (5)에서 볼 수 있듯이 모수 행렬 VC, VA, VB를 추정해야 하므로 추정해야 할 계수의 수가 무려 21개가 되는 제약을 갖고 있다. 이러한 한계점을 개선한 연구로는 Engle and Kroner(1995)가 대표적이다. Engle and Kroner(1995)는 식 (5)와 같은 모형을 사용하여 추정해야 하는 계수의 수가 과도하게 많은 문제점을 계수 행렬 VA, VB를 대각행렬(diagonal matrix)로 가정하여, 추정할 계수를 식 (6)과 같이 9개로 줄여 해결하고 있다.

$$h(H_t) = VC + VAvech(e_{t-1}e'_{t-1}) + VBvech(H_{t-1}) \quad \text{식 (4)}$$

$$(H_t) = \begin{bmatrix} h_{ss,t} \\ h_{sf,t} \\ h_{ff,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} VC_{10} \\ VC_{20} \\ VC_{30} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} VA_{11} & VA_{12} & VA_{13} \\ VA_{21} & VA_{22} & VA_{23} \\ VA_{31} & VA_{32} & VA_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{s,t-1}^2 \\ e_{s,t-1}e_{f,t-1} \\ e_{f,t-1}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} VB_{11} & VB_{12} & VB_{13} \\ VB_{21} & VB_{22} & VB_{23} \\ VB_{31} & VB_{32} & VB_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{ss,t-1} \\ h_{sf,t-1} \\ h_{ff,t-1} \end{bmatrix} \quad \text{식 (5)}$$

$$(H_t) = \begin{bmatrix} h_{ss,t} \\ h_{sf,t} \\ h_{ff,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} VC_{10} \\ VC_{20} \\ VC_{30} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} VA_{11} & 0 & 0 \\ 0 & VA_{22} & 0 \\ 0 & 0 & VA_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_{s,t-1}^2 \\ e_{s,t-1}e_{f,t-1} \\ e_{f,t-1}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} VB_{11} & 0 & 0 \\ 0 & VB_{22} & 0 \\ 0 & 0 & VB_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{ss,t-1} \\ h_{sf,t-1} \\ h_{ff,t-1} \end{bmatrix} \quad \text{식 (6)}$$

단, $vech(\cdot) : N \times N$ 행렬의 하방삼각행렬을 $N(N+1)/2$ 벡터로 정렬한 vector-half 연산자

$vech(A)$ 연산자는 A의 하방삼각 행렬을 차례로 구성해 얻는 A의 모든 유일한 원소들로 구성된 벡터를 나타낸다(Hamilton, 1994). 아울러 헤지 비율은 표본기간 동안 시간에 따라 변하는 시간변동 헤지비율이 된다.

2. 헤지 효과 분석

Ederington(1979)은 헤지 효과를 헤지를 실시하지 않은 상태에서의 현물 보유에 따른 위험($Var(U)$) 대비 선물을 이용해 헤지를 수행한 경우($Var(H)$)의 감소된 위험정도로 정의하고, 헤지를 통한 분산제거 헤지 효과(HE)를 식 (7)과 같이 정의하였다.

$$\text{헤지효과}(HE) = \frac{Var(U) - Var(H)}{Var(U)} \quad \text{식 (7)}$$

$$Var(U) = \sigma_s^2 \quad Var(H) = \sigma_S^2 + H^2\sigma_F^2 - 2H\sigma_{SF}$$

단, $Var(H)$: 헤지하였을 때의 분산

$Var(U)$: 헤지하지 않았을 때의 분산

헤지 효과는 1에 가까울수록 헤지를 통한 위험 제거 효과가 큰 것을 의미하며, 0의 경우에는 위험 제거 효과가 없음을 의미한다. 헤지 효과의 계산은 표본내(in-sample) 기간과 표본외(out-of-sample) 기간에 의한 산정 방식이 존재한다. 표본내(in-sample) 기간에 의한 추정 방법은 헤지 모형이 미래의 현물과 선물가격에 대한 완벽한 예측이 가능하다고 가정하고, 동일한 표본기간 내에서 헤지 비율과 헤지 효과를 동시에 추정하는 방법이다. 반면, 표본외(out-of-sample) 기간의 경우 표본내 기간에 대해 헤지 모형을 통해 최적 헤지 비율 추정 후, 미래 기간에 적용하는 방법이다⁷⁾. 현실 상황에서 헤지는 과거의 정보를 통해 미래의 불확실한 상황을 대비할 목적으로 사용되기 때문에, 표본외 기간에 따른 헤지 효과에 더 관심을 둔다. 본 연구에서는 표본외 기간에 대한 헤지 효과를 추정하였다.

III. 실증 분석 결과

1. 분석 자료의 통계적 특성

분석에는 EU ETS 제2기(Phase 2) 기간 동안의 EUA 현물배출권과 선물배출권 그리

7) 예를 들어, 최적 헤지 비율을 추정하기 위한 기간이 2008~11년이고, 헤지 효과를 추정하기 위한 기간이 2011년인 경우 표본 내 기간이고, 2012년인 경우 표본외 기간이 된다.

고 CER 현물배출권과 선물배출권의 거래 자료를 이용하였다⁸⁾. 현물배출권 가격의 경우에는 블루넥스트(BlueNext)의 자료를, 선물배출권 가격의 경우에는 European Climate Exchange (ECX)의 일일(daily) 증가를 이용하였다⁹⁾. 분석에 사용된 표본 자료는 블루넥스트에서 CER 현물 상품 거래시작일인 2008년 8월 12일부터 2012년 11월 30일까지의 일일 자료(총 1,064개)이다¹⁰⁾.

표본 자료의 배출권별 현물가격과 선물가격의 기초 통계량은 <표 2>와 같다. 현물기준 EUA 가격은 최소 6.04유로에서 최대 25.19유로로 약 3.17배가 증가한 반면, CER은 최소 0.72유로에서 최대 20.90유로로 약 28배 증가하였다. 또한 CER은 EUA보다 변이계수(coefficient of variation)가 높아 상대적 안정성이 떨어지는 특성을 보였다.

표 2 EUA와 CER의 기본 통계량

통 계 량	EUA		CER	
	현물가격 (톤/유로)	선물가격 (톤/유로)	현물가격 (톤/유로)	선물가격 (톤/유로)
평 균	12.8179	12.9190	10.2105	10.1848
표준편차	3.9239	3.9765	4.4668	4.4763
중 양 값	13.4050	13.5650	11.7500	11.6650
최 대 값	25.1900	25.1900	20.9000	21.2000
최 소 값	6.0400	6.0700	0.7200	0.7200
변이계수	0.3061	0.3078	0.4375	0.4395

주: 변이계수(coefficient of variation) = 표준편차 / 평균

본 연구에서는 전체 표본을 표본내 기간과 표본외 기간, 둘로 나누어 표본내 기간을 대상으로는 최적 헤지 비율을, 표본외 기간을 대상으로는 헤지 효과를 추정하였다.

한편 다음 <표 3>에 나타나 있듯이 현물배출권 가격과 선물배출권 가격 간에는 양(+)의 상관관계가 존재하는 것으로 분석되었다. EUA의 경우 상관계수는 0.9990, CER의

8) ERU의 경우 블루넥스트 현물상품이 2011.11월에 출시되어 Phase 2 전 기간에 대한 분석의 어려움으로 제외하였다.

9) 상호 다른 거래소의 가격 자료를 사용한 사유는 모정준 외(2005)의 연구에서 EU-ETS내 존재하는 배출권 거래소들의 동일 배출권 가격에 대해 일물일가의 법칙이 성립함을 증명한 바 있고, 현물의 경우 블루넥스트, 선물의 경우 ECX의 시장 점유율이 가장 높기 때문이다.

10) 블루넥스트의 경우 2012.12.5일을 기점으로 폐장되었고, 분석의 편의를 위해 11.30일까지로 설정하였다.

경우 0.9991로 높은 정(+)의 관계가 성립한다. 특이한 점은 EUA 현물 가격과 CER 선물 가격 간에 높은 상관관계(0.9683)가 성립해 교차 헤지 가능성을 보여주고 있다.

표 3 EUA와 CER의 상관관계 분석

구 분		EUA		CER	
		현 물	선 물	현 물	선 물
EUA	현 물	1.0000	0.9990	0.9622	0.9683
	선 물	0.9990	1.0000	0.9642	0.9704
CER	현 물	0.9622	0.9642	1.0000	0.9991
	선 물	0.9783	0.9704	0.9991	1.0000

EUA와 CER의 현물 가격과 선물 가격은 모두 단위근(unit-root)이 존재하는 불안정한 시계열 특성을 나타내며, 두 시계열은 공적분 관계가 성립함은 기존 연구를 통해 증명된 바 있다(John Hua Fan et al., 2010; Julien Chevallier, 2010; George Daskalakis et al., 2009)¹¹⁾.

이러한 선행연구를 토대로 교차 헤지의 대상인 EUA 현물 가격과 CER 선물 가격을 대상으로 공적분 검정(cointegration test)을 추가로 실시하였다. 공적분 관계가 존재한다는 것은 변수들 사이에 공유되는 공통의 확률적 추세가 존재하여 장기적 균형 관계를 갖는다는 의미이다. 배출권의 현물과 선물가격이 공적분 관계에 있다면, 공적분식을 오차 수정 항을 포함하는 시계열 모형으로 분석하는 것이 바람직하다.

다음 <표 4>에 나타나 있듯이 EUA와 CER의 현물과 선물 가격 간의 공적분 관계 여부를 Engle-Granger(1987) 방식을 이용해 검정한 결과, 공적분 관계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 공적분 검정 결과를 바탕으로 평균 방정식에 공적분식을 오차 수정 항으로 회귀방정식에 포함시킨 모형을 사용하여 헤지 효과를 분석하였다.

11) 선행연구에서 단위근 검정은 ADF(Augmented Dickey-Fuller), PP(Philips-Peron) 테스트를 적용하였다.

표 4 공적분 검정결과

수준 변수	tau 통계량	차분 변수	tau 통계량
EUA 현물 EUA 선물	-6.0776(***)	EUA 현물 EUA 선물	-11.8274(***)
CER 현물 CER 선물	-3.5901(**)	CER 현물 CER 선물	-12.7554(***)
EUA 현물 CER 선물	-3.3641(**)	EUA 현물 CER 선물	-15.1472(***)

주: ***(**)는 1%(5%) 수준에서 유의한 값을 의미함

자료 분석 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 분석 대상이 되는 EUA와 CER의 현물가격과 선물가격은 단위근이 존재한다(이 결과는 선행연구결과와 동일). 둘째, 공적분 검정결과 배출권의 현물가격과 선물가격 간의 공적분 관계가 있다는 귀무가설을 5% 유의수준에서 기각하지 못함으로써 적어도 1개 이상의 공적분 관계가 있는 것으로 추측된다.

2. 실증 분석 결과

1) 주요 변수

본 연구에서 ETS 참여 대상인 설비운영자의 경우 정부로부터 배출권을 할당받고 의무준수 달성을 위해 배출권을 거래하기 때문에 현물 포지션의 가치 변화에 따른 손실을 최소화할 목적으로 거래시장에 참여한다고 가정하였다. Joanne Hill et al.(1983)은 헤지의 입장은 잠재적인 손실의 최소화이기 때문에 수익률변수 대신 차분변수를 사용하는 것이 적절함을 지적하였다. 식 (8)과 식 (9)와 같이 배출권 차분변수는 當期の 배출권 가격에서 前期의 배출권 가격을 차감한 배출권 가격 변화량을 사용하였다.

$$d(EUA) = EUA_t - EUA_{t-1} \quad \text{식 (8)}$$

$$d(CER) = CER_t - CER_{t-1} \quad \text{식 (9)}$$

2) 직접 헤지와 교차 헤지 분석 결과 비교

EU-ETS에서 CER은 의무준수 참여자가 EUA를 대신해 등가의 비율로 의무준수를 달성하는 데 사용할 수 있으므로 EUA 대체재의 기능이 존재한다고 볼 수 있다. 본 연

구에서는 CER의 가격은 EUA의 가격보다 상대적으로 낮아 의무준수 참여자 입장에서 교차 헤지를 통해 가격 변동 리스크를 줄임과 동시에 의무준수에 수반되는 비용도 낮출 수 있는 기회를 제공할 수 있다고 가정하였다. EU-ETS에서 의무준수에 사용된 CER의 양은 2008년 약 82백만 톤이었으나, 해마다 증가하여 2012년에는 약 212백만 톤이 사용되었다(Carbon Market Data, 2013).

헤지 비율 추정을 위해 2008년 8월 12일부터 2012년 6월 30일까지 총 959개 자료를 표본內 기간으로 설정하고, 표본外 기간은 2012년 7월 1일부터 2012년 11월 30일까지 5개월간 105개 자료를 대상으로 헤지 효과를 추정하였다. 모형별로 최적 헤지 비율 및 헤지 효과를 추정한 결과는 <표 5>와 같다. 우선 현물의 가격 위험에 대해 CER은 약 90%, EUA는 약 94%의 최적 헤지 비율을 나타내는데, 이는 보유하고 있는 현물의 수량 대비 헤지 비율만큼의 선물 수량을 거래하는 것이 위험을 제거하는 데 효과적임을 의미한다.

반면, 설비운영자 입장에서 EUA에 대한 직접 헤지와 교차 헤지는 모형별로 0.9406에서 0.9436인 반면, 교차 헤지의 경우 0.9787에서 1.0738로 직접 헤지가 교차 헤지에 비해 우수한 것으로 나타났다. 이는 직접 헤지를 사용할 때 보다 더 적은 선물을 이용하여 분산의 많은 부분을 제거할 수 있기 때문에 직접 헤지를 이용하는 것이 보다 효율적임을 시사한다.

표 5 추정 모형별 최적 헤지 비율

대 상	직접 헤지				교차 헤지	
	$d(CER)$		$d(EUA)$			
	헤지비율	헤지성과	헤지비율	헤지성과	헤지비율	헤지성과
OLS	0.9017 (1)	0.8265 (3)	0.9436 (3)	0.9654 (1)	1.0738 (3)	0.3824 (1)
VECM	0.9047 (2)	0.8268 (2)	0.9406 (1)	0.9654 (1)	0.9787 (1)	0.3789 (3)
GARCH	0.9055 (3)	0.8269 (1)	0.9414 (2)	0.9654 (1)	0.9839 (2)	0.3793 (2)

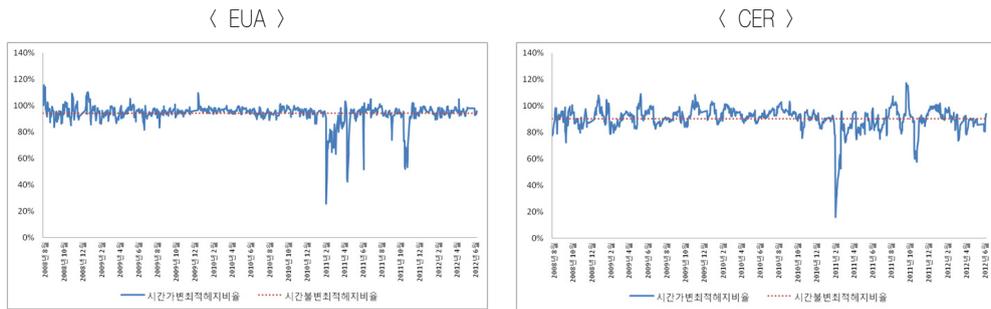
주: () 안은 추정 모형별 상대적 선호도.

직접 헤지의 경우 배출권별 헤지 효과는 CER의 경우에는 약 82%, EUA는 약 96%의 분산 제거 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히, EUA의 경우 헤지 기간에 대한 평균 헤지 효과가 96%인 반면, 교차 헤지 효과는 약 37~38%로 낮아, 직접 헤지가 교차 헤지에 비해 우월한 것으로 나타났다. 이는 CER 선물을 이용해 EUA의 가격 위험을 관리하는 것은 적절하지 못함을 시사한다.

모형별로는 CER의 경우 GARCH 모형이 타 모형에 비해 헤지 효과가 유사하거나 우수하고, EUA는 모형별 헤지 효과가 동일한 반면, 교차 헤지의 경우에는 OLS 추정 결과가 상대적으로 우수하게 나타나고 있어, 어느 한 특정 모형이 우수하다는 결론을 내리기 어렵다. 이는 헤지 효과 측면에서 평가할 때, 시간 변동 헤지 비율이 시간 불변 헤지 비율에 비해 항상 좋은 성과를 도출하지는 못한다는 기존 연구결과와 동일한 결과이다.

다만, 시간 변동성을 고려한 GARCH 모형의 경우, 헤지 비율이 시간에 따라 변하기 때문에 이를 반영해 최적 헤지 비율 경로(path)를 도출해 볼 수 있다. 최적 헤지 비율 경로는 표본내 기간을 대상으로 추정된 최적 헤지 비율을 연결한 선으로 EUA와 CER의 최적 헤지 비율 경로는 <그림 1>과 같다. <그림 1>에서 보듯이 시간 변동성을 고려한 경우, 최적 헤지 비율은 헤지 기간 중 헤지 비율을 일정하게 가정하는 것보다 시간 변동성을 고려해 헤지 포지션의 변화를 주는 것이 효율적임을 알 수 있다.

그림 1 최적 헤지 비율 경로

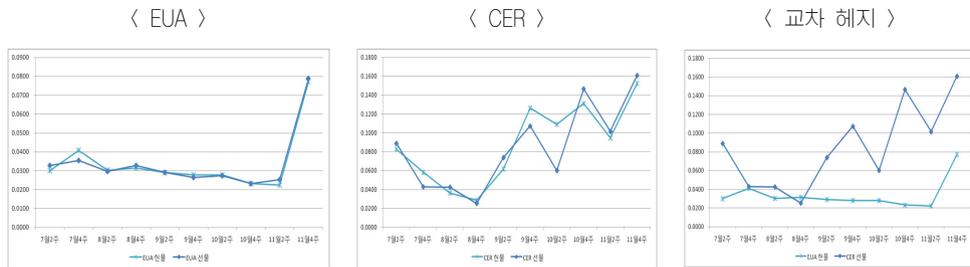


주: 시간 불변 최적 헤지 비율의 헤지 효과는 OLS 추정 결과임.

3) 헤지 목적과 헤지 기간별 헤지 효과

앞서 분석에서는 헤지를 시행한 이후에 헤지 포지션의 변화가 없는 경우의 평균적인 헤지 효과를 측정하는 것을 대상으로 하였다. 본 절에서는 헤지 목적과 보유 기간에 따른 헤지 효과의 변화를 추정하였다. 헤지 효과의 추정을 위한 기간은 2012년 하반기(7월~11월)를 대상으로 하였다. 이 기간은 배출권의 과잉공급 문제로 EUA와 CER의 시장 가격이 모두 하락하고 EUA와 CER의 가격차(spread)가 넓어져 가격 변동이 불안정한 특징을 보이는 시기이다. 이 기간의 통계적 특징은 <그림 2>와 같이 변이 계수에 서도 나타난다. EUA의 경우 11월을 제외하고 전반적으로 변이 계수가 낮은 반면, CER의 경우에는 11월에 가까울수록 높은 변이 계수를 나타내고 있다¹²⁾. 변이 계수가 높다는 것은 평균 대비 표준 편차가 높다는 의미로 배출권 가격의 불안정성이 높음을 의미한다. 따라서 이 기간에 보다 유의미한 헤지 효과의 비교가 가능하다.

그림 2 표본외 기간의 변이계수



(1) 헤지 목적에 따른 비교

ETS에 참여하는 설비운영자는 현물 포지션의 가치 변화에 따른 손실을 최소화할 목적으로 거래시장에 참여하는 반면, 설비운영자가 아닌 타 시장참여자들은 배출권 보유 의무가 없기 때문에 수익률을 최대화할 목적으로 거래시장에 참여한다고 가정한다¹³⁾.

이를 반영하여 거래참가자를 설비운영자와 타 시장참여자로 구분하고 각각 배출권

12) 2012년 11월에 EU-ETS에서는 배출권 가격의 하락을 우려해 정책적으로 가격을 상승시키고자 Back-loading Plan(Phase 3기간중 2013-15년간의 경매량을 줄이고, 2018-20년의 경매량을 늘리는 계획)에 대한 논의가 있었다. 또한 CER의 경우 일부 사업 유형(아디핀산 생산시 발행하는 N₂O 감축, HFC₂₂ 생산시 부산물로 발생하는 HFC23의 감축사업)에서 발생된 CER은 2013년 5월 1일부터 EU-ETS내 통용이 제한된다.

13) 브로커, 금융사가 주로 이에 해당하며, 파생상품 시장에서 주로 활동하지만, 유동성 공급자로 현물 시장에서 현물을 매입 또는 매수하는 행위를 하기도 한다.

의 차분변수와 수익률변수를 이용하였다. 식 (10)과 식 (11)에서 보듯이 배출권 수익률 변수는 當期の 배출권 가격을 前期의 배출권 가격으로 나누고 자연로그를 취한 후, 100을 곱한 비율을 사용하였다.

$$R(EUA_t) = \ln \frac{EUA_t}{EUA_{t-1}} \times 100 \quad \text{식 (10)}$$

$$R(CER_t) = \ln \frac{CER_t}{CER_{t-1}} \times 100 \quad \text{식 (11)}$$

최적 헤지 비율 추정은 분석의 용이성을 위해 OLS를 이용하였다. 2008년 8월 12일부터 2012년 6월 30일까지 959개 자료를 이용하여 추정하였고, 표본외 기간은 분석의 편의를 위해 <표 6>과 같이 2012년 7월 1일부터 2주 간격으로 구분하여 제1 기간의 헤지 효과를 산출하였다. 이후 제2 기간과 같이, 처음에 사용된 959개 중 첫 2주 분을 제외하고, 2012년 7월 2주간 자료를 새로이 포함시켜 제2 기간의 최적 헤지 비율을 추정하였고, 추정된 헤지 비율을 2012년 7월 2주분 이후를 표본외 기간으로 적용하여 헤지 효과를 추정하였다. 이를 통해 총 10기간으로 구분하여 추정하였다.

표 6 분석 대상 기간

기 간	표본내 기간	표본외 기간	기 간	표본내 기간	표본외 기간
1 기간	08. 8월~12. 6월	7. 1일~7.13일	6 기간	08.10월~12. 9월	9.10일~ 9.26일
2 기간	08. 8월~12. 7월	7.16일~7.23일	7 기간	08.11월~12. 9월	10. 4일~10.12일
3 기간	08. 9월~12. 7월	7.30일~8.10일	8 기간	08.12월~12.10월	10.22일~11. 2일
4 기간	08. 9월~12. 8월	8.13일~8.24일	9 기간	09. 1월~12.11월	11. 5일~11.16일
5 기간	08.10월~12. 8월	8.27일~9.7일	10기간	09. 1월~12.11월	11.19일~11.30일

다음 <그림 3>은 차분변수와 수익률변수에 대한 추정 기간별 최적 헤지 비율과 헤지 효과를 나타낸다. 직접 헤지의 경우 헤지 효과는 차분 변수와 수익률 변수가 유사한 반면, 최적 헤지 비율은 차분 변수와 수익률 변수의 차이가 존재하였다. 우선 변이 계수가 높은 CER의 경우 차분 변수의 헤지 비율보다 수익률 변수의 헤지 비율의 변동이

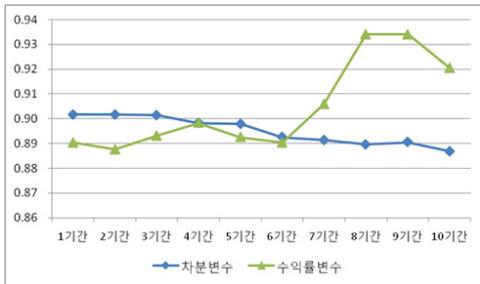
높게 나타났다. 6기간 내는 차분 변수의 헤지 비율이 높았지만 6기간 이후로는 수익률 변수의 헤지 비율이 더 높아졌다.

반면, 상대적으로 변이 계수가 낮은 EUA의 경우 전 기간에 걸쳐 수익률 변수가 차분 변수보다 최적 헤지 비율이 높았다. 이는 유사한 헤지 효과를 유지하기 위해서 헤지 목적이 배출권 가격 변화에 따른 손실의 최소화인지, 수익률의 최대화인지에 따라 최적 헤지 비율을 달리 적용하는 것이 적합하다는 의미로 해석할 수 있다.

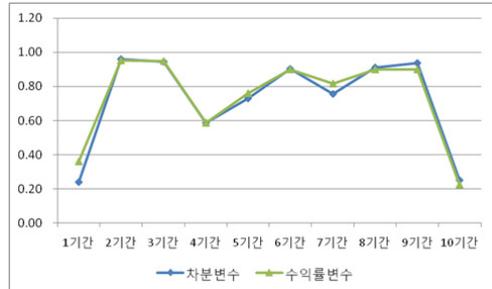
CER 선물을 사용해 EUA 현물 가격 위험을 교차 헤지하는 경우, 차분변수가 수익률 변수보다 전 기간 높은 최적 헤지 비율을 요구한다. 특이한 점은 차분 변수와 달리 수익률 변수의 헤지 효과는 매우 불안정하게 나타났다. 이는 잠재적으로 상관관계가 높더라도 헤지가 항상 유용한 결과를 나타내지 않으며, 배출권의 경우 수익률을 목적으로 교차 헤지를 시행하는 것은 적합하지 않다는 점을 시사한다.

그림 3 차분변수와 수익률변수의 헤지 효과

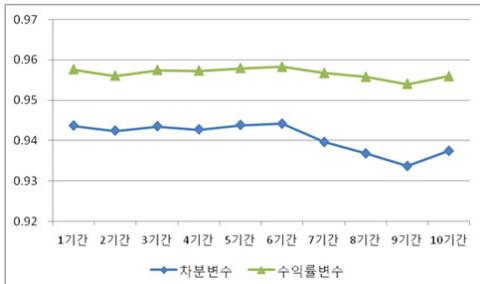
〈 최적 헤지 비율 : CER 〉



〈 기간별 헤지 성과 : CER 〉



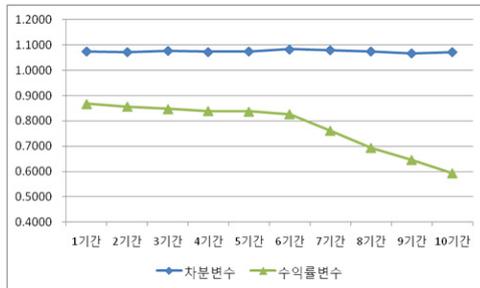
〈 최적 헤지 비율 : EUA 〉



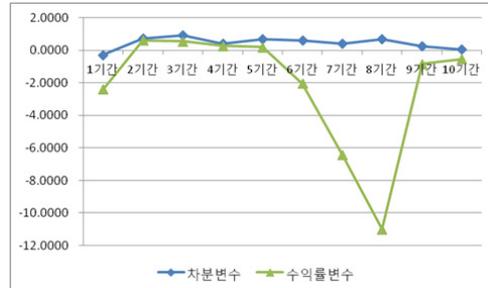
〈 기간별 헤지 성과 : EUA 〉



〈 최적 헤지 비율 : 교차 헤지 〉



〈 기간별 헤지 성과 : 교차 헤지 〉



(2) 헤지 시행 기간에 따른 비교

헤지 시행 기간별 헤지 효과를 추정하기 위해 <표 7>에서 보는 바와 같이 세 가지 시나리오를 구성하였다. 시나리오 1은 2008년 8월부터 2012년 6월말까지를 표본內 기간으로 설정해 최적 헤지 비율을 추정하고, 헤지 시행 기간을 2012년 8월부터 1주부터 16주까지 1주 단위로 증가시켜 헤지 효과를 추정하였다. 시나리오 2에서는 표본內 기간을 1개월 늘려 최적 헤지 비율을 추정하고, 2012년 9월부터 12주간의 헤지 효과를 추정하였다.

표 7 시나리오별 헤지 시행 기간

구 분	표본內 기간	표본外 기간 (헤지 시행 기간)	헤지 효과 측정
시나리오 1	2008.8.12~2012.7.31	2012.8.1~2012.11.30	총 16주를 1주단위로 추정
시나리오 2	2008.8.12~2012.8.31	2012.9.1~2012.11.30	총 12주를 1주단위로 추정
시나리오 3	2008.8.12~2012.9.30	2012.10.1~2012.11.30	총 8주를 1주단위로 추정

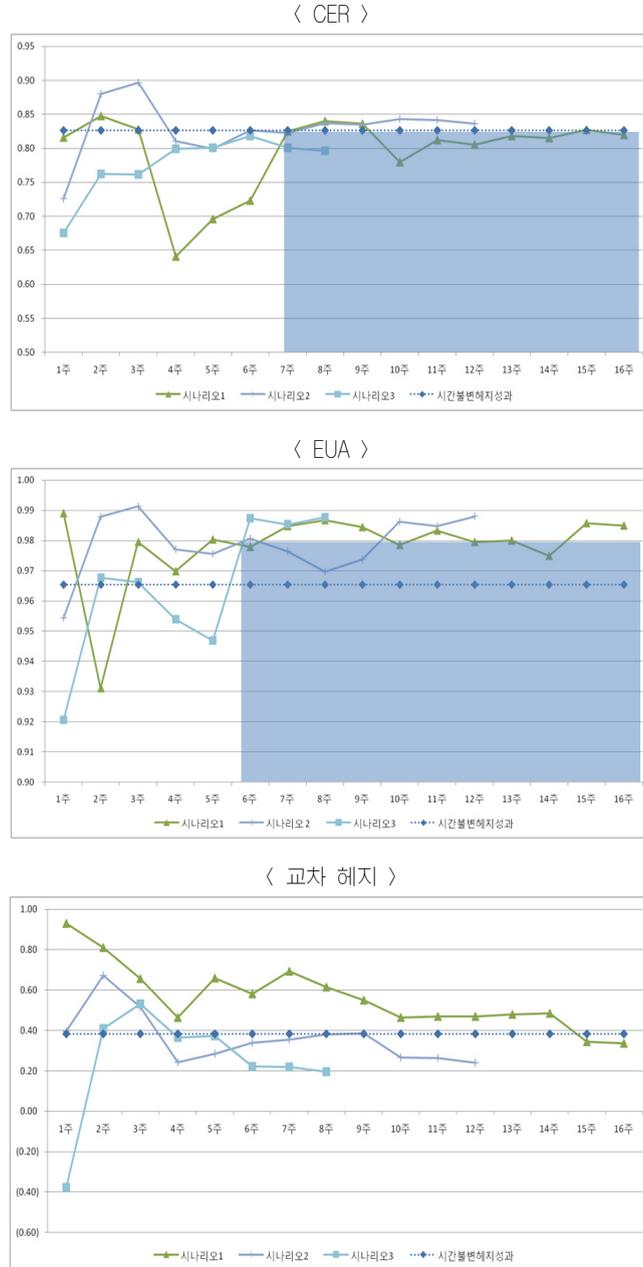
최적 헤지 비율은 차분 변수를 적용해 시간 가변성을 반영한 GARCH 모형을 사용하였다. 헤지 기간별 위험의 제거 효과를 나타내는 헤지 효과는 다음 <그림 4>와 같다. 변이 계수가 높은 CER의 경우 7주 이내에서는 모든 기간별 시나리오의 헤지 효과가 헤지 시행 기간에 따라 큰 차이를 나타내지만, 7주 이후부터 점차 평균적인 헤지 효과에 근접해 간다. 반면, 상대적인 변이 계수가 낮은 EUA의 경우 6주 이내에는 시나리오별 헤지 효과가 CER의 결과와 유사하게 헤지 시행 기간에 따른 큰 차이를 보이거나 6주

이후부터는 모든 시나리오가 평균적인 헤지 효과보다 높고, 이전 경우에서와 유사하게 점차 안정적인 헤지 효과를 나타냈다.

위와 같은 결과는 헤지 비율을 추정하는 기간에 따라 결과가 상이하기 때문에 절대적인 기준이 되기는 어렵지만, CER은 7주, EUA는 6주 이상의 헤지 시행 기간을 감안하여 헤지를 시행하는 것이 사전에 목표로 하는 헤지 효과에 근접할 수 있음을 시사한다.

이와 반대로 교차 헤지의 경우에는 시나리오 기간 동안 헤지 효과가 헤지 기간에 따라 차이를 보였다. 이는 교차 헤지의 경우 헤지 시행 기간과 관계없이 헤지 효과의 효용성이 떨어지는 것으로 분석된다.

그림 4 포트폴리오 보유기간별 헤지성과¹⁴⁾



14) 시간 불변 헤지 성과는 2008.8월부터 2012.6월까지를 대상으로 최소 자승법을 추정한 헤지 비율을 2012.7월부터 2012.11월을 헤지 기간으로 설정해 적용한 평균적인 헤지 성과이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 EU ETS에서 거래되고 있는 EUA와 CER의 현물과 선물 가격 자료를 토대로 직접 헤지와 교차 헤지의 최적 헤지 비율과 헤지 효과를 실증 분석하고, 헤지 시행 기간에 따른 헤지 효과를 추정하였다. 분석에 사용된 모형은 최소 분산 헤지를 기준으로 시간 경과에 따른 분산의 변화를 모형에 반영하지 않는 시간 불변 최적 헤지 모형과 이를 반영한 시간 변동 최적 헤지 모형을 모두 적용하였다. 또한 ETS 제도의 특성을 반영하여 가격 위험을 동일 품목의 선물 거래를 통해 헤지를 하는 직접 헤지의 경우와 CER의 선물 거래를 통해 EUA의 가격 위험을 헤지하는 교차 헤지로 구분해 헤지 효과를 비교 분석하였다.

최적 헤지 비율을 추정하는 모형별로 근소한 차이가 있지만 EUA의 경우 94%, CER의 경우 약 90%를 나타낸 반면, 교차 헤지의 경우에는 약 98%~1.07%로 나타났다. 이는 EUA를 기준으로 직접 헤지를 하는 경우가 교차 헤지를 하는 경우보다 더 적은 선물 거래를 통해 위험의 많은 부분을 제거할 수 있음을 의미한다. 헤지 효과를 표본외 방법을 통해 비교한 결과 EUA는 약 96%, CER은 약 82%로 나타난 반면, 교차 헤지의 경우 약 37~38%의 분산 감소 효과로 직접 헤지에 비해 상대적으로 낮은 성과를 나타냈다. 이를 토대로 실증 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 최적 헤지 비율 추정 모형별 헤지 성과가 유사하여 추정 모형 간의 차별성은 판단하기 어렵다. 다만, 최적 헤지 비율 경로 도출을 통해 시간 변동성을 고려한 헤지 모형이 시간 불변 헤지 모형에 비해 효율적인 것으로 분석되었다.

둘째, CER 선물을 이용한 교차 헤지의 경우 EUA 선물을 이용한 직접 헤지에 비해 헤지 성과가 낮고, 헤지 시행 기간에 관계없이 헤지 효과가 불안정하여 타당하지 않은 것으로 분석되었다.

셋째, 헤지를 시행하는 목적에 따라 헤지 효과는 유사하지만 최적 헤지 비율의 차이가 존재하므로 헤지를 시행하기 전에 헤지 목적을 명확히 정의할 필요가 있다. 교차 헤지의 경우 수익률을 목적으로 헤지를 시행하는 것은 유효하지 않은 것으로 분석되었다.

마지막으로 헤지를 시행하는 기간이 단기일 경우 헤지 효과의 안정성이 낮기 때문에 CER의 경우 최소 7주, EUA의 경우 최소 6주의 기간을 설정하여 헤지를 시행하는 것이 바람직하다.

한편, 배출권 시장은 온실가스의 감축을 목적으로 ETS에 의해 생성된 시장이므로 배출권의 주요 수요 동인이 의무준수 이행을 목적으로 발생되며, ETS와 관련된 정책의 변화에 영향을 많이 받는 시장이다. 특히, 주식 등 타 상품과 달리 배출권이 발행된 년도(vintage)가 중요한 특징을 갖고 있다. 2015년부터 시행될 우리나라 ETS의 경우에는 2020년까지 제3자의 시장참여가 제한되어 가격 변동 리스크의 헤지가 어려운 시장이 예상된다. 따라서 리스크 관리의 관점에서 선물 시장의 도입, 제3자의 시장 참여 인정 등과 같은 사안에 대한 추가 연구가 필요하다. 또한 향후 배출권시장은 선물시장의 운영 면에서 주식 시장이나 여타 시장과 어떠한 차이가 존재하며, 그 이유는 무엇인지 그리고 이러한 연구 성과가 배출권 시장의 설계에 있어서 선물시장의 도입필요성 및 도입 시기의 판단과 어떠한 관계가 있는지 등에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- 강석규. 2009. “돈육 선물계약의 헤징성과와 시장유효성에 관한 연구”. 「금융공학연구」 8-4.
- 김석진, 김향화, 도영호. 2008. “중국 동선물의 헤지성과”. 「경영학연구」 37-6.
- 김석진, 설병문, 도영호. 2007. “KOSPI 200 선물시장의 비대칭적 변동성과 헤지성과”. 「한국금융학회」 12-4.
- 김주일, 문규현. 2011. “KOSPI 200 지수선물시장의 스타지수 선물에 대한 교차헤지 성과 분석”. 「대한경영학회지」 24-4.
- 모정윤, 양승룡, 조용성. 2005. “국제 탄소배출권 가격의 일물일가 검증 및 동태적 분석”. 「자원·환경경제연구학회」 14.
- 문규현, 홍정효. 2003. “코스닥시장의 가격변동 위험관리”. 「선물연구」 11.
- 옥기울. 1997. “최적 헤지 비율의 시간변동성에 관한 연구 : 국내 주가지수선물시장을 대상으로”. 「선물연구」 5.
- 이상학, 양승룡. 2001. “수입곡물 가공업자의 가격위험 관리”. 「농업경제연구」 42-3.
- 이재하, 한덕희. 2002. “국채선물을 이용한 헤지전략”. 「선물연구」 10-2.
- 임병진. 2009. “상품선물시장의 헤지성과에 대한 실증적 연구 : 설탕선물을 중심으로”. 「금융공학연구」 8-4.
- 임병진. 2011. “홍콩 HANGSENG 주식투자 위험관리를 위한 KOSPI 200 주가지수선물을 이용한 교차헤지에 대한 실증적 연구”. 「재무관리총론」 17-1.
- 정진호, 임병진, 원종현. 2002. “국채선물을 이용한 헤지모형의 성과비교에 관한 연구”. 「재무연구」 15-2.
- 홍정효. 2011. “돈육선물시장의 헤지 성과에 관한 연구”. 「금융공학연구」 10-1.
- Bollerslev, T. 1986. “Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity”. *Journal of Econometrics*, 31(1): 34-105.
- Carlos Pinho, Mara Madaleno. 2010. *Hedging with CO2 allowances : the ECX Market*. Documentos de Trabalho em Economia Working Papers in Economics.
- Ederington, L. H. 1979. “The Hedging Performance of the New Futures Markets”. *Journal of Finance*, 34.
- Engle, Robert F. Granger, C. 1987. “Cointegration and Error Correction Representation, Estimation and Testing”. *Econometrica*, 55.
- Engle, R. F., Kroner, K. F. 1995. “Multivariate simultaneous generalized ARCH”. *Econometric Theory*, 11.

- George Daskalakis, Dimitris Psychoyios, Raphael N. Markellos, 2009. "Modelling CO2 emission allowance prices and derivatives : Evidence from the European Trading Scheme ". *Journal of Banking and Finance*, 33.
- Hamilton J. D. 1994. *Time Series Analysis*. Princeton University press.
- Joanne Hill, Joseph Liro, Thomas Schneeweis, 1983. "Hedging performance of GNMA futures under rising and falling interest rates". *Journal of Futures Markets*, 3.
- John Hua Fan, Eduardo Roca, Alexandr Akimov, 2010. "Estimation and Performance Evaluation of Optimal Hedge Ratios in the Carbon Market of the European Union Emissions Trading Scheme". *Australian Journal of Management*.
- Julien Chevallier, 2010. "EUAs and CERs : Vector Autoregression, Impulse Response Function and Cointegration Analysis". *Economic Bulletin*, 30.
- Maria Mansanet-Bataller, Julien Chevallier, Morgan, 2010 "The EUA-sCER Spread : Compliance Strategies and Arbitrage in the European Carbon Market". *Mission Climate Working Paper*
- BlueNext, 2012. *EUA/CER Spot*. <http://www.bluenext.fr> [2012.12.15]
- Carbon Market Data, 2013. <http://carbonmarketdata.com> [2013.5.5]
- ECX, 2012. *EUA/CER Futures*. <http://www.ecx.eu> [2012.12.17]