

한국 ETS시장, 에너지시장 및 주식시장 간의 동태적 상관관계에 관한 연구

A Study on the Dynamic Correlation between the Korean ETS Market, Energy Market and Stock Market

양 국 동* Guo-Dong Yang

이 은 화** Yin-Hua Li

I. 서론	V. 결론
II. 선행연구 검토	참고문헌
III. 연구모형 및 자료	Abstract
IV. 분석결과	

국문초록

본 논문은 한국 ETS시장, 에너지시장 및 주식시장 간의 동태적 조건부 상관관계를 분석하였다. 본 논문은 2015년 2월 2일부터 2021년 12월 30일까지의 한국 탄소배출권 거래가격, WTI원유 선물가격, 코스피지수의 일별 자료를 이용하여 실증분석하였다. 우선, GARCH 모형을 사용하여 세 시장의 변동성에 대해 분석한 후, 이변량 DCC-GARCH 모형을 사용하여 세 시장 간의 동태적 조건부 상관관계를 연구하였다. 연구결과는 다음과 같다. 첫째, 한국의 ETS시장이 주식시장보다 투자 수익률과 투자 위험도가 높은 것으로 나타났다. 둘째, 한국 ETS시장의 수익률 변동성이 외부 충격의 영향을 가장 많이 받고, 시장 자체의 변동성 정보로부터 받는 영향이 가장 작은 것으로 나타났다. 셋째, 한국 ETS시장이 WTI원유 선물시장보다 주식시장과의 상관관계의 지속성이 더 강한 것으로 나타났다. 본 논문은 한국 ETS시장, 에너지시장 및 주식시장 간의 상관관계를 분석하여 한국 ETS시장의 금융화 수준이 상당히 낮은 것을 확인하였다.

<주제어> 탄소배출권 거래제, 금융화, 동태적 조건부 상관관계, DCC-GARCH 모형

* 동국대학교 국제통상학과 대학원생(주저자), E-mail: yangguodong818@naver.com

** 동국대학교 국제통상학과 조교수(교신저자), E-mail: liyinhu1619@dongguk.edu

I. 서론

2000년대 들어 온실가스 배출을 감축하기 위해 세계 각국에서 청정에너지 개발, 탄소배출권 거래제(Emission Trading Scheme, ETS) 도입, 녹색금융상품 출시 등 다양한 방법을 도입하고 있다. 이 중 탄소배출권 거래제는 온실가스 배출을 줄이는 주요 수단으로 자리 매김하고 있다(Neagu and Teodoru, 2019). 탄소배출권 거래제는 2005년에 발효된 교토의 정서에 의해 규정되었으며, EU가 2005년에 유럽기후거래소(European Climate Exchange, ECX)를 개설하여 세계 최초로 탄소배출권 거래제를 도입하였다.

한국의 탄소배출권 거래제도는 “저탄소 녹색성장기본법(2010. 1)”에 의거하여 “온실가스 배출권 할당 및 거래에 관한 법률(2012. 5)”이 제정되어 2015년 1월 1일부터 시행 중이다. 한국 ETS시장은 설립 당시 동아시아에서 첫 전국 단위의 탄소배출권 거래시장이었으며, EU의 ETS시장에 이어 두 번째로 큰 ETS시장이었다(Korea Emissions Trading Scheme, 2022). 2015년 이후 3년씩 1, 2차 계획기간이 지나 현재는 3차 계획기간(2021-2025년)에 있다.

한편 EU의 ETS시장이 전 세계 최대 배출권시장으로 자리 잡을 수 있었던 원인은 유상할당 비율이 높아 거래 규모가 크고, 시장 도입 초기단계부터 제3자(기업이 아닌 금융기관 등) 거래와 파생상품 등을 도입했기 때문이다. 한국은 2021년부터 유상할당과 제3자 시장 참여를 시행하기 시작하였지만, 탄소배출권 파생상품에 대해 허용하고 있지 않아 거래가 활성화하지 못한 상태이다(신동훈, 2022).

EU의 ETS시장이 설립된 이후, 초기에는 ETS 가격의 영향 요인에 대한 연구가 대부분이었으며, 에너지 가격, 주식 가격, 전기 가격 등이 주로 ETS 가격에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Kim Hyun-Seok and Koo, 2010; Koch, Fuss, Grosjean and Edenhofer, 2014; Zhu Bang-Zhu, Ye Shun-Xin, Han Dong, Wang Ping, He Kai-Jian, Wei Yi-Ming and Xie Rui, 2018; Adekoya, 2021). 시간이 지남에 따라 ETS시장이 점차 성숙해지면서 ETS시장과 주요 금융시장(에너지시장, 자본시장) 간의 관계에 대한 분석을 통해 ETS시장의 포트폴리오와 수익률 예측이 중요한 연구로 대두되고 있다(Narayan and Sharma, 2015; Ortas and Alvarez, 2016; Ma Ying, Wang Li-Hua and Zhang Tao, 2020; Nie Dan, Li Yan-Bin and Li Xi-Yu, 2021). 그러나 기존 문헌들은 주로 EU와 중국의 ETS시장을 연구 대상으로 하고 있으며, 한국 ETS시장에 대한 연구가 없는 듯하다.

한국의 ETS시장은 설립한 지 8년이 지나 성숙단계로 진입하고 있으며, 또한 2021년부터 제3자 시장 참여를 시행하기 시작하였다. 현재 한국은 탄소배출권 파생상품을 허용하고 있지 않지만, 꾸준히 파생상품 도입을 고려하고 있으므로, 한국 ETS시장과 주요 금융시장 간의 상관성을 파악할 필요가 있다.

본 논문은 한국 ETS시장, 에너지시장 및 주식시장 간의 상관관계를 분석한 후, ETS시장의 거래 활성화를 위한 정책적 제언을 제시하고자 한다. 우선, GARCH 모형을 사용하여 세 시

장의 변동성을 파악한 후, DCC-GARCH 모형을 사용하여 세 시장 간의 동태적 상관관계를 분석하고자 한다.

논문의 제1절에서는 연구배경과 연구목적을 살펴보고, 제2절에서는 선행연구를 검토하며, 제3절에서는 연구모형과 통계자료를 서술하고, 제4절에서는 한국 ETS시장, 에너지시장, 주식시장 간의 상관관계를 분석한다. 마지막 제5절에서는 분석결과를 요약한 후, 정책적 제언을 제시하고자 한다.

II. 선행연구 검토

2005년에 EU의 ETS시장이 설립된 이후, 많은 학자들이 ETS 가격의 영향 요인에 대해 연구하였다. 초기에는 주로 석탄, 석유, 천연가스 등 에너지 가격이 ETS 가격에 미치는 영향에 대해 주목하였으며, 관련 연구로 Kim Hyun-Seok and Koo(2010), Li Yi(2020), Oluwasegun(2020) 등의 연구가 있다. Kim Hyun-Seok and Koo(2010)은 자기회귀분배시차모형(Autoregressive Distributedlag Model)을 사용하여 석탄, 석유, 천연가스 등 에너지 가격이 미국의 ETS 가격에 영향을 미친다는 것을 발견하였다. 즉, 에너지 가격이 상승하면 에너지 수요가 감소하여 온실가스 배출량의 감소로 이어져, ETS의 거래량도 감소하여 ETS 가격이 하락할 것이라고 지적하였다.

탄소 배출은 주로 화석 에너지의 연소에서 비롯되기 때문에 ETS 시장은 석탄, 석유 및 천연가스와 같은 에너지 시장과 자연스럽게 연결된다. 따라서 에너지 시장의 가격 변동성은 ETS 시장에 전달되어 ETS 가격에 영향을 미칠 수 있다. 에너지 가격이 ETS 가격에 영향을 미치는 이유는 연료 소비가 에너지 가격 변동성과 관련되어 시장의 탄소배출권 수요에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

이 외에 Koch et al.(2014)은 한계저감비용이론(Marginal Abatement Cost Theory)을 통해 풍력과 태양광 발전이 EUA의 가격 변동에 영향을 미친다고 밝혔다. 특히, 재생 에너지인 풍력과 태양광 발전이 증가할수록 온실가스 배출량이 감소하여 EUA 가격이 하락할 것이라고 밝혔다. Hintermann(2010)은 전기 가격이 상승하면 발전 용량과 탄소 배출량이 증가하여 ETS 수요가 늘어나 ETS 가격이 상승한다고 지적하였다.

Zhu Bang-Zhu et al.(2018)는 멀티 스케일 분석(Multi Scale Analysis)방법을 이용하여 주가지수가 ETS 가격에 영향을 미친다고 지적하였다. 금융 기능을 갖춘 신흥시장인 ETS 시장은 주식, 채권, 선물 및 기타 금융시장과 밀접한 관련이 있다. 투자자들은 경제 발전에 따라 생산과 투자를 조정하는데, 경제 확장기에 사회의 총 수요가 증가하고, 이에 따라 기업의 생산이 확대되어 직간접적으로 막대한 탄소 배출량이 증가하여 탄소 가격이 상승한다고 밝혔다. 따라서 기업의 주가가 상승하면 ETS 가격도 상승할 것이라고 분석하였다. 한편, Xu

Jia, Tan Xiu-Jie, He Gang and Liu Yu(2019)와 Lin Bo-Qiang and Jia Zhi-Jie(2019)의 연구에서는 정책 메커니즘과 중대 사건이 ETS 가격에 영향을 미친다고 밝혔다.

이처럼 ETS 가격은 주로 에너지 가격, 주식 가격, 전기 가격, 정책 메커니즘 등의 영향을 받는 것으로 판단할 수 있다.

최근에 ETS시장이 점차 성숙해지면서 ETS 금융상품에 관한 포트폴리오 구성이 중요한 연구로 대두되고 있다. 특히 ETS시장과 주요 금융시장(에너지시장, 자본시장) 간의 상관관계에 대한 분석을 통해 ETS시장의 포트폴리오를 제시하고 있다. Wen Feng-Hua, Zhao Li-Li, He Shao-Yi and Yang Guo-Zheng(2020)은 NARDL 모형을 이용하여 중국 ETS시장과 주식시장 간에 장단기의 부(-)의 비대칭 관계가 있음을 발견하였다. Wang Xu, Qiao Qing-Wei and Chen Xiao(2021)은 Copula-GARCH 모형과 DCC-GARCH 모형을 이용하여 중국 ETS시장과 국제 에너지시장 간에 정(+)의 동태적 상관관계가 있다고 제시하였다. Yuan Nan-Nan and Lu Yang(2020)은 GAS-DCS-Copula 방법을 이용하여 금융시장의 불확실성이 EU ETS시장에 대해 비대칭 파급효과가 있다고 지적하였다.

한편 최근에 ETS시장과 에너지시장, 자본시장 간의 상관관계 및 변동성 전이효과에 대한 연구가 늘어나기 시작하였다. Ma Ying, Wang Li-Hua and Zhang Tao(2020)은 DCC-MVGARCH와 RDD 방법을 이용하여 중국 ETS시장과 에너지시장, 자본시장 간의 동태적 상관관계를 연구한 결과, 각 시장의 가격 변동은 군집화 특징을 가지고 있으며, 동태적 상관관계는 시변성과 지속성을 가지고 있다고 제시하였다. Nie Dan, Li Yan-Bin and Li Xi-Yu(2021)은 연결 네트워크 모형을 이용하여 중국 ETS시장과 에너지시장, 신에너지 주식시장 간의 변동성 파급효과를 연구한 결과, 전체 시스템(Carbon-Energy-Stock System)의 파급효과가 낮다고 주장하였다. 기존 선행연구는 대부분 탄소배출권 거래시스템이 가장 발달된 EU의 ETS시장과 최대 탄소배출국인 중국의 ETS시장에 집중되어 있다.

한국의 ETS시장에 관한 연구는 설립 초기에는 정성적인 연구가 대부분이며 최근에 정량적인 연구가 늘어나기 시작하였다. 김기진, 원두환과 정수관(2019)은 VECM 모형을 사용하여 한국, EU, 뉴질랜드의 ETS 가격 간에 동조화 현상이 존재한다고 주장하였다. 나단단과 이은화(2022)는 DCC-GARCH 모형을 이용하여 한국, EU, 중국, 뉴질랜드의 ETS 가격 간에 동태적 조건부 상관관계가 있으며, 한국과 다른 국가의 ETS 가격 간의 동조화가 강화되고 있다고 제시하였다. 최기홍과 윤성민(2023)은 시간 가변 허스트(Hurst) 지수를 사용하여 한국의 탄소배출권 시장과 유럽 배출권시장의 정보 효율성을 비교분석하였다. 연구결과, 유럽 배출권시장에서보다 한국 배출권시장에서 장기기억 특성이 더 강하고, 비효율성이 더 심한 것으로 나타났다.

이처럼 한국 ETS시장에 대한 연구는 주로 한국 ETS시장과 주요 국 ETS시장 간의 관계에 대한 연구이며, 기타 금융시장과의 관계에 대한 연구가 거의 없다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문은 한국의 ETS시장과 주요 금융시장(에너지시장, 주식시장) 간의 상관관계를 연구하고자 한다.

Ⅲ. 연구모형 및 자료

1. 연구모형

1) GARCH 모형

GARCH(Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) 모형은 Bollerslev(1986)가 ARCH 모형을 확장하여 제안하였다. GARCH 모형은 수익률의 변동성을 측정하는데 널리 사용되며, GARCH 모형의 형태는 식 (1), (2)와 같다.

$$Y_t = c + u_t \quad (1)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \alpha u_{t-1}^2 + \beta \sigma_{t-1}^2 \quad (2)$$

식 (1)은 GARCH 모형의 평균 방정식이고, 식(2)는 모형의 조건부 분산 방정식이다. ω 는 상수항이고, u_t 는 오차항이며, σ_t^2 는 조건부 분산이다. 식 (2)에서 t 기 조건부 분산인 σ_t^2 은 $t-1$ 기의 오차항과 조건부 분산의 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 한 시장의 t 기 변동성은 $t-1$ 의 외부 충격과 시장 자체 변동성의 영향을 받는 것으로 해석할 수 있다. 그리고 α , β 의 값은 모두 정(+)이고, $\alpha + \beta < 1$ 의 조건에 부합해야 한다. 여기서 u_{t-1}^2 은 ARCH 항으로 수익률의 외부 충격을 나타내고, σ_{t-1}^2 은 GARCH 항으로 수익률의 변동성을 나타낸다. 그리고 α 는 수익률의 외부 충격효과의 크기를, β 는 수익률의 변동성 전이효과의 크기를 나타낸다.

2) DCC-GARCH 모형

Bollerslev(1990)은 다변량 GARCH 모형의 문제점을 극복하기 위해 CCC-GARCH(Constant Conditional Correlation) 모형을 제안하였다. CCC-GARCH 모형은 조건부 상관관계수 행렬이 정태적이라고 가정하고 있어 상관관계의 변화가 동태적일 수 있다는 점에 대해 고려하지 못하였다. Engle(2002)는 변수들 간의 관계를 동태적으로 설명하기 위해 DCC-GARCH(Dynamic Conditional Correlation) 모형을 제안하였다. DCC-GARCH 모형은 CCC-GARCH 모형의 가정 조건과 달리 변수들의 상관관계가 고정불변이 아니라 시간의 흐름에 따라 변화한다고 가정하였다. 모형의 식은 다음과 같다.

$$r_t = \mu_t + e_t \quad (3)$$

$$\mu_t = E(r_t | F_{t-1}) \quad (4)$$

$$e_t \sim N(0, H_t) \quad (5)$$

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (6)$$

$$D_t = \begin{pmatrix} \sqrt{h_{t1}} & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \sqrt{h_{tm}} \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$R_t = (Q_t^*)^{-1} Q_t (Q_t^*)^{-1} \quad (8)$$

$$Q_t = (1 - \sum_{m=1}^M \alpha_m - \sum_{n=1}^N \beta_n) \bar{Q} + \sum_{m=1}^M \alpha_m z_{t-m} z'_{t-m} + \sum_{n=1}^N \beta_n Q_{t-n} \quad (9)$$

$$z_t = D_t^{-1} e_t \quad (10)$$

$$\bar{Q} = T^{-1} \sum_{m=1}^M \mu_t \mu_t' \quad (11)$$

식 (3)의 r_t 는 $n \times 1$ 의 수익률 벡터이고, 식 (4)의 μ_t 는 조건부 평균이며, 식 (5)의 e_t 는 잔차항이다. 식 (6)의 H_t 는 조건부 공분산 행렬을 나타내고, 식 (7)의 D_t 는 조건부 분산의 대각 행렬이며, $h_{ti} (i = 1, 2, \dots, m)$ 은 개별 변수의 조건부 분산이다. 식 (8)의 R_t 는 동태적 상관관계수 행렬이고, 식 (9)의 Q_t 는 표준화 잔차의 조건부 공분산 행렬이다. 식 (10)의 z_t 는 표준화 잔차이고, 식 (11)의 \bar{Q} 는 표준화 잔차의 비조건부 공분산 행렬이다. 스칼라 모수 α_m 과 β_n 은 0보다 커야 하고, $\alpha_m + \beta_n$ 의 값은 1보다 작아야 하는 조건을 만족시켜야 한다. α_m 은 외부 충격이 시장 간 상관관계에 미치는 영향 수준이고, β_n 은 시장 간 변동성 전이효과가 상관관계에 미치는 영향 수준을 나타낸다.

DCC-GARCH 모형은 2단계로 구분하여 모수를 추정한다. 우선, 단변량 GARCH 모형을 사용하여 표준화 잔차를 구한 후, 표준화 잔차를 이용하여 최대 우도함수(Maximum Likelihood Function)로 동태적 상관관계수를 추정한다. DCC-GARCH 모형의 모수를 추정하는 우도함수는 식 (12), (13)과 같다.

$$QL_1(\phi_i | r_t) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (k \log(2\pi) + \log(|I_k|) + 2 \log(D_t) + r_t' D_t^{-1} I_k D_t^{-1} r_t) \quad (12)$$

여기서 $\phi_i = (w, \alpha_{1i}, \dots, \alpha_{pi}, \beta_{1i}, \dots, \beta_{qi})$ 는 단변량 GARCH 모형에서 i 번째 시계열의 모수이다.

$$QL_2(\varphi | \hat{\phi}_t, r_t) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (k \log(2\pi) + \log(|D_t|) + 2 \log(R_t) + r_t' D_t^{-1} I_k D_t^{-1} r_t) \quad (13)$$

여기서 φ 는 DCC-GARCH 모형의 모수인 α_m 과 β_n 이다.

2. 통계자료

1) 변수 선정

본 논문에서는 한국의 탄소배출권(Korea Emission Trading Scheme, KETS) 가격, 미국 서부 텍사스 원유(West Texas Intermediate, WTI) 선물가격 및 한국의 종합주가지수(Korea Composite Stock Price Index, KSP)를 변수로 선정하여 한국의 ETS시장, 에너지시장, 주식시장 간의 상관관계를 연구한다.

한국의 탄소배출권은 할당배출권인 KAU(Korean Allowance Unit), 상쇄배출권인 KCU(Korean Credit Unit), 외부사업 인증실적인 KOC(Korean Offset Credits) 등이 있으며, KAU가 거래량의 대부분을 차지하고 있다(신동훈, 2022)¹⁾. KAU는 연도별로 이행 유효기간이 있어 가격 자료의 연결성이 떨어져 시계열 분석에 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 ICAP(International Carbon Action Partnership)에서 제공하는 한국 탄소배출권(KETS) 거래가격의 일별(Daily) 자료를 사용하고자 한다.

WTI 원유는 미국의 서부 텍사스산 경질 원유로써 전 세계 원유 가격을 결정하는 기준가격으로 사용되고 있다. 한국 통계청에 따르면 2020년에 한국이 미국에서 수입한 원유는 쿠웨이트와 사우디아라비아 다음으로 많은 것으로 나타났다. 원유는 이산화탄소의 주요 공급원이며 탄소배출권 거래가격 결정에도 중요한 영향을 미친다(Yuan Nan-Nan and Lu Yang,

1) 할당배출권인 KAU는 한국 정부가 배출권 총수량을 정하고 이를 계획 기간별로 대상 기업에게 할당하는 배출권을 말한다. 할당방식은 크게 유상할당과 무상할당 두 가지로 나눌 수 있다. 제1기의 운영 목적은 기업들이 배출권거래제에 대한 경험을 축적하고 거래제를 잘 안착시키기 위함이기 때문에 전량 무상할당 되었다. 제2기부터 유상할당의 비율을 3%로 증가시켰으며, 제3기에는 10%의 배출권이 유상할당 되었다. 외부사업자는 외부사업을 통해 인증실적(KOC)을 발행받을 수 있다. 이를 배출권거래제 할당 대상업체에게 판매하여 수익을 창출하고, 할당 대상업체는 외부사업 인증실적을 동량의 상쇄배출권(KCU)으로 전환하여 배출권거래제에서 상쇄 또는 거래를 할 수 있다. 이를 상쇄 제도라고 한다. 배출권 시장은 한국거래소(KRX)에서 일반 주식시장 거래와 유사하게 운영되고 있다. 따라서 배출권 시장도 크게 장내시장과 장외시장으로 구분할 수 있다. 장내시장은 거래방식에 따라 경쟁매매와 협의매매로 분류된다. 경쟁매매는 주식매매와 동일한 방식이며 단일가격 매매와 복수가격 매매로 나뉜다. 단일가격 매매는 장 개시와 장 종료, 매매 재개시 결정된 최저가격으로 매매하는 방식이다. 복수가격 매매는 단일가격 매매 이외의 시간에 매수호가나 매도호가 가격 이상인 경우 거래가 즉시 체결되는 방식이다. 협의매매는 단일 참여자 간 사전 협의를 통해 종목, 수량 및 가격을 협의하여 매수 및 매도호가 시스템에 입력하면 체결되는 방식이다. 호가할 수 있는 가격은 당일 상한가와 하한가 이내의 가격이며 호가 접수시간, 호가 수량 등의 제한 범위가 존재한다. 일반적으로 대량 매매 시 협의매매가 유리한 것으로 알려져 있다. 장외시장은 장내 거래 협의매매와 동일하게 단일 참여자 간 이루어지는 장외거래로 구성된 시장이다. 장외거래가 장내거래 협의매매와 다른 점은 거래 양방간 협의가 오프라인으로 이루어진다는 점이다(신동훈, 2022).

2020). 따라서 본 연구는 대표적인 국제 에너지시장인 WTI 원유시장을 선택하여 한국 ETS 시장과의 관계를 확인하고자 한다. 본 연구에서는 뉴욕상업거래소(New York Mercantile Exchange, NYMEX)에서 제공하는 WTI 원유 선물가격 자료를 사용한다.

주식시장은 금융시장에서 가장 중요한 자본시장 중의 하나이다. KOSPI는 한국거래소에서 거래되고 있는 주식의 종합주가지수로 한국의 주식시장을 대표한다. Nie Dan et al.(2021), Zhao Li-Li et al.(2022) 등의 연구에서는 탄소배출권시장과 주식시장이 밀접한 관계가 있다는 결과를 제시한 바가 있다. 따라서 본 연구는 한국의 대표적인 자본시장인 주식시장을 선택하여 한국 ETS시장과의 관계를 확인하고자 한다. KOSPI는 한국거래소(Korea Exchange, KRX)에서 제공하는 자료를 사용한다.

〈그림 1〉은 한국의 ETS 가격, WTI 원유 선물가격 및 KOSPI의 추이를 나타내고 있다. 한국의 ETS 가격은 2019년까지 지속적인 상승세로 나타났는데, 2020년 이후 코로나 팬데믹과 러시아-우크라이나 전쟁으로 인해 급등락하는 양상으로 나타났다. WTI 원유 선물가격과 KOSPI는 2019년까지는 보합세로 나타났으며, 2020년 초반에 코로나 팬데믹의 영향으로 일시적으로 하락한 후, 상승세를 이어가다가 최근에 하락세로 전환하였다.

〈그림 1〉 한국 ETS시장, 에너지시장 및 주식시장의 가격 추이



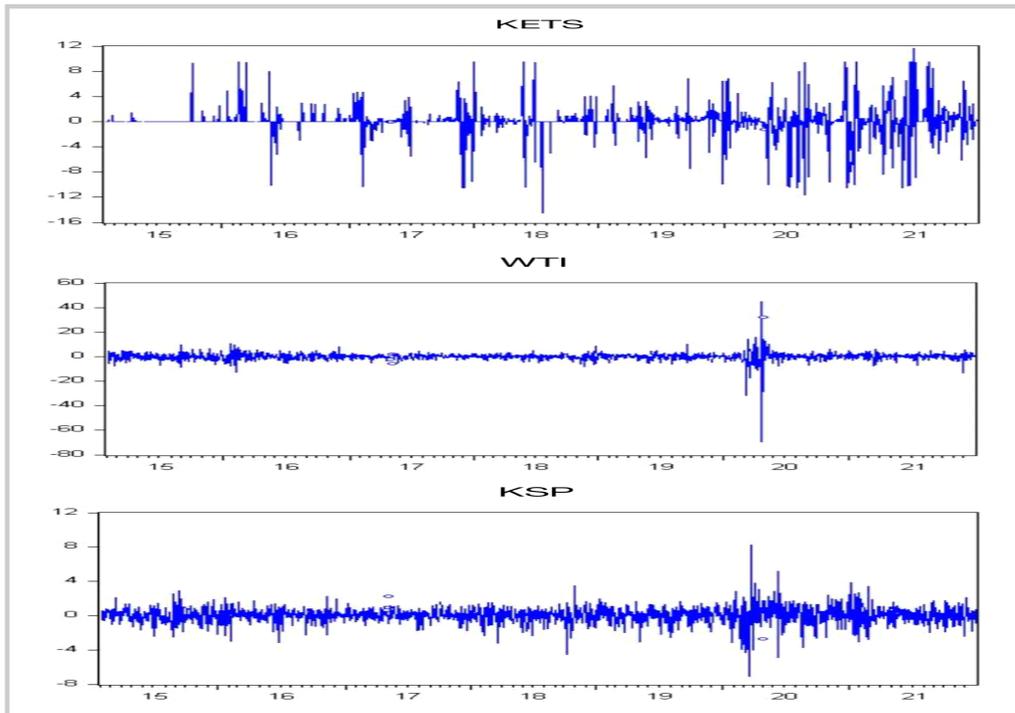
주: 한국 ETS 가격(원/톤); WTI 원유 선물가격(달러/배럴)
 자료: ICAP, KRX, NYMEX(2015.02.02.~2023.06.30)

2) 통계자료

통계자료는 2015년 2월 2일부터 2021년 12월 30일까지의 각 변수들의 일별 자료이며, 총 관측치 수는 1,699개이다²⁾. 본 연구에서는 각 변수들의 일별 수익률 ($R_t = 100 * (\ln P_t - \ln P_{t-1})$)을 산출한 후 계량모형에 사용하였다.

〈그림 2〉는 각 변수들의 일별 수익률 추이를 나타내고 있으며, 각 시계열은 뚜렷한 시변성과 군집효과가 있음을 알 수 있다. 한국 ETS시장은 2015년부터 2019년까지 도입기로 볼 수 있으며, 이 기간 정부에서 거래가격을 통제한 관계로 수익률이 0인 경우가 많은 것으로 나타났다(나단단과 이은화, 2022). 한편, 2020년 이후에 ETS시장의 수익률 변동성이 비교적 불안정적으로 나타났다. WTI원유 선물가격과 KOSPI는 2020년 초에 코로나 팬데믹의 영향으로 동 기간 급격하게 변동한 것으로 나타났다(Dai Zhi-Feng and Zhu Hao-Yang, 2022). 이러한 현상이 나타난 원인은 원유 선물시장과 주식시장이 긴밀한 상관관계를 가지고 있기 때문이다(Baruník, Kočenda and Vácha, 2016).

〈그림 2〉 한국 ETS시장, 에너지시장 및 주식시장의 일별 수익률 추이



자료: ICAP, KRX, NYMEX(2015.02.02.~2021.12.30)

2) 한국 ETS 가격의 시계열 자료는 최근 데이터(2015. 02. 02-2023. 06. 30)를 사용할 경우, ARCH효과 검정을 통과할 수 없으므로, GARCH 모형을 설정할 수 없다. 따라서 통계자료를 2015년 2월 2일부터 2021년 12월 30일까지의 데이터를 사용하고자 한다.

3) 기초통계량

〈표 1〉은 각 변수의 수익률 데이터의 기초통계량이다. 평균치를 보면 한국 ETS시장의 평균 수익률이 가장 높고, WTI원유 선물시장과 주식(KOSPI)시장이 그 뒤를 이었다. 표준편차를 보면 주식시장의 수익률이 가장 안정적이었고, 다음으로는 한국 ETS시장이고, WTI원유 선물시장이 가장 낮은 것으로 나타났다. 한국 ETS시장은 투자수익률이 높지만 표준편차가 2.216에 달해 투자 위험이 크다는 것을 알 수 있다. WTI원유 선물시장의 수익률은 코로나 팬데믹의 영향으로 2020년 초에 최대 45.15%, 최소 -69.31%로 크게 변동한 것으로 나타났다. 각 변수의 왜도는 0보다 작고, 첨도는 3보다 크며, Jarque-Bera 통계는 1% 유의수준에서 유의한 것으로 나타났다. 따라서 각 변수의 수익률 데이터가 정규분포를 따르지 않고 금융 시계열의 전형적인 고침(Leptokurtic) 분포의 특징을 가지고 있음을 알 수 있다.

ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정결과, 수준 변수(Level Variable)들은 10%의 유의수준에서 귀무가설을 기각하지 않았고, 차분 변수(Difference Variable)들은 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각하여 단위근이 존재하지 않은 것을 알 수 있다. Q(10) 통계 검정은 5% 유의수준에서 귀무가설을 기각하여 각 변수의 수익률 데이터가 자기상관(Autocorrelation)이 있음을 확인하였다.

〈표 1〉 변수의 기초통계량

구 분	KETS	WTI	KSP
Mean	0.074	0.025	0.025
Minimum value	-14.530	-69.315	-7.079
Maximum value	11.638	45.148	8.251
Standard Deviation	2.216	3.566	0.992
Kurtosis	14.146	112.422	10.216
Skewness	-0.652	-3.375	-0.231
Jarque-Bera	8915.100***	850829.400***	3700.843***
Q(10)	92.590***	114.89***	20.577**
ADF (Level Variable)	-1.728	-1.806	-0.729
ADF (Difference Variable)	-23.946***	-13.567***	-39.615***

주: *p<10%, **p<5%, ***p<1%

IV. 분석결과

1. ARCH효과 검정 결과

본 연구에서는 ARMA 모형을 사용하여 시계열의 평균 방정식을 설정하였다. 최종적으로 한국 ETS시장에 대해서는 AR(2), WTI원유 선물시장에 대해서는 ARMA (8, 4), KOSPI 시장에 대해서는 AR(2) 모형을 각각 설정하였다. 그리고 OLS모형으로 잔차(Residual)를 추정 한 후, 잔차에 대해 Ljung-BoxQ Statistic 검정을 수행하였다. 검정 결과, 5% 유의수준에서 잔차 서열은 자기상관이 없거나 약한 자기상관이 있는 것으로 나타나 유효한 정보 추출이 완료되었다고 볼 수 있다.

다음으로는 추정된 잔차 시계열에 대해 ARCH-LM 검정을 수행하였으며, 검정결과는 <표 2>와 같다. 검정 결과에 따르면, 모든 시계열은 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났다. 즉, 시계열 자료가 이분산성이 있음을 알 수 있다. 따라서 세 시장의 시계열에 대해 GARCH 모형을 설정할 수 있다.

<표 2> ARCH효과 검정 결과

구 분	F-statistic	Prob.	Obs*R-squared	Prob.
KETS	167.674***	0.000	152.768***	0.000
WTI	189.551***	0.000	170.696***	0.000
KSP	661.370***	0.000	476.381***	0.000

주: *p<10%, **p<5%, ***p<1%

2. 변동성 분석결과

세 시장의 시계열이 정규분포를 따르지 않기 때문에 오차항 분포(Error Distribution)가 Student's t 분포와 GED 분포를 따르는 GARCH(1, 1), GARCH(1, 2), GARCH(2, 1) 순서로 모형을 설정하였다. 그리고 AIC 및 SC의 최소화 기준과 모형 적합 계수의 유의성에 근거하여 최적의 GARCH 모형을 선택하였다. 본 연구에서는 t-GARCH(1, 1) 모형을 사용하여 세 시장의 변동성에 대해 분석하고자 한다.

<표 3>은 t-GARCH(1, 1) 모형의 분석결과이다. 각 시계열의 α 와 β 의 값은 모두 정(+)이고, $\alpha + \beta < 1$ 로 GARCH 모형의 기본 가정과 일치하다. 이 중 α 의 값은 외부 충격이 시장에 미치는 영향 수준을 표시하는데, α 값이 클수록 외부 충격이 시장의 변동성에 미치는 영향이 더 크다는 것을 의미한다. β 값은 시장 자체 정보가 시장의 변동성에 미치는 영향 수준을 나타내며, β 값이 클수록 시장 자체 정보가 시장의 변동성에 미치는 영향이 더 크다는

것을 의미한다. $\alpha + \beta$ 의 값이 1에 가까울수록 시장 변동성의 지속성이 강함을 의미한다.

시장별 변동성 분석결과를 보면, 한국 ETS시장의 α 값은 0.150으로 WTI원유 선물시장과 주식시장보다 큰 것으로 나타났다. 이는 한국 ETS시장의 수익률 변동성이 외부 충격의 영향을 가장 많이 받는 것으로 해석할 수 있다. 한편, 한국 ETS시장의 β 값은 0.600으로 세 시장에서 가장 작은 것으로 나타났다. 이는 한국 ETS시장의 수익률 변동성은 시장 자체 정보로부터 받는 영향이 작다는 것을 의미한다. 이러한 현상이 나타난 원인은 한국 ETS시장이 타 시장에 비해 성숙하지 못하고 정부 정책의 영향을 많이 받기 때문이다.

한편, WTI원유 선물시장의 α 값은 0.129로 주식시장보다 큰 것으로 나타났다. 이는 WTI원유 선물시장이 국제 돌발사태에 더 민감하게 반응하기 때문이다. 예를 들면 2020년 초에 코로나 팬데믹의 영향으로 ‘마이너스 유가 사태’가 발생한 바가 있다.

주식시장의 β 값은 0.855로 한국 ETS시장과 WTI원유 선물시장보다 높은 것으로 나타났다. 이는 주식시장의 수익률 변동성은 시장 자체 정보의 영향을 더 많이 받는 것을 알 수 있다. 주식시장은 가장 중요한 금융시장이므로 투자자들이 시장의 과거 변동성 정보를 토대로 투자 종목을 선정하기 때문이다.

〈표 3〉 t-GARCH (1, 1)모형 분석결과

구 분	KETS	WTI	KSP
α	0.150**	0.129***	0.109***
β	0.600***	0.827***	0.855***
$\alpha + \beta$	0.750	0.955	0.964
Q(10)	0.032	2.887	5.245
ARCH-LM	0.002	2.682	0.375

주: *p<10%, **p<5%, ***p<1%

3. 동태적 조건부 상관관계 분석결과

1) 모수 추정결과

본 연구에서는 이변량 DCC-t-GARCH(1, 1) 모형을 설정하여 세 시장 간의 동태적 조건부 상관관계를 분석하였다. 〈표 4〉는 DCC-t-GARCH(1, 1) 모형을 사용한 시계열 자료의 모수 추정결과이다. 추정결과, α 값과 β 값은 1% 유의수준에서 유의하고, $\alpha + \beta < 1$ 로 모형 적합도가 양호하며, 세 시장 간에 동태적 상관관계가 있다는 것을 설명한다.

여기서 α 값은 외부 충격이 시장 간 상관관계에 미치는 영향 수준을 나타내며, α 값이 클수록 외부 충격이 시장 간 상관관계에 미치는 영향이 크다는 것을 의미한다. β 값은 시장 간 변동성 정보가 상관관계에 미치는 영향 수준을 나타내며, β 값이 클수록 시장 간 변동성 정

보가 상관관계에 미치는 영향 수준이 크다는 것을 의미한다. 또한 $\alpha + \beta$ 의 값이 1에 가까울수록 시장 간의 동태적 조건부 상관관계의 지속성이 강하다는 것을 의미한다.

α 값을 보면 KETS-WTI의 α 값이 0.091로 가장 큰 것으로 나타나, 한국 ETS시장과 WTI원유 선물시장 간의 상관관계가 외부 충격의 영향을 가장 많이 받는 것으로 해석된다. 반면, KETS-KSP의 α 값은 0.002로 가장 작은 것으로 나타나, 한국 ETS시장과 주식시장 간의 상관관계가 외부 충격의 영향을 가장 적게 받는 것으로 나타났다.

β 값을 보면 KSP-WTI의 β 값은 0.887로 가장 큰 것으로 나타나, 한국 주식시장과 WTI원유 선물시장 간의 상관관계가 두 시장의 변동성 정보의 영향을 가장 많이 받는 것으로 나타났다. 반면 KETS-WTI의 β 값은 0.589로 가장 작은 것으로 나타나, 한국 ETS시장과 WTI원유 선물시장 간의 상관관계가 두 시장의 변동성 정보의 영향을 가장 적게 받는 것으로 나타났다.

한편 KETS-KSP의 $\alpha + \beta$ 값은 0.769로 KETS-WTI의 값보다 크게 나타나, 한국 ETS시장은 WTI원유 선물시장보다 주식시장과의 동태적 상관관계의 지속성이 더 강한 것으로 분석됐다. Oestreich and Tsiakas(2015)와 Wen Feng-Hua et al.(2020)의 연구에서 기업이 잉여 탄소 할당량을 사용하여 새로운 자금을 조달할 수 있으므로 주가지수에 영향을 미칠 수 있다고 주장하였다. KSP-WTI의 $\alpha + \beta$ 값은 0.897로 가장 큰 것으로 나타나, 주식시장과 WTI원유 선물시장 간의 동태적 상관관계의 지속성이 가장 강한 것으로 나타났다. 이러한 현상이 나타난 원인은 주식시장과 WTI원유 선물시장의 금융화 수준이 한국 ETS시장보다 월등히 높기 때문이다.

〈표 4〉 DCC-t-GARCH (1, 1)모형 모수 추정 결과

구분	α	β	$\alpha + \beta$
KETS-WTI	0.091**	0.589***	0.680
KETS-KSP	0.002***	0.767***	0.769
KSP-WTI	0.010***	0.887***	0.897

주: *p<10%, **p<5%, ***p<1%

2) 동태적 조건부 상관관계 분석결과

〈그림 3〉는 DCC-t-GARCH(1, 1) 모형으로 추정한 세 시장 간의 동태적 조건부 상관관계를 나타내고 있다. 그림에 따르면 세 시장 간에 현저한 동태적 조건부 상관관계가 있다는 것을 알 수 있다.

한국 ETS시장과 WTI원유 선물시장 간의 동태적 조건부 상관관계수는 -0.689~ 0.409의 범위 내에서 변화하였으며, 동태적 상관관계수는 정(+)수 또는 부(-)수로 나타났다. Eduardo and Igor(2016)의 연구에서도 웨이블릿 상관분석(Wavelet Coherence Analysis)을 통해

탄소시장과 에너지시장이 주파수에 따라 리드/레그(Lead/Lag) 현상이 나타난다고 밝혔다. KETS-WTI의 상관계수의 변동 폭이 가장 큰 것으로 나타났는데, 이는 WTI원유 선물가격의 변동성이 큰 원인도 있지만, 한국의 탄소감축 전환기(2017년 말과 2018년 초, 2020년 말과 2021년 초)에 가격이 급격하게 변화한 원인도 있다. 예를 들면, 2017년 3월 9일에 최댓값인 0.409에 달했는데, 이는 2017년 3월 초에 한국 ETS 가격의 급등락과 관련이 있다. 또한 2017년 11월 말과 2018년 6월 초에 한국 ETS 가격이 급등락한 기간 동안 상관계수도 급격하게 등락한 것으로 나타났다. 2017년 말과 2018년 초에 상관계수는 급격히 감소한 현상이 나타났는데, 이는 한국의 탄소감축계획 1단계(2015~2017년)가 끝나는 시점과 2단계(2018~2020년)가 시작되는 시점 사이에 정책 변화로 인해 한국 ETS 가격이 크게 변화하였기 때문인 것으로 보인다. 2019년 이후 상관계수의 변동 폭은 상대적으로 작은 것으로 나타났다.

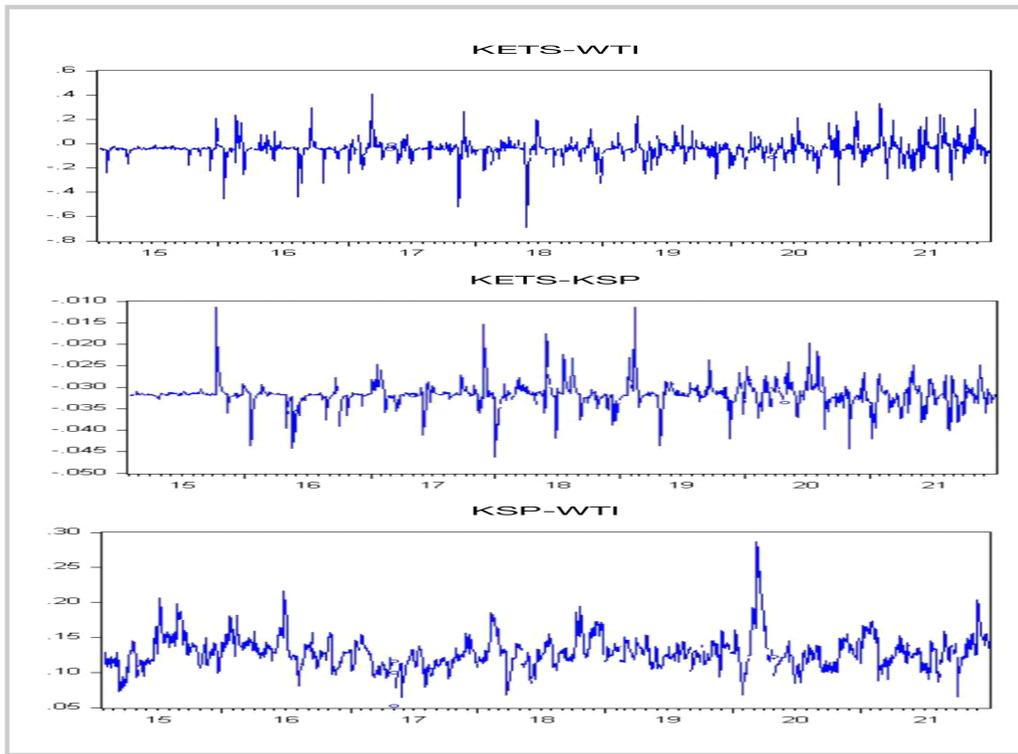
한국 ETS시장과 주식시장 간의 동태적 조건부 상관계수는 $-0.047 \sim -0.011$ 의 범위에서 변화하였으며, 상관관계가 전부 부(-)수로 나타났다. 이는 한국 ETS시장의 설립이 기업의 발전을 저해하고 있음을 시사하고 있다. KOSPI 지수에 포함된 기업 중 시가총액 상위 25개 기업들은 대부분 탄소배출이 많은 산업에 속한다. 대규모 에너지 소비 기업들은 무상 할당량으로 생산 요구를 전부 충족시킬 수 없으므로, 공급 및 수요 이론에 따라 ETS 가격이 상승하면 기업의 생산 비용이 늘어나게 된다. Wen Feng-Hua et al.(2020)은 ETS의 가격이 오르면 기업의 경제적 인센티브가 바뀌게 되고, 이에 따라 생산 규모를 조정해 생산량을 줄일 수 있다고 주장하였다. 또한 Krokida, Lambertides, Savva and Tsouknidis(2020)는 유럽 ETS 가격의 긍정적인 충격이 유럽 주식시장의 수익률을 감소시킬 것이라고 예측하였다. 따라서 한국 ETS시장과 KOSPI시장은 부(-)의 상관관계인 것으로 판단된다.

주식시장과 WTI원유 선물시장 간의 동태적 조건부 상관계수는 $0.053 \sim 0.287$ 의 범위에서 변화하였으며, 상관계수가 전부 정(+)으로 나타났다. WTI원유 선물은 금융화 수준이 상당히 높아 KOSPI시장과 동조화하는 경향이 있다. 2020년 초에 KSP-WTI의 상관계수가 급등락하였다. Dai Zhi-Feng and Zhu Hao-Yang (2022) 등의 연구에 따르면 2020년 3월에 WHO가 'COVID-19 팬데믹'을 공식 선언한 후, 각국 주가와 원유 가격이 급격하게 변동하였기 때문이라고 해석된다. 한편, 코로나 팬데믹으로 생산이 위축되면서 연료 수요의 감소로 이어져 공급이 과잉되면서 2020년 4월에는 마이너스 유가 현상이 나타나기도 했다. 그러나 동기간 한국 ETS시장, WTI원유 선물시장 및 주식시장 간의 동태적 상관관계가 급등락하지 않은 것을 발견하였다.

전반적으로 보면, 세 시장 간의 상관관계는 시변성이 있는 것으로 나타났다. 한국 ETS시장과 기타 두 시장 간의 동태적 상관관계는 한국의 탄소감축 전환기(2017년 말과 2018년 초, 2020년 말과 2021년 초)에 급격한 변동현상이 발생하는 것을 발견하였다. 이는 정부 정책이 한국 ETS시장과 기타 시장 간의 동태적 상관관계에 현저한 영향을 미칠 수 있음을 설

명한다. 따라서 한국 ETS시장에 대한 한국 정부의 개입이 비교적 많아 ETS시장의 시장화 수준이 비교적 낮다는 것으로 판단된다. 한국 정부는 ETS시장에 대한 개입 과정에서 평가된 탄소할당량의 과잉 공급, 코로나 팬데믹에 따른 탄소배출량 감소 등의 이유로 일시적으로 가격을 인하하였으며, 월별 탄소할당량 경매를 잠정적으로 중단하는 조치를 취하기도 하였다 (Korea Emissions Trading Scheme, 2022).

〈그림 3〉 동태적 조건부 상관관계 분석결과



V. 결론

본 논문은 2015년 2월 2일부터 2021년 12월 30일까지의 한국 탄소배출권 거래가격, WTI원유 선물가격, 코스피지수의 일별 자료를 이용하여 DCC-GARCH 모형을 구축하여 실증분석하였다. 우선, GARCH 모형을 사용하여 세 시장의 변동성에 대해 분석한 후, 이변량 DCC-GARCH 모형을 사용하여 세 시장 간의 동태적 조건부 상관관계를 연구하였다. 연구결과는 다음과 같이 세 가지로 종합할 수 있다.

첫째, 기초통계에 따르면 예상 외로 한국의 ETS시장이 주식시장보다 투자 수익률과 투자

위험도가 높은 것을 발견하였다. 이는 한국 ETS시장이 성숙하지 못하여 가격 거품(Price Bubbles)이 있기 때문이다. Wei Yi-Gang, Li Yan and Wang Zhi-Cheng(2022)의 연구에 따르면 한국 ETS시장은 가격 거품이 장기간 지속되고 있다고 주장하였다. 따라서 한국 ETS시장은 KOSPI 시장보다 높은 투자 수익률과 높은 투자 위험이 있는 것으로 나타났다.

둘째, GARCH 모형의 분석결과를 보면, 한국 ETS시장의 α 값은 0.150이고, β 값은 0.600으로 나타났다. 세 시장 중 한국 ETS시장의 가격 변동성이 외부 충격의 영향을 가장 많이 받고, 시장 자체의 변동성 정보로부터 받는 영향이 가장 작은 것을 확인하였다. 이러한 현상이 나타난 원인은 한국 정부의 간섭으로 인해 한국 ETS시장이 시장화 수준이 낮기 때문이다.

셋째, DCC-GARCH 모형의 모수 추정 결과, 한국 ETS시장은 WTI원유 선물시장보다 주식시장과의 $\alpha + \beta$ 값이 더 큰 것으로 나타났다. 이는 한국 ETS시장이 WTI원유 선물시장보다 주식시장과의 상관관계의 지속성이 더 강한 것으로 나타났다. 또한, 한국 ETS시장과 WTI원유 선물시장 간에 상관관계의 변동 폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 WTI원유 선물가격의 변동성이 큰 원인도 있지만, 한국의 탄소감축 전환기에 가격이 급격하게 변화한 원인도 있다. 그리고 한국 ETS시장과 주식시장 간의 동태적 조건부 상관관계가 전부 부(-)로 나타났다. 이는 한국 ETS시장이 관련 기업의 발전을 일정한 수준으로 저해하고 탄소 포트폴리오에 참여하는 기업의 용지를 저해하는 의미로도 해석할 수 있다. Krokida et al.(2020), Wen Feng-Hua et al.(2020), Ma Ying et al.(2020) 등의 연구에서도 비슷한 결과가 나타났다. 따라서 탄소배출권 가격의 변동은 기업의 생산계획과 인센티브에 영향을 미칠 뿐만 아니라, 탄소 투자포트폴리오에 참여하는 기업에 대한 투자를 감소시킬 수 있다.

위의 연구결과를 바탕으로 다음과 같은 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

첫째, 한국 ETS시장의 금융화 수준을 향상시켜야 한다. 한국의 ETS시장은 제3자 시장 참여를 시행하였지만, EU ETS시장보다 금융화 수준이 훨씬 낮은 실정이다. 한국 ETS시장은 주식시장과 전부 부(-)의 상관관계이고, WTI원유 선물시장과의 상관관계도 불안정한 것으로 나타났는데, 이는 한국의 ETS시장이 성숙한 금융시장이 아닌 것으로 판단할 수 있다. 성숙한 금융시장이라면 KOSPI 시장과 WTI원유 선물시장처럼 정(+)의 상관관계로 나타나야 한다. 따라서 한국도 EU처럼 탄소배출권 거래에서 선물, 옵션 등 파생상품을 적절하게 도입할 필요가 있다.

둘째, 한국 ETS시장에 대한 정부의 과도한 개입을 줄이는 반면, ETS시장의 거래를 활성화시켜야 한다. 특히, 단계적으로 시장을 개방하여 더욱 많은 투자자들이 한국 ETS 거래에 참여할 수 있도록 관련 제도 및 법규에 대한 보완이 필요하다.

셋째, 국제 탄소시장과의 연계를 강화해야 한다. 배출권거래제를 운영하는 것은 궁극적으로 교토의정서와 파리협정을 이행하기 위한 수단이므로 국제 기준에 맞춘 배출권거래제를 운영하는 것이 중요하다. 대표적인 거래제 연계사례는 EU ETS와 스위스 시장 간의 연계 사례

이며, 2020년 1월부터 발효되었다. 두 배출권 시장은 개별적으로 운영하면서 각 시장의 할당배출권과 상쇄배출권을 자유롭게 거래하는 직접 연계 방식으로 운영되고 있다(신동훈, 2022). 두 배출권 시장이 연계되기 위해서는 각 시장의 이해관계가 상충되지 않으면서 시스템의 운영에 있어 호혜성이 존재해야 한다. 물론, 한국은 단기적으로 국제 탄소시장과의 연계하는 것이 어렵겠지만, 장기적으로는 국제 탄소시장과의 연계를 고려해야 할 것이다.

본 논문은 한국 ETS시장, 에너지시장 및 주식시장 간의 상관관계를 분석하여 한국 ETS시장의 금융화 수준이 상당히 낮다는 것을 확인하였다. 또한 한국의 탄소배출권 거래를 활성화시키기 위해 정부 규제 축소, 국제 시장과의 연계 강화 등 정책적 시사점을 제시하였다. 그러나 한국 ETS 관련 통계자료 상의 문제로 인해 다양한 연구모형을 적용하여 심도 있는 연구결과를 도출하는 데 있어 한계가 있어, 이는 향후 연구과제로 두고자 한다.

참고문헌

- 김기진·원두환·정수관(2019), “국제 탄소배출권 가격의 동조화 현상에 관한 분석”, 「환경정책」, 제27권 제3호, pp.1-20.
- 나단단·이은화(2022), “국제 탄소배출권 가격의 동태적 조건부 상관관계 분석”, 「무역학회지」, 제47권 제1호, pp.99-114.
- 신동훈(2022), 「탄소시장과 탄소배출권」, 서울: 에듀컨텐츠휴피어.
- 최기홍·윤성민(2023), “한국 탄소배출권 시장의 효율성 분석: 유럽 탄소배출권 시장과의 비교”, 「한국자료분석학회지」, 제25권 1호, pp.235-247.
- Adekoya, O. B.(2021), “Predicting Ccarbon Allowance Prices with Energy Prices: A New Approach”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.282, pp.1-12.
- Baruník, J., Kočenda, E. and Vácha L.(2016), “Gold, Oil, and Stocks: Dynamic Correlations”, *International Review of Economics & Finance*, Vol.42, pp.186-201.
- Bollerslev, T.(1986), “Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity”, *Journal of Econometrics*, Vol.31 No.3, pp.307-327.
- Bollerslev, T.(1990), “Modelling the Coherence in Short-Run Nominal Exchange Rates: a Multivariate Generalized ARCH Model”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol.72 No.3, pp.498-505.
- Dai, Zhi-Feng and Zhu Hao-Yang(2022), “Time-Varying Spillover Effects and Investment Strategies between WTI Crude oil, Natural Gas and Chinese Stock Markets Related to Belt and Road Initiative”, *Energy Economics*, Vol.108, pp.1-12.

- Engle, R.(2002), “Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models”, *Journal of Business & Economic Statistics*, Vol,20 No.3, pp.339-350.
- Hintermann, B.(2010), “Allowance Price Drivers in the First Phase of the EU ETS”, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol.59, pp.43-56.
- Kim, H. S. and Koo, W. W.(2010), “Factors Affecting the Carbon Allowance Market in the US”, *Energy Policy*, Vol.38 No.4, pp.1879-1884.
- Koch, N., Fuss, S., Grosjean, G. and Edenhofer, O.(2014), “Causes of the EU ETS Price Drop: Recession, CDM, Renewable Policies or a Bit of Everything?—New Evidence”, *Energy Policy*, Vol.73, pp.676-685.
- Korea Emissions Trading Scheme, (2022), Retrieved March 15, 2023, from https://icapcarbonaction.com/system/files/ets_pdfs/icap-etsmap-factsheet-47.pdf
- Krokida, S. I., Lambertides, N., Savva, C. S. and Tsouknidis, D. A.(2020), “The Effects of Oil Price Shocks on the Prices of EU Emission Trading System and European Stock Returns”, *The European Journal of Finance*, Vol.26 No.1, pp.1-13.
- Li, Yi(2020), “An Empirical Study on the External Influencing Factors of Carbon Emission Trading Pricing”, *Price: Theor*, Vol.6, pp.146-149.
- Lin, Bo-Qiang and Jia Zhi-Jie(2019), “What are the Main Factors Affecting Carbon Price in Emission Trading Scheme? A Case Study in China”, *Science of The Total Environment*, Vol.654, pp.525-534.
- Ma, Ying, Wang, Li-Hua and Zhang Tao(2020), “Research on the Dynamic Linkage among the Carbon Emission Trading, Energy and Capital Markets”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.272, pp.1-10.
- Narayan, P. K. and Sharma S. S.(2015), “Is Carbon Emissions Trading Profitable?”, *Economic Modelling*, Vol.47, pp.84-92.
- Neagu, O. and Teodoru, M. C.(2019), “The Relationship between Economic Complexity, Energy Consumption Structure and Greenhouse Gas Emission: Heterogeneous Panel Evidence from the EU Countries”, *Sustainability*, Vol.11 No.2, pp.497.
- Nie, Dan, Li, Yan-Bin and Li Xi-Yu(2021), “Dynamic Spillovers and Asymmetric Spillover Effect between the Carbon Emission Trading Market, Fossil Energy Market, and New Energy Stock Market in China”, *Energies*, Vol.14 No.19,

pp.1-22.

- Oestreich, A. M. and Tsiakas, I.(2015), “Carbon Emissions and Stock Returns: Evidence from the EU Emissions Trading Scheme”, *Journal of Banking & Finance*, Vol.58, pp.294-308.
- Ortas, E. and Alvarez, I.(2016), “The Efficacy of the European Union Emissions Trading Scheme: Depicting the Co-Movement of Carbon Assets and Energy Commodities Through Wavelet Decomposition”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.116, pp.40-49.
- Wang Xu, Qiao Qing-Wei and Chen Xiao(2021), “Dynamic Relationship between Carbon Emission Trading Market and New Energy Market: A Case Study of China's Carbon Market Pilot”, *Journal of China University of Mining and Technology*, pp.89-106.
- Wei, Yi-Gang, Li Yan and Wang Zhi-Cheng(2022), “Multiple Price Bubbles in Global Major Emission Trading Schemes: Evidence from European Union, New Zealand, South Korea and China”, *Energy Economics*, Vol.113, pp.1-11.
- Wen, Feng-Hua, Zhao, Li-Li, He Shao-Yi and Yang Guo-Zheng(2020), “Asymmetric Relationship between Carbon Emission Trading Market and Stock Market: Evidences from China,” *Energy Economics*, Vol.91, pp.1-13.
- Xu Jia, Tan Xiu-Jie, He Gang and Liu Yu(2019), “Disentangling the Drivers of Carbon Prices in China's ETS Pilots—An EEMD approach”, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol.139, pp.1-9.
- Yuan, Nan-Nan and Lu Yang(2020), “Asymmetric Risk Spillover between Financial Market Uncertainty and the Carbon Market: A GAS-DCS-Copula approach”, *Journal of Cleaner Production*, Vol.259, pp.1-12.
- Zhao, Li-Li, Liu Wen-Hua, Zhou Min and Wen Feng-Hua(2022), “Extreme Event Shocks and Dynamic Volatility Interactions: The Stock, Commodity, and Carbon Markets in China”, *Finance Research Letters*, Vol.47, pp.1-6.
- Zhu, Bang-Zhu, Ye Shun-Xin, Han Dong, Wang Ping, He Kai-Jian, Wei Yi-Ming and Rui Xie(2019), “A Multiscale Analysis for Carbon Price Drivers”, *Energy Economics*, Vol.78, pp.202-216.

A Study on the Dynamic Correlation between the Korean ETS Market, Energy Market and Stock Market

Guo-Dong Yang
Yin-Hua Li

Abstract

This paper analyzed the dynamic conditional correlation between the Korean ETS market, energy market and stock market. This paper conducted an empirical analysis using daily data of Korea's carbon credit trading price, WTI crude oil futures price, and KOSPI index from February 2, 2015 to December 30, 2021. First, the volatility of the three markets was analyzed using the GARCH model, and then the dynamic conditional correlations between the three markets were studied using the bivariate DCC-GARCH model. The research results are as follows. First, it was found that the Korean ETS market has a higher rate of return and higher investment risk than the stock market. Second, the yield volatility of the Korean ETS market was found to be most affected by external shocks and least affected by the volatility information of the market itself. Third, the correlation between the Korean ETS market and the stock market was stronger than that of the WTI crude oil futures market. This paper analyzed the correlation between the Korean ETS market, energy market, and stock market and confirmed that the level of financialization in the Korean ETS market is quite low.

〈Key Words〉 Emission Trading Scheme, Financialization, Dynamic Conditional Correlation, DCC-GARCH Model.