

# 주파수 연계성 방법을 적용한 해상운임지수와 상품시장의 전이효과분석\*

김부권\*\* · 원두환\*\*\*

## Analysis of the Spillover Effect of the Freight Rate Market and Commodity Market Using the Frequency Connectedness Method

Kim, BuKwon · Won, DooHwan

### Abstract

This study analyzes the spillover effects of returns and volatility between the commodity market and the maritime freight market across various frequency domains (short-term, medium-term, long-term). The key findings of the study can be summarized as follows. First, from the perspective of returns, a high linkage is observed in the short-term between the commodity and maritime freight markets, with the metal commodities market playing a particularly significant role in information transmission effect of return series. Second, in terms of volatility, the total connectedness increases from the short- to the long-term, with substantial long-term risk transmission effects observed especially in the BDI, BDTI, agricultural, and energy commodity markets. Notably, during major global events such as the U.S.-China trade war, COVID-19, and the Russia-Ukraine conflicts, a marked increase in the risk transmission effect in the energy commodities market was identified.

*Key words: commodity market, freight rate, spillover effects, frequency approach*

▷ 논문접수: 2023. 12. 06.      ▷ 심사완료: 2023. 12. 23.      ▷ 게재확정: 2023. 12. 28.

\* 『이 과제는 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음』

\*\* 부산대학교 경제학과 박사수료, 제1저자, [kimbk8824@pusan.ac.kr](mailto:kimbk8824@pusan.ac.kr)

\*\*\* 부산대학교 경제학부 교수, 교신저자, [doohwan@pusan.ac.kr](mailto:doohwan@pusan.ac.kr)

## I. 서론

해상운임지수는 세계 무역 활동과 글로벌 경제를 반영하는 주요한 지표로 해상 운송에 대한 수요와 공급의 균형상태를 나타낸다 (Bakshi et al., 2010). 해상운임지수의 이러한 특징으로 인해 다양한 연구에서 해상운임지수를 주요 거시경제 변수로써 활용하고 있다(박계각·김태기, 2006; 김현석·장명희, 2014; McPhail, 2011; Han et al., 2020; Bildirici et al., 2017; Bildirici et al., 2015). 또한, 해운지수는 상품의 종류에 따라 컨테이너, 건화물, 유조선 등으로 분류하고 있으며, 대표적인 건화물 지수로는 BDI(Baltic dry index), 에너지 상품과 관련된 지수로는 BCTI(Baltic clean tanker index), BDTI(Baltic dirty tanker index)로 구분될 수 있다. 즉, 각각의 해운지수는 상품의 성격과 상품시장의 수요에 따라 운임요금이 변화되는 특성을 보인다. 이러한 특성으로 인해 해운지수는 상품시장과 밀접한 연관이 존재한다(최기홍·김부권, 2022). 기존연구들에서도 이러한 점을 반영하여 해상운임시장과 상품시장의 관계에 대한 연구가 활발히 진행되었다(최기홍·김부권, 2022; Lin et al., 2019; Bandyopadhyay and Rajib, 2023; Radivojević et al., 2021; Gu et al., 2019; Bakshi et al., 2010).

Bakshi et al.(2010)은 1985년 5월부터 2010년 9월까지의 월별자료를 활용하여 주식시장, 상품시장, 경제활동에 대해 해운지수의 예측력을 분석하였다. 그들은 MA-IGARCH 모형을 적용하여 BDI가 주식시장 및 상품시장 변동을 예측하는데 중요한 요소라는 것을 밝혀 BDI가 선물시장이 아닌 금융시장의 주요 지표라는 것을 주장하였다. Gu et al.(2019)은 해운지수(BDI)가 철광석 현물시장에 미치는 영향을 공적분 검정과 그랜저 인과관계를 활용하여 분석하였다. 그들은 금융위기 시기에 급격한 상품시장의 성장과 급락에 대해 장기적으로 BDI가 철광석 시장에 양(+의 영향을 미치는 것으로 나타나 철광석 시

장의 수요에 운임요금이 주요한 결정요인이라는 것을 밝혔다.

그런데 Radivojević et al.(2021)의 연구에 따르면, 해운지수는 상품시장에 영향을 미치지 못하고, 상품 시장이 해운지수에 영향을 미칠 수 있다는 것을 주장하였으며, 상품시장별로 해운지수에 미칠 수 있는 영향력이 다르다는 것을 발견하였다. 또한, 그들은 COVID-19와 같은 공급망에 대한 위험이 존재할 때 해상운임시장에 대한 상품시장의 영향력이 더 클 수 있다는 것을 주장하였다. Bandyopadhyay and Rajib(2023)에서는 토타-야마모토(Toda-Yamamoto) 그랜저 인과관계 검정과 분위수 회귀 그랜저 인과검정(causality-in-quantiles) 검정을 통해 상품 종류에 따라 해운지수에 미치는 영향력이 달라질 수 있음을 확인하였으며, 주로 금속, 곡물, 에너지 상품이 해운 지수에 영향을 미칠 수 있다는 것을 발견하였다. 분위수 회귀 그랜저 인과검정 결과에 따르면, 극단적인 상황에서 상품시장과 해상운임시장은 서로 영향을 미칠 수 있다는 것을 발견하여 극단적인 시장 조건에서 두 시장의 연계성이 더 높아질 수 있다는 것을 주장하였다.

Lin et al.(2019)은 VAR-BEKK-GARCH-X 모형을 이용하여 해운지수(BDI)가 주식시장, 환율, 상품시장의 전이효과에 미치는 영향을 분석하였다. 그들은 극단적인 시기(금융위기 등)의 경우 BDI의 상품시장 영향력이 커진다는 것을 확인하였으며, BDI는 상품시장에 영향을 미치는 주요한 요인이라는 것을 주장하였다. 또한, 그들은 상품시장과 BDI의 관계는 수익률의 관점에 비해 변동성 즉, 위험의 관점에서 전이효과가 더 크게 나타난다는 것을 확인하였다.

해상운임시장과 상품시장을 분석한 국내연구는 최기홍·김부권(2022)의 연구가 유일한데, 그들에 따르면 Diebold and Yilmaz(2012, 2014, 2016)의 방법을 적용하여 상품시장과 해상운임시장의 연계성을 분석하였는데, 해상운임지수와 상품가격 사이의 상호 연관성이 낮게 나타나고 있으며, 농산물 상품이 해상운

표 1. 해상운임시장과 상품시장의 선행연구

저자	분석모형	주요내용
Kavussanos et al.(2014)	VECM	곡물 상품시장 선물가격이 해상운임요율에 주요한 영향을 미칠 수 있는데, 이는 해상운임시장에 비해 상품시장이 거래소를 기반으로 시장이 형성되기 때문에 상품시장의 수요와 공급에 따라 해상운임시장에 직접적인 영향을 미칠 수 있음
Gu et al.(2019)	그랜저 인과관계	철광석 시장의 수요에 해상 운임지수가 주요한 결정요인
Lin et al.(2019)	VAR-BEKK-GARCH-X	해상 운임지수가 상품시장에 주요한 영향을 미칠 수 있으며 특히, 금융위기와 같은 극단적인 시기에 상품시장의 영향력이 더 커질 수 있다는 것을 주장
Sun et al.(2020)	GARCH-copula-CoVaR	에너지 상품의 극단적인 위험이 해운시장 위험을 증폭시킬 수 있음을 확인하였으며, 에너지 상품 중 원유의 극단적인 위험이 해운시장에 가장 큰 파급 효과를 보여 해운시장에서 필수적인 요소라는 것을 확인
Radivojević et al.(2021)	system GMM	상품시장이 해상 운임지수의 결정요인. 특히, 상품별로 해상 운임지수에 미치는 영향이 다르다는 것을 주장
Bandyopadhyay and Rajib(2023)	토다-아마모토 그랜저 인과관계	다양한 상품 중 금속, 곡물, 에너지 상품이 해상 운임지수에 주요한 영향을 미칠 수 있음.
최기홍 · 김부권(2022)	Diebold and Yilmaz(2012)의 연계성 방법	해상운임지수와 상품가격 전반적인 연계성이 낮지만, 곡물 시장이 해상운임지수와 연계성이 높게 나타나는 시장이라는 것을 확인

임시장과 상품시장 시스템에서 중요한 요인이라는 것을 확인하였다. 특히, 최기홍·김부권(2022)는 COVID-19, 무역전쟁 등 다양한 사건을 기준으로 분류하여 연계성을 평가하였는데, 다양한 사건 중 COVID-19기간에 해상운임시장과 상품시장의 연계성이 높아진다는 것을 확인하였다.

이처럼 기존연구들의 결과를 살펴보면, 상품시장과 해상운임시장의 연계성이 존재하고 있으며, 해상운임시장과 상품시장이 서로 밀접한 영향이 있다는 것을 확인할 수 있다. 그런데, 기존연구들은 상품시장을 분석할 때, 대표적인 특정 상품으로만 분석하고 있기 때문에 상품시장 전반을 반영하기 어렵다. 또한, 단기, 중기, 장기와 같은 시기별 분석이 부족하여 상품시장과 해상운임시장의 기간별 영향력에 대한 파악이 부족하다. 일반적으로 상품시장은 그 특성에

따라 장기적인 계약과 단기적인 계약으로 구분되기 때문에 상품시장의 특성을 반영하여 분석하는 것이 필요하다(Bordo, 1980). 마지막으로 Lin et al.(2019)의 결과에서 볼 수 있듯이, 해상운임시장과 상품시장에 대한 수익률과 위험의 관점에서 이질적으로 반응할 가능성이 높다, 예를 들면, 해상운임시장과 상품시장의 가격정보는 시장의 효율성에 따라 단기적으로 조정될 수 있지만, 시장의 위험의 경우 위험의 특성에 따라 상대적으로 장기간 지속될 가능성이 높기 때문이다.

이러한 점을 고려하여 본 연구에서는 해상운임시장과 상품시장을 하나의 시스템으로 구성하여 Baruník and Křehlík (2018)의 주파수 연계성 (frequency connectedness) 방법을 적용하여 해상운임시장과 상품시장의 수익률, 변동성의 관점에서 시

장의 연계정도를 파악하고자 한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서 분석에 이용될 자료와 분석방법을 살펴보고, 3장에서는 상품 시장과 해상운임시장의 연계성에 대한 실증분석결과를 제시한다. 4장에서는 실증분석결과를 바탕으로 본 연구의 주요 결론을 제시한다.

## II. 자료 및 분석모형

### 1. 자료

본 연구는 해운지수, 상품 지수 사이의 수익률과 변동성의 관점에서 전이효과를 분석하였다. 분석에 이용될 자료로 해운지수는 대표적인 해운지수의 종류인 Baltic dry index(BDI), Baltic clean tanker index(BCTI), Baltic dirty tanker index(BDTI)를 선정

하였다. 상품지수는 S&P에서 발행되는 Goldman Sachs Commodity Index(GSCI)의 섹터 지수를 선정하였다. 선정된 섹터지수는 전체 상품시장에서 비중이 높은 금속(metal), 곡물(agric), 에너지 원료(energy), 축산물(live) 지수를 선정하였다. 분석기간은 2015년 4월 1일부터 2023년 6월 30일까지로 선정하였다. 각 자료는 Informax에서 구하였으며, 각 변수는 시계열 안정성을 위해 로그 수익률로 변환하였다. 또한, 변동성 자료는 students't 분포를 갖는 GARCH(1,1) 모형으로 추출한 조건부 변동성을 변동성 변수로 선정하였다.

〈표 2〉는 각 수익률 변수의 기초통계량과 단위근 검정결과가 제시되어 있다. 먼저 〈표 2〉의 Panel A를 살펴보면, 수익률 변수의 기초통계량이 제시되어 있는데, 평균의 경우 모든 변수가 0에 가깝게 나타났다. 최대값과 최소값의 범위와 표준편차를 고려하면,

표 2. 각 변수의 기초통계량 및 단위근 검정 결과

Panel A: 기초통계량

	BDI	BCTI	BDTI	METAL	AGRIC	ENERGY	LIVE
평균	0.03	-0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
최대값	20.34	29.22	23.81	4.56	4.96	25.25	5.30
최소값	-19.23	-57.20	-24.57	-3.86	-5.25	-39.44	-6.23
표준편차	3.15	3.09	2.53	0.92	1.14	2.88	1.11
왜도	0.53	-1.77	1.33	-0.08	-0.03	-1.42	-0.29
첨도	7.22	74.94	31.33	4.33	4.87	32.50	5.15
Jarque-Bera	1588.08 <sup>a</sup>	434911.50 <sup>a</sup>	67880.32 <sup>a</sup>	150.81 <sup>a</sup>	292.23 <sup>a</sup>	73633.38 <sup>a</sup>	417.50 <sup>a</sup>

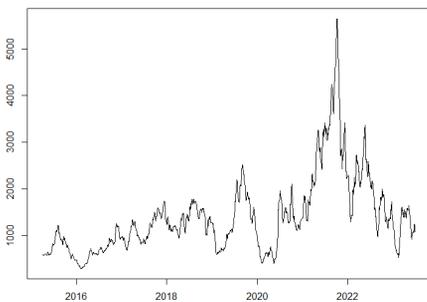
Panel B: 단위근 검정 결과

ADF	-17.21 <sup>a</sup>	-14.69 <sup>a</sup>	-16.53 <sup>a</sup>	-44.34 <sup>a</sup>	-15.24 <sup>a</sup>	-8.23 <sup>a</sup>	-13.77 <sup>a</sup>
PP	-19.96 <sup>a</sup>	-27.55 <sup>a</sup>	-23.49 <sup>a</sup>	-44.37 <sup>a</sup>	-41.75 <sup>a</sup>	-45.12 <sup>a</sup>	-41.06 <sup>a</sup>

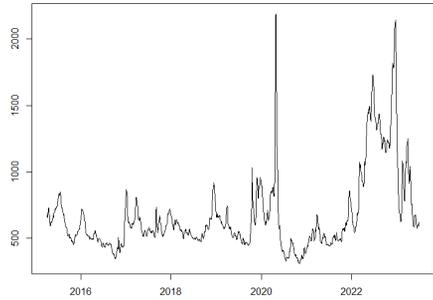
주: <sup>a</sup>는 1% 유의수준에서 유의하다는 것을 의미함.

해운지수의 경우 BDI가 가장 크게 나타났으며, 상품지수의 경우 ENERGY가 가장 크게 나타나 두 변수가 해운지수와 상품지수 변수 중에 가장 변동이 크다는 것을 유추할 수 있다. 또한, 왜도의 경우 BDI, BDTI를 제외하고 모두 음의 값으로 나타나 왼쪽 꼬리를 갖는 것을 확인할 수 있다. 첨도를 살펴보면, 모든 변수에서 정규분포의 기준인 3보다 크게 나타나 정규분포에 비해 뾰족한 분포의 형태를 갖는 것을 유추할 수 있다. Jarque-Bera 검정을 살펴보면, 각 변수가 1% 유의수준에서 정규분포를 가정하는 귀무가설을 기각해 모든 변수가 정규분포 이외의 분포를 갖는 것을 확인할 수 있다. <표 2>의 Panel B는 수익률 변수의 단위근 검정 결과가 제시되어 있는데, ADF와 PP검정 모두 1% 유의수준에서 단위근이 있다는 귀무가설을 기각해 단위근이 없는 안정적인 변수라는 것을 확인할 수 있다.

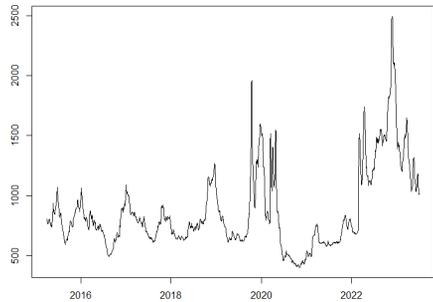
<그림 1>은 해운지수, 상품지수 원자료의 추이를 나타낸다. 해운지수를 살펴보면, COVID-19 전후를 기준으로 급격한 변화가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 상품지수를 살펴보면, COVID-19 기간에 급격한 하락을 경험하고 이후 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 시기에 급격한 증가가 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 각 섹터의 특성에 따라 가격 변화가 나타나는 것을 확인할 수 있다.



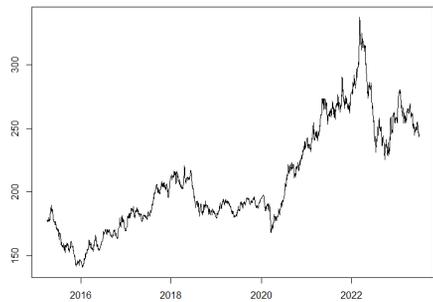
BDI



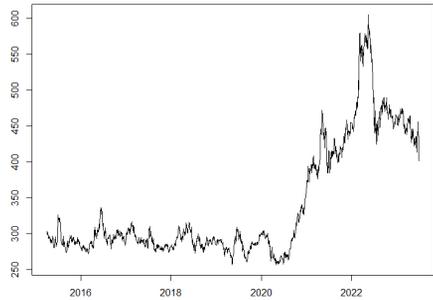
BCTI



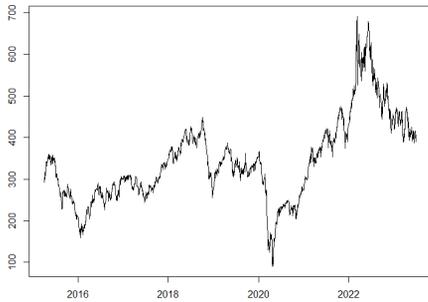
BDTI



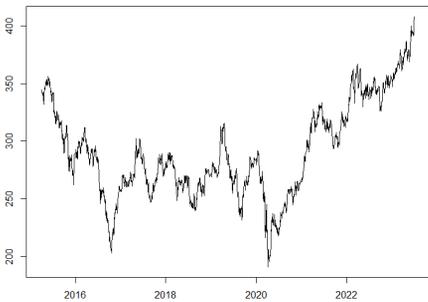
METAL



AGRIC



ENERGY

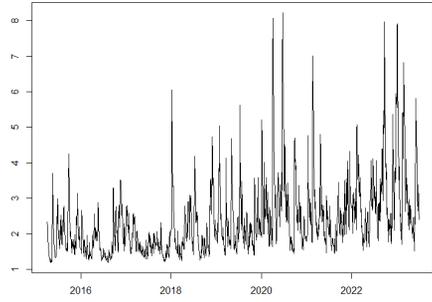


LIVE

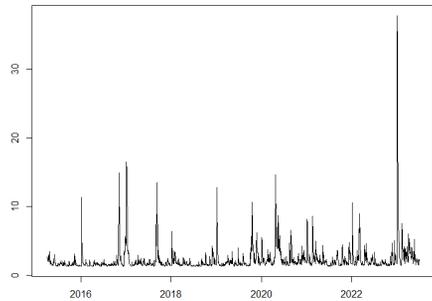
그림 1. 수익률 변수의 추이

〈그림 2〉는 GARCH 모형으로 추출한 해운지수, 상품지수의 변동성 추이를 나타낸다. 해운지수를 살펴보면, BDI의 변동성의 변화가 가장 크게 나타나고, BCTI의 경우 2022년에 급격한 증감을 보여주고 있으며, BDTI는 2016년 중국 불황, 2018년 미·중 무역전쟁, 2020년 COVID-19, 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 등 특정 경제적 사건이 발생할 때마다 변동성이 급격히 변화하는 것을 확인할 수 있다. 상품지수의 경우 공통적으로 COVID-19와 러시아-우크라이나 전쟁 시기에 급격한 변화를 경험하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 해운지수와 상품지수 경제적 불확실성과 관련된 사건이 발생할 때 변동성 즉, 위험이 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있다.

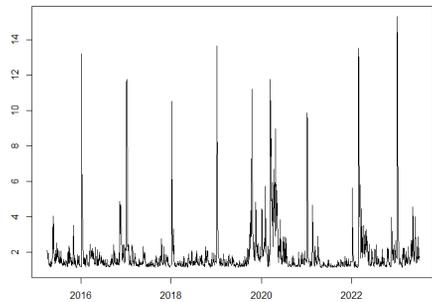
E



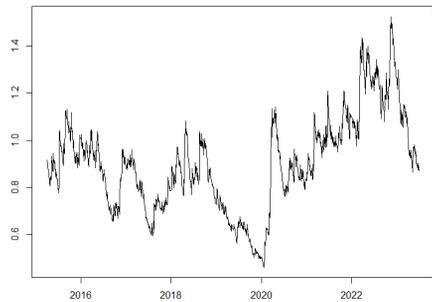
BDI



BCTI



BDTI



METAL

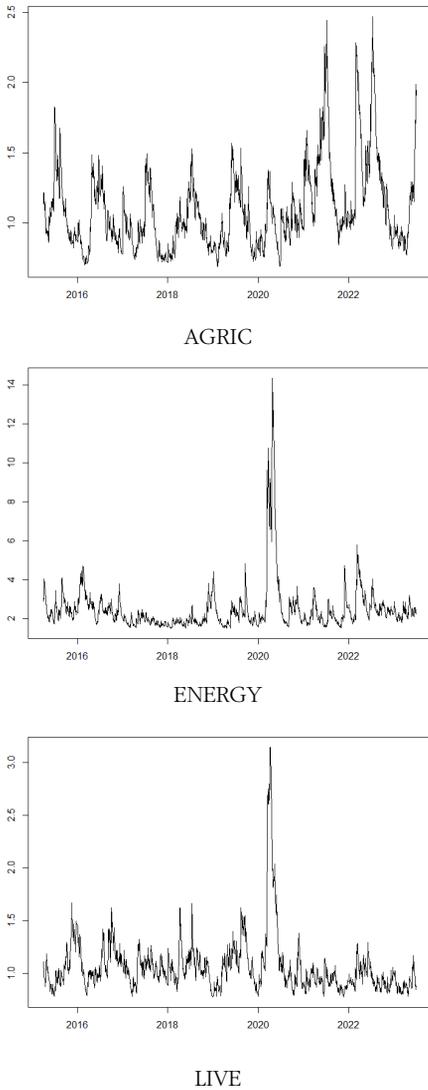


그림 2. 변동성 변수의 추이

2. Baruník and Křehlík (2018)의 주파수 연계성(frequency-domain connectedness)

본 연구에서는 해상운임시장과 상품시장의 정보전이효과를 살펴보기 위해 Diebold and Yilmaz (2009, 2012)에 의해 개발된 연계성 방법을 주파수 영역으

로 확장시킨 Baruník and Křehlík (2018)의 주파수 영역 연계성 방법(frequency-domain connectedness)을 적용하였다.

일반적으로 시스템 연계성은  $VAR(p)$  모형을 활용하여 측정할 수 있다. 즉,  $VAR(p)$  모형에서 추출할 수 있는 분산분해를 활용하여 특정 시장(변수)로부터 발생하는 충격으로 인해 특정 시장(변수)에 유발되는 전이효과에 대한 정보를 제공해주고, 이러한 정보 전이효과를 통해 시스템의 상호연결성을 측정할 수 있다(Diebold and Yilmaz, 2009, 2012; 최기홍·김부권, 2022). 그러나, Diebold and Yilmaz(2009)에 의해 제안된 일반적인 연계성 방법은 시간영역(time-domain)을 강조하고 있는데, 시간영역을 고려한 연계성은 시간에 따른 데이터의 연속적인 변화를 살펴보는데 유용하지만 단기, 중기, 장기 등 다양한 주파수 영역(frequency-domain)을 고려하지 못해 주파수 영역을 고려하지 못하는 단점이 있다. 특히, 경제 변수들이 다양한 주파수에서 각기 다른 반응을 보인다는 것을 고려할 때, 시간 영역만을 활용하는 접근법은 해당 정보를 완전히 포착하지 못하게 된다. 이에 이어 Baruník and Křehlík(2018)는 시간 영역에서의 정보전달 특성을 주파수 영역으로 확장하여 시계열 자료의 다양한 주파수 구성요소를 파악하고 이들 사이의 상호 작용과 연결성을 분석하는 데 중점을 둔다. 이러한 접근법은 시스템 내에서 다양한 주파수에서의 상호 연결성과 정보전이 효과를 보다 정교하게 파악할 수 있게 해준다(Baruník and Křehlík, 2018).

Baruník and Křehlík (2018)의 주파수 영역 연계성을 측정하는 방법은 다음의  $VAR(p)$ 에서 시작한다.

$$y_t = \varnothing_1 y_{t-1} + \varnothing_2 y_{t-2} + \dots + \varnothing_p y_{t-p} + \epsilon_t. \tag{1}$$

여기서  $\varnothing_1, \dots, \varnothing_p$ 는 계수 행렬을 의미하고,  $\epsilon_t$ 는 공분산 행렬  $\Sigma$ 를 갖는 i.i.d 오차항을 의미한다. 식 (1)을 이동평균(moving average)으로 전환하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$y_t = \Psi_0 \epsilon_t + \Psi_1 \epsilon_{t-1} + \dots + \Psi_p \epsilon_{t-p} + \dots + \Psi_\infty \epsilon_{t-\infty} \quad (2)$$

여기서  $\Psi(L)$ 는  $(\Psi(L))^{-1} = \emptyset(L)$ 으로부터 도출되고, Koop et al.(1996)과 Pesaran and Shin(1998)의 일반화된 분산분해(generalized forecast error variance decomposition)를 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_{ij}^H = \frac{\sigma_{jj}^{-1} \sum_{h=0}^H ((\Psi_h \Sigma)_{i,j})^2}{\sum_{h=0}^H (\Psi_h \Sigma \Psi_h')_{i,j}} \quad (3)$$

여기서  $\Psi_h$ 는  $h$ 시차에서 이동평균 계수 행렬을 의미하고,  $\Sigma$ 는 오차 벡터  $\epsilon$ 의 분산행렬이고,  $\sigma_{jj}$ 는  $j$ 변수의 표준편차를 의미한다. 결국  $\theta_{ij}^H$ 는 예측수평선(horizon forecast)에서  $i$  변수의 예측오차 분산분해에 대한  $j$  변수의 기여도(contribution)를 의미한다.  $\theta_{ij}^H$ 로 도출한 각 행의 분산분해 비율은 일반화 예측오차 분산분해에서 합이 1이 되지 않기 때문에 다음과 같이 표준화 할 수 있다.

$$\tilde{\theta}_{ij}^H = \frac{\theta_{ij}^H}{\sum_{j=1}^N \theta_{ij}^H} \quad (4)$$

즉,  $\tilde{\theta}_{ij}^H$ 는 수평선(horizon)  $H$ 에서  $i$ 에서  $j$ 로의 쌍별 연계성(pairwise connectedness)를 측정할 수 있으며, 쌍별 연계성의 합으로 시스템 내에서의 총 연계성을 도출할 수 있다.

이처럼 일반화된 예측오차 분산분해로 도출한 시스템 연계성은 시간영역으로 국한되어 있기 때문에 주파수영역으로 확장하기 위해서는 스펙트럴 분산분해(spectral decomposition)를 적용할 수 있다(Baruník and Křehlík, 2018). Baruník and Křehlík (2018)은 스펙트럴 방법을 적용하기 위해 주파수 충격반응함수

를 고려하였다. 식 (1)을 푸리에 변환(Fourier transformation)을 적용하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\Psi(e^{-iw}) = \sum_{h=0}^{\infty} e^{-iwh} \Psi_h \quad (5)$$

여기서  $w$ 는 주파수를 의미하고,  $i = \sqrt{-1}$ 을 의미한다. 즉, 주어진 주파수  $w$ 에서  $y_t$ 에 대한 스펙트럴 밀도는 다음과 같이 파워 스펙트럼(power spectrum)으로 정의될 수 있다.

$$S_y(w) = \sum_{h=-\infty}^{\infty} E(y_t y_{t-h}') e^{-iwh} \\ = \Psi_h(e^{-iw}) \sum \Psi_h'(e^{+iw}) \quad (6)$$

여기서,  $E(y_t y_{t-h}')$ 는  $\int_{-\pi}^{\pi} S_y(w) e^{iwh} dw$ 로 표현할 수 있고, 이는 주파수에 대한 공분산을 의미한다. 도출한 파워 스펙트럼을 활용하여 주어진 주파수  $w \in (-\pi, \pi)$ 에서 스펙트럴 분산분해는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$(\theta(w))_{ij} = \frac{\sigma_{jj}^{-1} |(\Psi(e^{-iw}) \Sigma)_{ij}|^2}{(\Psi_h(e^{-iw}) \Sigma (\Psi_h'(e^{+iw})))} \quad (7)$$

여기서  $\Psi_h(e^{-iw}) = \sum_h e^{-iwh} \Psi_h$ 는 충격반응 함수  $\Psi_h$ 에 대한 푸리에 변환을 의미하고,  $(\theta(w))_{ij}$ 는 주어진 주파수  $w$ 에서  $j$  변수의 충격으로부터  $i$  변수에 대한 스펙트럼 비율을 의미한다.

이처럼 식 (7)을 활용하여 주어진 주파수에서 분산분해를 적용하기 위해서  $(\theta(w))_{ij}$ 를  $j$  변수의 주파수 분산 비율로 조정할 수 있는데, 이를 표현하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Omega_i(w) = \frac{(\Psi_h(e^{-iw}) \Sigma (\Psi_h'(e^{+iw})))_{ii}}{\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} (\Psi_h(e^{-i\lambda}) \Sigma (\Psi_h'(e^{+i\lambda})))_{ii} d\lambda} \quad (8)$$

여기서  $\Omega_i(w)$ 는 주어진 주파수  $w$ 에서  $i$  변수의

파위를 의미하고,  $\lambda$ 는 주파수 영역을 의미하는 변수이다.

식 (5) ~ 식 (8)을 통해 주파수 충격반응함수를 주파수 분산분해로 확장한다고 가정하고, 주파수가  $b = -\pi \leq \alpha \leq \beta \leq \pi$ 로 정의된다면, 주파수 구간  $w$ 에서 일반화된 예측오차 분산분해는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$(\theta_b)_{ij} = \frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\beta} \Omega_i(w)(\theta)_{ij} dw. \quad (9)$$

식 (9)의 주파수 예측오차 분산분해를 식 (4)를 활용하면 각 열의 합을 1로 표준화 할 수 있다  $(\tilde{\theta}_b)_{ij} = (\theta_b)_{ij} / \sum_j (\theta_{\infty})_{ij}$ . 표준화된 분산 비율을 활용하여 주어진 주파수에서 within 총 연계성 ( $WT$ ), 유출효과( $DC_{i \rightarrow j}$ ), 유입효과( $DC_{i \leftarrow j}$ ), 순효과( $NC$ )를 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$WT^b = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (\tilde{\theta}_b)_{ij}}{\sum_{ij} (\tilde{\theta}_b)_{ij}} \right) \times 100. \quad (10)$$

$$DC_{i \rightarrow j}^b = \sum_{i=1, i \neq j}^N (\tilde{\theta}_b)_{ij} \times 100. \quad (11)$$

$$DC_{i \leftarrow j}^b = \sum_{i=1, i \neq j}^N (\tilde{\theta}_b)_{ji} \times 100. \quad (12)$$

$$NC_i^b = DC_{i \rightarrow j}^b - DC_{i \leftarrow j}^b. \quad (13)$$

식 (10)은 총 연계성을 의미하는데, 총 연계성은 주어진 주파수에서 전체 예측오차 분산에 대한 모든 변수들의 충격에 의해 설명된 비중을 의미하고, 총 연계성이 100에 가까울수록 시스템 내의 연계성이 높다는 것을 의미하고, 총 연계성이 0에 가까울수록 시스템 내의 연계성이 낮다는 것을 의미한다. 식 (11)과 식 (12)는 유입효과와 유출효과를 의미한다. 유입효과는 주어진 주파수에서  $j$  변수의 충격이  $i$  변수에 전달되는 정보효과를 의미하고, 유출효과는

주어진 주파수에서  $i$  변수의 충격이  $j$  변수에 전달되는 정보효과를 의미한다. 총 연계성과 유사하게 유입 또는 유출 연계성이 100에 가까울수록 전달되는 정보전달이 크다는 것을 의미하고, 0에 가까울수록 정보전이효과가 없다는 것을 의미한다. 식 (13)은 순효과를 의미하는데, 순효과는 유출효과에서 유입효과를 뺀 것을 의미하고, 이 값이 0보다 크다면 특정 변수  $i$ 가 다른 모든 변수에 영향을 미친다는 것을 의미하고, 이 때  $i$ 를 순 송신자(net giver)로 정의할 수 있다. 이 값이 0보다 작다면 특정 변수  $i$ 가 다른 모든 변수에 영향을 받는다는 것을 의미하고, 이때,  $i$ 를 순 수신자(net receiver)로 정의할 수 있다.

### III. 실증분석 결과

#### 1. 수익률 관점에서 주파수 연계성 분석

주파수 연계성 분석을 위해 수익률 모형은 AIC 기준으로 VAR 모형의 최적 시차를 3으로 설정하였으며, 일반화 예측오차 분산분해 기간은 주파수 연계성 분석을 위한 최소 단위인 100일로 설정하였다 (Bossman et al., 2022). <표 3>은 수익률 관점에서 단기, 중기, 장기로 분해한 연계성 결과가 제시되어 있다. <표 3>의 총 연계성 결과를 살펴보면, 단기의 경우 7.44%, 중기의 경우 3.05%, 장기의 경우 1.82%로 나타나 단기에서 장기로 갈수록 총 연계성의 크기가 작아진다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 가격 정보에 대한 연계정도는 중기, 장기에 비해 상대적으로 단기에 크게 나타나 가격 변화에 대한 정보는 단기로 빠르게 조정된다는 것을 의미한다. 특히, 단기, 중기, 장기에 대한 연계성 표를 살펴보면, 주대각선의 자기자신의 충격에 대해 전반적으로 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있다. 유입 연계성과 유출 연계성을 살펴보면, 해상운임시장에 비해 상품시장의

연계성 지수가 더 크게 나타나 해상운임시장과 상품 시장 사이의 정보 파급효과는 상품시장에 의해 주도

표 3. 수익률 관점에서 주파수 연계성 결과

Panel A: 단기 정적 연계성 표

	METAL	AGRIC	ENERGY	LIVE	BDI	BCTI	BDTI	ABS_FROM	WTH_FROM
METAL	67.38	4.36	6.08	0.46	0.20	0.07	0.03	1.60	2.49
AGRIC	4.78	68.19	4.61	0.72	0.06	0.34	0.05	1.51	2.35
ENERGY	6.38	4.42	69.39	0.88	0.17	0.54	0.63	1.86	2.90
LIVE	0.33	0.76	0.70	75.07	0.22	0.20	0.20	0.34	0.54
BDI	0.21	0.07	0.04	0.07	39.99	0.35	0.02	0.11	0.17
BCTI	0.10	0.10	0.43	0.03	0.34	38.83	5.38	0.91	1.42
BDTI	0.07	0.16	0.51	0.46	0.05	6.50	38.66	1.11	1.72
ABS_TO	1.70	1.41	1.77	0.37	0.15	1.14	0.90	<b>7.44</b>	
WTH_TO	2.64	2.20	2.75	0.58	0.23	1.78	1.40		11.58
NC	0.10	-0.10	-0.09	0.03	0.04	0.23	-0.21		

Panel B: 중기 정적 연계성 표

	METAL	AGRIC	ENERGY	LIVE	BDI	BCTI	BDTI	ABS_FROM	WTH_FROM
METAL	12.64	1.24	1.30	0.18	0.00	0.03	0.03	0.40	1.67
AGRIC	0.91	13.67	0.77	0.09	0.02	0.14	0.04	0.28	1.18
ENERGY	1.08	0.84	10.25	0.16	0.04	0.25	0.16	0.36	1.52
LIVE	0.17	0.23	0.26	15.31	0.09	0.05	0.43	0.18	0.74
BDI	0.10	0.00	0.04	0.04	36.94	0.25	0.03	0.07	0.28
BCTI	0.04	0.01	1.14	0.01	0.34	24.94	6.56	1.16	4.87
BDTI	0.01	0.08	0.84	0.28	0.27	2.79	31.29	0.61	2.57
ABS_TO	0.33	0.34	0.62	0.11	0.11	0.50	1.04	<b>3.05</b>	
WTH_TO	1.39	1.44	2.61	0.46	0.46	2.11	4.36		12.82
NC	-0.07	0.06	0.26	-0.07	0.04	-0.66	0.43		

Panel C: 장기 정적 연계성 표

	METAL	AGRIC	ENERGY	LIVE	BDI	BCTI	BDTI	ABS_FROM	WTH_FROM
METAL	4.78	0.49	0.59	0.09	0.00	0.01	0.02	0.17	1.43
AGRIC	0.33	4.92	0.26	0.02	0.01	0.05	0.03	0.10	0.83
ENERGY	0.37	0.28	3.73	0.06	0.00	0.19	0.16	0.15	1.26
LIVE	0.06	0.05	0.13	5.38	0.06	0.00	0.28	0.08	0.69
BDI	0.04	0.00	0.03	0.02	21.70	0.04	0.01	0.02	0.17
BCTI	0.02	0.00	0.80	0.01	0.34	14.77	5.81	1.00	8.31
BDTI	0.00	0.05	0.38	0.08	0.26	1.30	15.96	0.30	2.46
ABS_TO	0.12	0.12	0.31	0.04	0.10	0.23	0.90	<b>1.82</b>	
WTH_TO	0.98	1.04	2.61	0.33	0.80	1.89	7.51		15.16
NC	-0.05	0.02	0.16	-0.04	0.08	-0.77	0.61		

주: "ABS\_TO"는 특정 시장  $i$ 에서 다른 모든 시장으로의 파급효과를 의미하고, "ABS\_FROM"은 다른 모든 시장으로부터 시장  $i$ 로 파급되는 효과이다. "WTH\_TO"는 특정 주파수 영역에서 특정 시장  $i$ 에서 다른 모든 시장으로의 파급효과이고, "WTH\_FROM"은 특정 주파수 영역에서 다른 모든 시장으로부터 특정 시장  $i$ 로의 파급효과이다. "NC"는 시장이 순 송신자(NC giver)인지 순 수신자(NC receiver)인지를 의미하는 지표이고, 굵은 글씨로 표기된 부분은 주어진 주파수 영역 내의 전체 연결성 지수를 의미한다.

마지막으로 총 연계성 결과를 바탕으로 단기를 중심으로 살펴보면, 연계성 순 효과(NC)는 금속, 축산물, BDI, BCTI의 경우 해상운임시장과 상품시장 시스템 내에서 순 송신자로 나타나고, 농산물, 에너지, BDTI의 경우 순 수신자로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

아래 <그림 3>은 <표 3>에서 계산된 연계성 지수를 활용한 쌍별 효과를 네트워크 그림으로 표현한 것이다. 즉, <그림 3>은 단기, 중기, 장기에 대한 곡물시장과 해상운임시장의 정보전이 방향성과 그 크기를 살펴볼 수 있는 지표이다. <그림 3>에서 빨간색에 가까울수록 다른 시장에 미치는 영향력이 크다는 것을 알 수 있고, 선이 굵고 빨간색에 가까울수록 정보의 파급효과가 크다는 것을 의미한다.

<표 3>의 총 연계성을 기반으로 단기, 중기, 장기 중 단기를 중심으로 살펴보면, 상품시장의 경우 금속

상품시장의 영향력이 크다는 것을 확인할 수 있으며, 금속시장의 가격정보는 에너지 상품시장, 농산물 상품시장에 대한 영향력이 크다는 것을 의미한다. 금속 시장은 건설활동, 제조업 생산, 인프라 투자와 같은 경제활동 상태를 반영하는 지표이고, 에너지 상품 시장은 비용의 관점에서 금속시장과 연결되어 있다. 또한, 농산물 시장의 수요도 결국 기계 및 운송에 필요한 수요와 연관되어 있기 때문에 금속시장과 밀접한 영향이 있다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 금속 상품 시장이 세계 경기를 반영하는 지표이기 때문에 상품 시장에서 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다 (Geman, 2005). 해상운임시장의 경우 BDI와 성격이 다른 BCTI가 BDTI에 주로 영향을 미치는 것을 확인할 수 있는데, 이는 에너지 수요를 반영한다는 것을 의미한다.

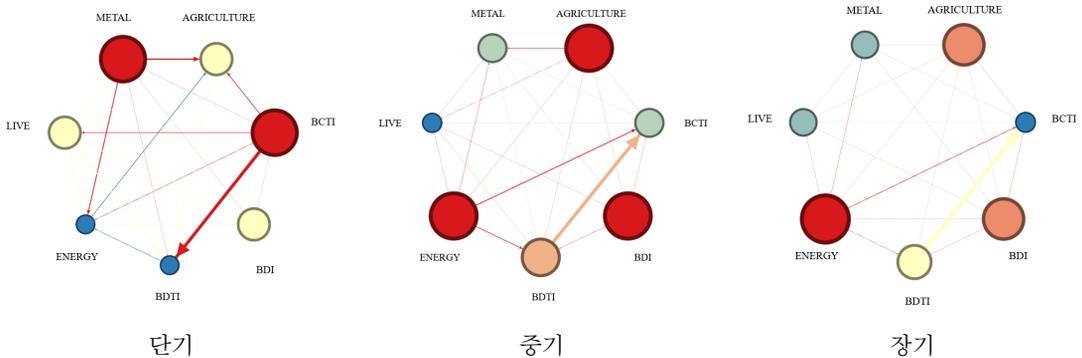
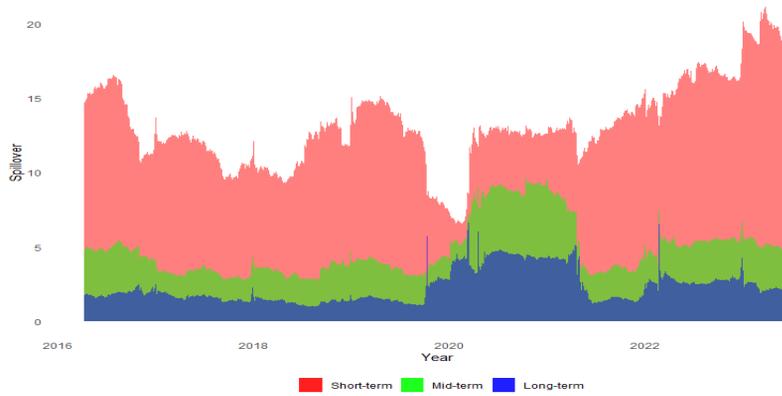


그림 3. 수익률 관점에서 단기, 중기, 장기 순 쌍별 네트워크 연계성

다음으로, 시간 가변효과를 고려한 동적 연계성을 살펴본다. 일반적으로 연계성 분석방법은 전체 기간에 대한 정적(static) 효과에 한정되어 있기 때문에 시간 가변효과를 고려할 수 없는 단점이 있다. 이에 본 연구는 표본이동분석(rolling window) 방법을 적

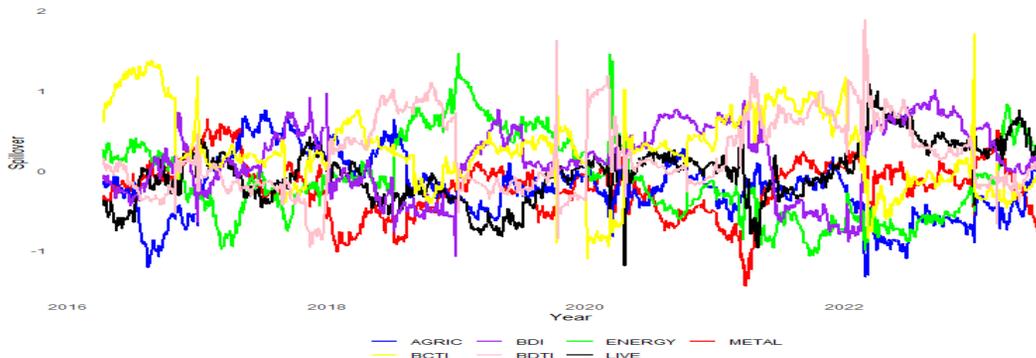
용하여 상품시장과 해상운임시장 사이의 동적 연계성을 분석하였다. 예측기간은 주파수 연계성 분석의 최소 단위인 100일을 기준으로 설정하였으며, 표본 이동 기간을 250일로 설정하여 분석하였다.



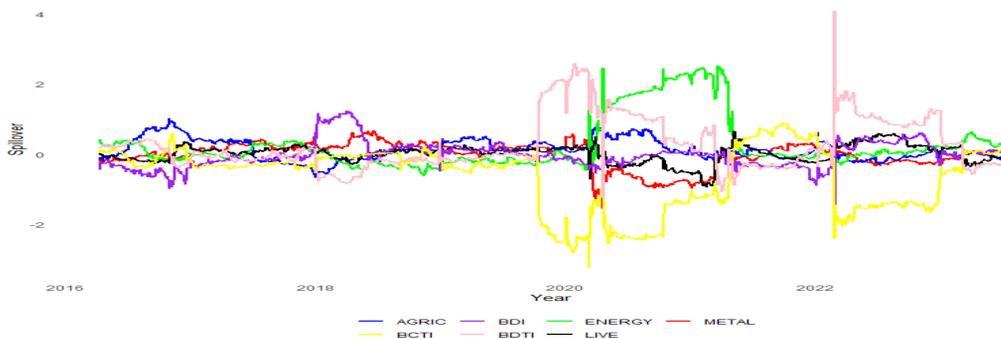
〈그림 4〉 수익률의 관점에서 시간 가변 효과를 고려한 총 연계성

아래 〈그림 4〉는 수익률 관점에서 살펴본 상품시장과 해상운임시장의 총 연계성의 시간 가변효과를 나타낸다. 〈표 3〉의 정적 연계성 결과와 유사하게 모든 기간에서 단기, 중기, 장기 순으로 점차 연계성

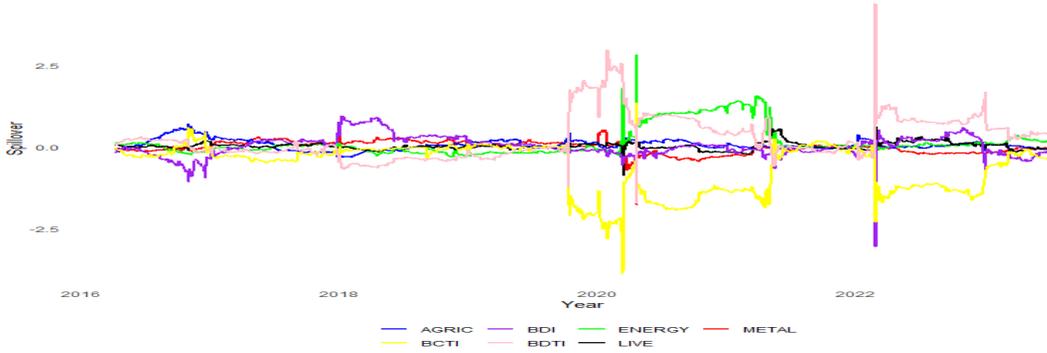
이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 동적 효과를 고려하더라도 가격 정보는 단기적으로 빠르게 전이된다는 것을 의미한다.



(a) 단기 동적 순 연계성



(b) 중기 순 연계성



(c) 장기 순 연계성

〈그림 5〉 수익률 관점에서 단기 시간 가변 효과를 고려한 순 연계성

〈표 4〉 변동성 관점에서 주파수 연계성 결과

Panel A: 단기 정적 연계표

	METAL	AGRIC	ENERGY	LIVE	BDI	BCTI	BDTI	ABS_FROM	WTH_FROM
METAL	0.25	0.06	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.14
AGRIC	0.00	1.64	0.02	0.03	0.00	0.02	0.06	0.02	0.20
ENERGY	0.07	0.00	2.42	0.00	0.00	0.05	0.03	0.02	0.24
LIVE	0.13	0.03	0.00	2.06	0.01	0.00	0.01	0.03	0.28
BDI	0.01	0.00	0.01	0.00	9.43	0.30	0.13	0.06	0.71
BCTI	0.01	0.12	0.32	0.03	0.34	17.10	5.74	0.94	10.32
BDTI	0.07	0.30	0.28	0.07	0.18	5.84	16.35	0.96	10.61
ABS_TO	0.04	0.07	0.09	0.02	0.08	0.89	0.86	<b>2.04</b>	
WTH_TO	0.46	0.80	0.99	0.20	0.85	9.77	9.43		22.50
NC	0.03	0.05	0.07	-0.01	0.01	-0.05	-0.11		

Panel B: 중기 정적 연계표

	METAL	AGRIC	ENERGY	LIVE	BDI	BCTI	BDTI	ABS_FROM	WTH_FROM
METAL	0.69	0.18	0.00	0.02	0.03	0.00	0.05	0.04	0.22
AGRIC	0.00	4.61	0.05	0.09	0.03	0.04	0.28	0.07	0.38
ENERGY	0.22	0.01	7.37	0.14	0.02	0.18	0.20	0.11	0.60
LIVE	0.47	0.15	0.14	6.23	0.04	0.03	0.11	0.13	0.74
BDI	0.01	0.02	0.01	0.01	26.73	0.93	0.59	0.22	1.23
BCTI	0.01	0.26	0.71	0.06	0.75	27.92	10.43	1.75	9.57
BDTI	0.08	0.55	0.82	0.13	0.37	9.22	26.76	1.60	8.74
ABS_TO	0.11	0.17	0.25	0.06	0.18	1.49	1.67	<b>3.92</b>	
WTH_TO	0.62	0.92	1.35	0.35	0.97	8.14	9.13		21.48
NC	0.07	0.10	0.14	-0.07	-0.05	-0.26	0.07		

Panel C: 장기 정적 연계표

	METAL	AGRIC	ENERGY	LIVE	BDI	BCTI	BDTI	ABS_FROM	WTH_FROM
METAL	66.55	15.51	2.92	1.85	3.50	0.26	8.11	4.59	6.32
AGRIC	0.73	83.70	0.36	1.63	2.34	0.06	4.31	1.35	1.85
ENERGY	2.77	3.46	56.60	18.92	1.56	0.79	5.18	4.67	6.42
LIVE	3.05	2.42	19.05	63.08	0.53	0.12	2.34	3.93	5.41
BDI	3.25	0.28	0.36	0.40	53.66	1.72	2.17	1.17	1.61
BCTI	0.45	0.60	1.38	0.71	2.22	21.49	9.34	2.10	2.89
BDTI	0.19	0.29	5.41	2.81	1.33	6.97	22.02	2.43	3.34
ABS_TO	1.49	3.22	4.21	3.76	1.64	1.42	4.49	<b>20.24</b>	
WTH_TO	2.05	4.43	5.80	5.17	2.26	1.95	6.18		27.84
NC	-3.10	1.88	-0.46	-0.17	0.47	-0.68	2.06		

주: <표 3>의 각주를 참조하길 바람.

단기를 중심으로 총 연계성을 살펴보면, 2020년 COVID-19기간에 연계성이 급격하게 하락하는 것으로 나타났는데, 이는 COVID-19로 인한 비대면 사회 구조의 전환 및 공급체인 붕괴로 인한 것으로 볼 수 있다(Hayakawa and Mukunoki, 2021). 또한, 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 이후 시장의 연계성이 높아지는 것을 확인할 수 있는데, 이러한 결과는 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 불확실성의 확대로 인한 것으로 볼 수 있다(Monge et al., 2023).

<그림 5>는 수익률 관점에서 시간 가변효과를 고려한 동적 순 연계성 효과를 나타낸다<sup>1)</sup>. 총 연계성이 단기에서 높다는 점을 고려하여 순 연계성 결과를 단기를 중심으로 살펴보면, 특정 시기를 제외하고 BCTI와 BDTI가 시스템 내에서 순 송신자로 나타나는 것을 확인할 수 있으며, 상품시장의 경우 에너지 상품이 2018년, 2020년과 같이 불확실성이 높은 사건이 발생할 때 순 송신자로 전환된다는 것을 확인할 수 있다.

1) 순 연계성 효과가 유출효과에서 유입효과를 뺀 값이기 때문에 지면절약상의 이유로 유출효과와 유입효과를 살펴보는 대신 순 연계성을 중심으로 시장의 전이효과를 파악하고자 한다.

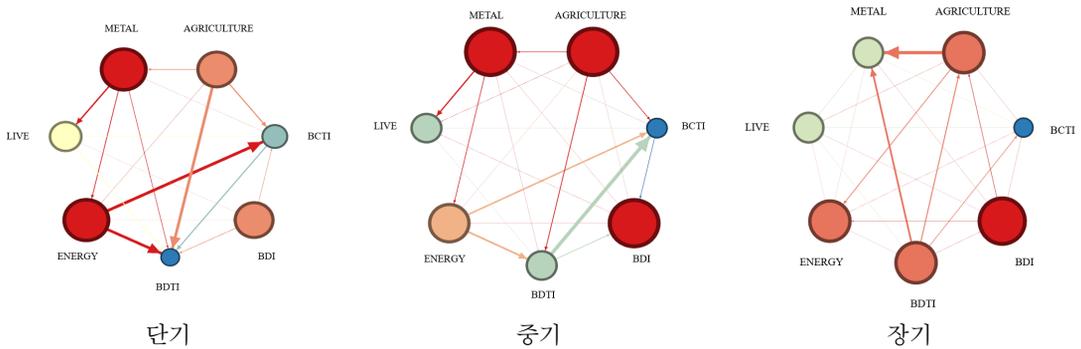
## 2. 변동성 관점에서 주파수 연계성

주파수 연계성 분석을 위해 변동성 모형은 AIC 기준으로 VAR 모형의 최적 시차를 2로 설정하였으며, 일반화 예측오차 분산분해 기간은 수익률 모형과 동일하게 주파수 연계성 분석을 위한 최소 단위인 100일로 설정하였다. <표 4>는 상품가격, 해운가격을 GARCH 모형으로 추출한 조건부 변동성을 이용하여 변동성의 관점에서 단기, 중기, 장기에서의 주파수 연계성 결과가 제시되어 있다. 먼저 총 연계성을 살펴보면 수익률 모형의 결과와 달리 단기에서 장기로 갈수록 변동성 즉, 위험의 전이효과가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 상품시장의 민감성과 경기 변동에 따른 해상운임시장의 반응으로 인한 것으로 볼 수 있다(Sun et al., 2020). 특히, 단기, 중기, 장기의 주대각선을 살펴보면, 장기의 경우에만 자기자신의 정보전이효과에 영향을 많이 받는다는 것을 확인할 수 있고, 유입 연계성과 유출 연계성을 중심으로 살펴보면 장기의 경우에만 상품시장의 유입 또는 유출효과가 크게 나타나 상대적으로 해상운임시장에 비해 상품시장의 영향력이 크다는 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 순 연계성 효과를

살펴보면, 단기와 중기의 경우 순 송신자가 금속, 에너지 상품으로 나타났으며, 순 수신자의 경우 BCTI로 나타났으나, 장기의 경우 농산물, BDI, BDTI가 순 송신자, 금속, 에너지 상품이 순 수신자로 전환되는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 6〉은 〈표 4〉의 결과를 활용하여 변동성의 관점에서 단기, 중기, 장기의 순 쌍별 네트워크 효과를 나타낸다. 수익률 모형과 마찬가지로 예측기간을 100일을 기준으로 설정하였으며, 표본이동 기간을 250일로 설정하였다. 〈표 4〉의 결과에 따라 시스템 내의 위험 전이효과가 장기에 크게 나타나기 때문에 장기를 중심으로 살펴본다. 장기의 경우를 살펴보면, 시장 위험의 전이효과는 해상운임시장의 위험, 에너

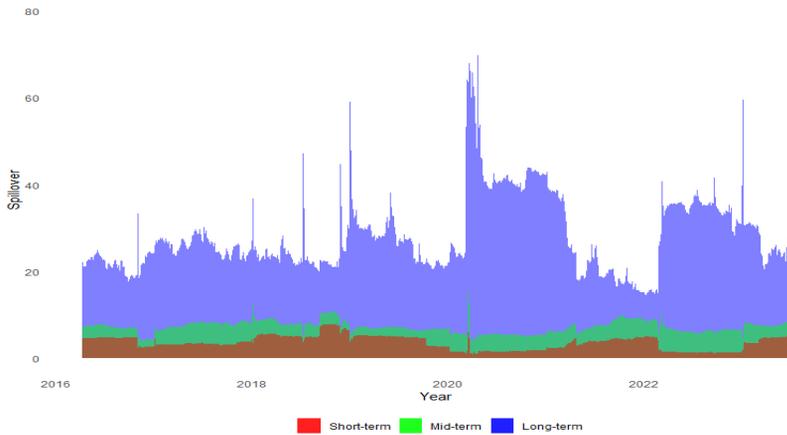
지 상품, 농산품에 의해 주도된다는 것을 확인할 수 있다. 구체적으로 살펴보면, 농산물과 BDTI의 경우 주로 금속시장에 위험 전이효과가 크게 나타나고, 에너지 상품, BDTI, BDI는 농산물 시장에 위험 전이효과가 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 즉, 해상운임시장의 위험이 에너지 시장과 농산물 시장으로 전이되고 이에 따라 금속 상품시장이 간접적인 영향을 받는 것으로 나타난다. 이러한 결과는 수익률의 연계성 결과와 대비되는 효과를 보여주는데, 가격 정보는 금속 상품시장으로부터 전이되고, 위험 정보는 해상운임시장으로부터 전이된다는 것을 유추할 수 있다.



〈그림 6〉 변동성 관점에서 단기, 중기, 장기 순 쌍별 네트워크 연계성

〈그림 7〉은 변동성 관점에서 단기, 중기, 장기에 대한 동적 총 연계성 추이를 나타낸다. 정적 연계성 결과와 유사하게 모든 시점에서 단기에서 장기로 갈수록 위험의 연계성이 높아지는 것을 확인할 수 있다. 특히, 2020년 COVID-19, 2022년 러시아-우크라

이나 시점을 기준으로 시장의 위험 연계성이 크게 높아지는 것을 확인할 수 있는데, 해상운임시장과 상품시장 모두 불확실성이 확대되는 상황에서 민감하게 반응한다는 것을 확인할 수 있다(Gong, X and Xu, 2022; Oikonomou, 2023).



〈그림 7〉 변동성 관점에서 시간 가변 효과를 고려한 총 연계성

〈그림 7〉은 변동성 관점에서 시간 가변효과를 고려한 동적 순 연계성을 나타낸다. 장기를 중심으로 살펴보면, 2018년 미·중 무역갈등, 2020년 COVID-19로 인해 에너지 상품의 순 전이효과가 급격히 변동하는 것을 확인할 수 있다. 상품시장과 해상운임시장 모두 미·중 무역갈등과 COVID-19로 인해 동일한 위협에 직면해 있지만, 에너지 시장은 다른 시장에 비해 정치적인 갈등, 공급망 변화에 더욱 민감하게 반응하기 때문이다(Rehman et al., 2022). 농산물 시장과 BDTI의 경우 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 시기에 위협 전이효과가 증가하는 것을 확인할 수 있는데, 이는 농산물의 경우 주요 생산지인 우크라이나의 전쟁 위협으로 인한 시장 불확실성의 확대에 의한 것으로 볼 수 있으며, BDTI의 경우 전쟁으로 인해 원유공급망이 원활히 작동하지 못한 것으로 볼 수 있다(Rexhepi et al., 2023; Zhang et al., 2023).

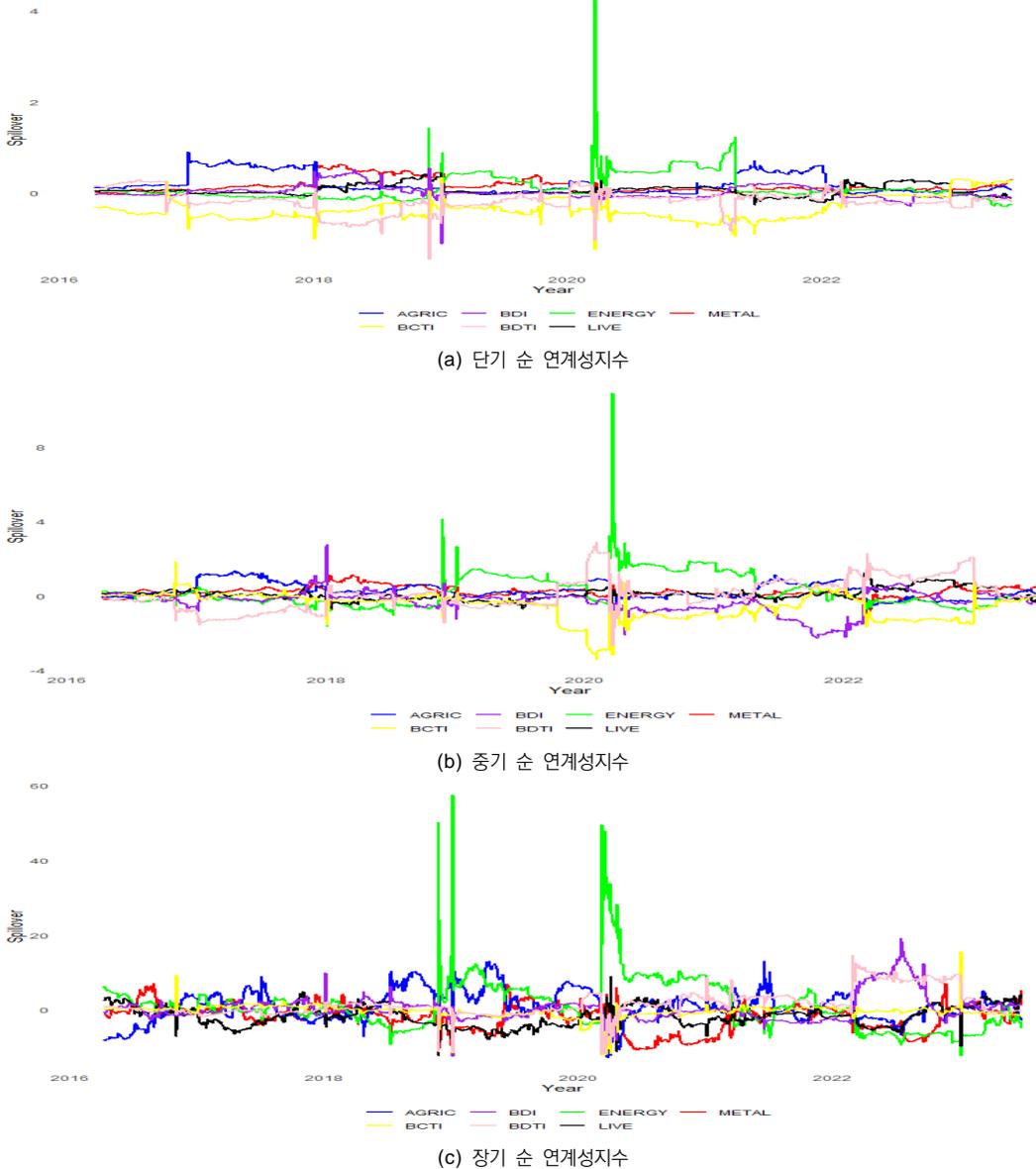
#### IV. 결론

본 연구는 상품시장과 해상운임시장의 전이효과를 주파수 영역으로 확장하여 단기, 중기, 장기적 관점에서 시장의 정보전이효과를 분석하였다. 특히, 상품시장과 해상운임시장 시스템의 가격 정보와 위험 정보의 상호작용을 식별하기 위해 수익률과 변동성의 관점에서 연계성 효과를 분석하였다.

먼저 수익률의 정보전이효과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 정적 연계성 분석 결과를 바탕으로 총 연계성이 단기에 높게 나타나 가격변화에 대한 정보가 단기적으로 빠르게 조정된다는 것을 확인하였다. 특히, 수익률 측면에서 해상 운임시장에 비해 상품시장의 연계성이 크게 나타나 상품시장에 의해 정보 파급효과가 주도된다는 것을 확인하였다. 둘째, 순쌍별 네트워크 연계성 결과를 살펴보면, 단기적으로 금속 상품시장의 정보 전이효과가 크게 나타나 상품시장과 해상운임시장 시스템에서 금속 상품시장의 영향력이 크게 나타나 실질적인 생산 투입요소에 대한 수요를 반영하는 것을 확인하였다. 셋째, 시간가변 효과를 고려한 동적 연계성의 경우 모든 시점에서 단기의 정보전이효과가 크게 나타났으며, 순 연계

성의 동적효과의 경우 시장의 특성에 따라 정보의 송·수신 효과가 결정된다는 것을 확인하였다. 구체적으로 COVID-19, 미·중 무역전쟁 등 특정 시기에

따라서 해상 운임지수 시장의 연계성이 확대되는 등 특정 이벤트에 따라 해상운임 시장과 상품시장의 연계성이 달라진다는 것을 확인할 수 있었다.



〈그림 8〉 변동성 관점에서 단기 시간 가변 효과를 고려한 순 연계성

다음으로 변동성의 위험 전이효과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 총 연계성의 경우 수익률 모형과 달리 단기에서 장기로 갈수록 총 연계성이 크게 나타났다는데, 이는 가격 정보와 달리 변동성 즉, 위험의 특성에 따라 상대적으로 긴 시간에 걸쳐서 시장 간의 상호작용이 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 둘째, 순 쌍별 네트워크 연계성 결과를 살펴보면, 장기적으로 BDI, BDTI, 농산물, 에너지 상품 시장의 위험 전이효과가 크게 나타나는 것을 확인하였는데, 이는 다양한 상품들 중에서 농산물, 에너지 상품에 대한 전 세계 수요를 반영하는 것으로 볼 수 있다. 셋째, 시간 가변 효과를 고려한 동적 연계성의 경우 수익률 모형과 달리 모든 시점에서 장기에서 위험 전이효과가 크게 나타났으며, 순 연계성의 동적 효과의 경우 2018년 미·중 무역전쟁, 2020년 COVID-19 기간에 에너지 상품시장의 위험 전이효과가 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 2022년 러시아-우크라이나 전쟁으로 인해 농산물 시장, BDTI의 전이효과가 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다.

이러한 결과를 바탕으로 시사점을 도출하면 다음과 같다. 정책입안자의 경우 상품시장과 해상운임시장에 대한 수익률과 변동성에 대한 연계성 결과를 바탕으로 글로벌 상황에서 가격 및 위험 신호를 모니터링하여 안정적인 상품 수입을 위한 시장 안정화 방안을 고안할 수 있을 것이다. 또한, 글로벌 이슈에 대한 상품시장과 해상운임시장의 반응을 이해함으로써 장기적인 관점에서 위험 관리 전략을 수립해야 할 것이다. 본 연구 결과를 바탕으로 투자자 및 상품 시장 참여자의 경우 상품시장의 장기적인 위험과 단기적인 가격 변화에 대응하기 위한 포트폴리오 다각화 전략을 수립해야 할 것이다.

## 참고문헌

- 김현석·장명희. (2014). Bayesian VAR 를 이용한 해운경기, 환율 그리고 산업생산 간의 동태적 상관분석. 한국항만경제학회지, 30(2), 77-92.
- 박계각·김태기. (2006). 세계 주요항만의 항만요율 비교 분석 및 거시경제지표와의 실증분석. 한국항만경제학회지, 22(4), 81-98.
- 최기홍·김부권. (2022). 해상운임지수와 상품가격 사이의 동적 연계성 분석. 한국항만경제학회지, 38(2), 49-67.
- Bakshi, G., G. Panayotov and G. Skoulakis(2010), The Baltic Dry Index as a predictor of global stock returns, commodity returns, and global economic activity. *Commodity Returns, and Global Economic Activity*.
- Bandyopadhyay, A. and P. Rajib(2023), The asymmetric relationship between Baltic Dry Index and commodity spot prices: evidence from non-parametric causality-in-quantiles test. *Mineral Economics*, 36(2), 217-237.
- Baruník, J. and T. Křehlík(2018), Measuring the frequency dynamics of financial connectedness and systemic risk. *Journal of Financial Econometrics*, 16(2), 271-296.
- Bildirici, M. E., P. Kayıkçı and I. S. Onat(2015), Baltic Dry Index as a major economic policy indicator: the relationship with economic growth. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 210, 416-424.
- Bildirici, M., Ö. Ersin, and I. Onat(2017), The Baltic dry index as a leading economic indicator: an investigation with volatility models. *Istanbul as a Global Financial Center*, 133-150.
- Bordo, M. D.(1980), The effects of monetary change on relative commodity prices and the role of long-term contracts. *Journal of Political Economy*, 88(6), 1088-1109.
- Bosman, A., P. O. Junior, and A. K. Tiwari(2022), Dynamic connectedness and spillovers between Islamic and conventional stock markets: time-and frequency-domain approach in COVID-19 era. *Heliyon*, 8(4).
- Diebold, F. X. and K. Yilmaz(2009), Measuring financial asset return and volatility spillovers, with

- application to global equity markets. *The Economic Journal*, 119(534), 158-171.
- Diebold, F. X. and K. Yilmaz(2012), Better to give than to receive: Predictive directional measurement of volatility spillovers. *International Journal of forecasting*, 28(1), 57-66.
- Geman, H.(2005), *Commodities and commodity derivatives: modeling and pricing for agriculturals, metals and energy* (Vol. 302). John Wiley & Sons.
- Gong, X. and J. Xu(2022), Geopolitical risk and dynamic connectedness between commodity markets. *Energy Economics*, 110, 106028.
- Gu, Y., Z. Chen and D. Lien(2019), Baltic Dry Index and iron ore spot market: dynamics and interactions. *Applied Economics*, 51(35), 3855-3863.
- Han, L., L. Wan, and Y. Xu(2020), Can the Baltic Dry Index predict foreign exchange rates?. *Finance Research Letters*, 32, 101157.
- Hayakawa, K. and H. Mukunoki(2021), Impacts of COVID-19 on global value chains. *The Developing Economies*, 59(2), 154-177.
- Kavussanos, M. G., I. D. Visvikis, and D. N. Dimitrakopoulos(2014). Economic spillovers between related derivatives markets: The case of commodity and freight markets. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 68, 79-102.
- Lin, A. J., H. Y. Chang and J. L. Hsiao(2019), Does the Baltic Dry Index drive volatility spillovers in the commodities, currency, or stock markets?. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 127, 265-283.
- McPhail, L. L.(2011), Assessing the impact of US ethanol on fossil fuel markets: A structural VAR approach. *Energy Economics*, 33(6), 1177-1185.
- Monge, M., M. F. R. Rojo and L. A. Gil-Alana(2023), The impact of geopolitical risk on the behavior of oil prices and freight rates. *Energy*, 269, 126779.
- Oikonomou, S. M.(2023), The geopolitical effects on the shipping market-The case of Ukraine.
- Radivojević, N., A. Muhović, M. Joksimović and M. Pimić(2021), Examining the impact of movements of the commodity price on the value of the Baltic Dry Index during Covid19 pandemic. *Asian Journal of Economics and Empirical Research*, 8(2), 67-72.
- Rehman, M. U., X. V. Vo, R. McIver and S. H. Kang(2022), Sensitivity of US sectoral returns to energy commodities under different investment horizons and market conditions. *Energy Economics*, 108, 105878.
- Rexhepi, B. R., B. I. Berisha and B. S. Xhaferi(2023), Analysis of the impact of the war on the economic state of agriculture in Ukraine. *Economic Affairs*, 68, 839-844.
- Sun, X., C. Liu, J. Wang, and J. Li(2020), Assessing the extreme risk spillovers of international commodities on maritime markets: a GARCH-Copula-CoVaR approach. *International Review of Financial Analysis*, 68, 101453.
- Zhang, Q., K. Yang, Y. Hu, J. Jiao, and S. Wang(2023), Unveiling the impact of geopolitical conflict on oil prices: A case study of the Russia-Ukraine War and its channels. *Energy Economics*, 126, 106956.

## 주파수 연계성 방법을 적용한 해상운임지수와 상품시장의 전이효과분석

김부권 · 원두환

### 국문요약

본 연구는 상품시장과 해상운임시장 간의 수익률 및 변동성 전이효과를 다양한 주파수 영역(단기, 중기, 장기)에서 분석하였다. 본 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 수익률 관점에서는 단기적으로 상품시장과 해상운임시장 간에 높은 연계성이 나타나며, 금속 상품시장은 특히 이러한 정보 전이효과에서 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 둘째, 변동성 관점에서는 총 연계성이 단기에서 장기로 갈수록 증가하는 것이 관찰되며, 특히 BDI, BDTI, 농산물 및 에너지 상품 시장에서의 장기 위험 전이효과가 큰 것으로 나타났다. 특히, 주요 글로벌 사건 예를 들어 미·중 무역전쟁, COVID-19, 러시아-우크라이나 전쟁 기간에 에너지 상품시장의 위험 전이효과가 급격히 증가하는 것이 확인되었다.

주제어: 상품시장, 해상운임지수, 전이효과, 주파수 접근법