

에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성 분석*

김부권** · 윤성민***

Analysis of connectedness Between Energy Price, Tanker Freight Index, and Uncertainty

Kim, BuKwon · Yoon, Seong-Min

Abstract

Uncertainties in the energy market are increasing due to technology developments (shale revolution), trade wars, COVID-19, and the Russia-Ukraine war. Especially, since 2020, the risk of international trade in the energy market has increased significantly due to changes in the supply chain of transportation and due to prolonged demand reduction because of COVID-19 and the Russian-Ukraine war. Considering these points, this study analyzed connectedness between energy price, tanker index, and uncertainty to understand the connectedness between international trade in the energy market. Main results are summarized as follows. First, as a result of analyzing stable period and unstable period of the energy price model using the MS-VAR model, it was confirmed that both the crude oil market model and the natural gas market model had a higher probability of maintaining stable period than unstable period, increasing volatility by specific events. Second, looking at the results of the analysis of the connectedness between stable period and unstable period of the energy market, it was confirmed that in the case of total connectedness, connectedness between variables was increased in the unstable period compared to the stable period. In the case of the energy market stable period, considering the degree of connectedness, it was confirmed that the effect of the tanker freight index, which represents the demand-side factor, was significant. Third, unstable period of the natural gas market model increases rapidly compared to the crude oil market model, indicating that the volatility spillover effect of the natural gas market is greater when uncertainties affecting energy prices increase compared to the crude oil market.

Key words: MS-VAR, connectedness, uncertainty, tanker freight index, energy price

▷ 논문접수: 2022. 12. 09. ▷ 심사완료: 2022. 12. 27. ▷ 게재확정: 2022. 12. 27.

* 본 연구는 2020년 대한민국 교육부와 한국연구재단(NRF-2020S1A5B8103268) 연구비와 2021-2022학년도 부산대학교 BK21 FOUR 대학원혁신지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임

** 부산대학교 경제학과 박사수료, 제1저자, kimbk8824@pusan.ac.kr

*** 부산대학교 경제학부 교수, 교신저자, smyoon@pusan.ac.kr

I. 서론

에너지는 해상 운송 비용의 주요 원천이며 해상운임과 밀접한 관련이 있다(Geman and Smith, 2012). 해상운송은 전 세계 상품 교역의 80% 이상을 차지하고 있으며, 세계 무역과 경제 성장을 촉진하는 주요한 요인이다(Lin et al., 2019). 유조선 산업(tanker industry)은 원유 및 천연가스를 생산 지역에서 주요 시장으로 운송하는 중요한 역할을 수행하며, 에너지 가격 변화에 민감하게 영향을 받기도 한다. 또한, 에너지 시장은 유조선 운임 가격에 큰 영향을 미치는데, 에너지 가격의 변동은 생산비용을 증가시키는 요인으로써 탱커 산업에 주요 위협요인이다(Poulakidas and Joutz, 2009; Tao et al., 2021). 기존연구에서도(Choi and Yoon, 2020; Maitra et al., 2020; 김명희, 2022; 임상석·김석훈, 2021) 탱커 운임지수는 에너지 가격에 영향을 미치는 주요한 요인이고, 에너지 가격도 탱커 운임지수에 영향을 미치는 요인이라는 것을 주장하여 에너지 가격과 탱커운임지수 사이에 유의한 관계가 있다는 알 수 있다.

한편, 러시아-우크라이나 전쟁, COVID-19의 영향으로 장기화된 수요 감소로 인한 상품 운송의 공급체인 변화로 인해 원자재 중 하나인 에너지 시장의 국제적 교역에 대한 위험이 크게 증가하고 있다(Khan et al., 2021). 또한, 에너지 시장은 특정 사건(event) 즉, 에너지 정책 변화, 경제적 불확실성의 확대, 지정학적 위험과 같은 불확실성에 의해 가격의 변동성이 심화되고, 불확실성과 에너지 가격의 동조화 현상이 나타나는 경향이 있다(Dai et al., 2020; Chen et al., 2017; Drobotz et al., 2012). 따라서 에너지 시장의 특성과 에너지 가격에 영향을 미치는 요인을 고려하면 에너지 가격과 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성을 분석하는 것은 중요하다.

에너지 가격, 탱커 운임지수, 불확실성에 관한 기존 연구들을 살펴보면, 특정 사건을 중심으로 기간을

분리하여 분석하거나(Lin et al., 2019; Figuerola-Ferretti et al., 2020; Hasan et al., 2021), 에너지 가격과 불확실성, 에너지 가격과 탱커 운임지수의 조합으로 구성하여 에너지 가격, 불확실성, 탱커 운임지수 사이의 복합적인 행태를 동시에 고려하여 살펴보지 않았다(Khan et al., 2021; 김부권·김동윤·최기홍, 2019; 김명희, 2022).

그런데, 에너지 가격이 실물 시장의 생산요소이자 금융상품으로써 특징을 갖고 있기 때문에 에너지 가격, 탱커 운임지수, 불확실성을 동시에 고려해야 할 필요가 있다. 특히, 에너지 가격과 불확실성, 탱커 운임지수는 특정 사건에 의해 가격이 급격하게 변하거나 에너지 가격, 불확실성, 탱커 지수 사이의 동조화(co-movement) 현상이 발생하기 때문에 이에 대한 연계성 정도를 파악하는 것이 필요하다. 또한, 특정 사건으로 인한 가격 변동 시기는 비관측 요인으로써 실제로 관측할 수 없기 때문에 특정사건을 기준으로 임의적으로 경기상황을 구분하는 경우 정확한 경기상황을 파악하기 어렵다(Krolzig, 2000). 따라서 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 Khan et al.(2021)에서 적용한 모형을 기준으로 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 모형을 구성하고, MS-VAR 모형을 이용하여 변동성이 높은 불안정기와 변동성이 낮은 안정기로 구분하여 Diebold and Yilmaz(2012)의 전이효과 모형을 이용하여 각 변수들 사이의 연계성을 분석한다.

본 연구의 분석결과를 요약하면, 에너지 가격이 안정기의 경우에는 에너지 수요를 대변하는 탱커운임지수의 연계성이 높아진다는 것을 확인하였으며, 에너지 가격이 불안정기의 경우에는 수요를 대변하는 탱커운임지수에 비해 불확실성의 연계성이 높아진다는 것을 확인하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 분석모형과 선행연구를 살펴보고, 3장에서는 자료 및 방법론을 소개한다. 4장에서는 3장의 방법론을 이용하여 분석한 결과를 제시하고, 5장은 분석결

과를 바탕으로 결론을 제시한다.

II. 이론적 배경 및 선행연구

Beenstock(1985)은 에너지 가격과 탱커운임지수 사이의 관계를 분석하였다. Beenstock(1985)은 에너지 가격에 직접적으로 영향을 미치며, 탱커운임지수는 에너지 수요의 주요 요인이라고 주장하였다. 또한, Degiannakis et al.(2017)과 Khan et al.(2021)에 따르면 불확실성이 확대되면 에너지 시장은 소비자와 기업이 현재소비를 미래로 연기하게 되어 에너지 가격과 탱커운임지수에 부정적인 영향을 미친다고 주장하였다. Khan et al.(2021)과 Beenstock(1985)에 따르면, 에너지 가격과 탱커운임지수 사이의 관계를 다음과 같은 식으로 표현하였다.

$$\begin{aligned} \text{energy price} &= f(\text{global trade, uncertainty, tanker index}) \\ \text{tanker index} &= f(\text{global trade, uncertainty, energy price}) \end{aligned}$$

즉, 에너지 시장에서 에너지 가격은 글로벌 교역량, 불확실성, 탱커운임지수에 의해 결정되며, 탱커운임지수는 에너지 가격, 글로벌 교역량, 불확실성에 의해 결정된다고 주장하였다. 구체적으로 탱커운임지수는 에너지 수요에 따라 결정되는 운임지수로써의 역할을 하며, 에너지 가격은 에너지 수요를 대변하는 탱커운임지수의 수요에 영향을 미칠 수 있는 요인이라고 주장하였다(Charemza and Gronicki, 1981; Shi et al., 2013). Beenstock(1985)의 연구를 기반으로 Alizadeh and Nomikos(2004)는 원유가격과 BDTI의 관계를 항로를 중심으로 분석하였는데, 원유가격은 BDTI에 주요한 영향을 미치지 않으며, 특정 항로의 수요와 공급의 불균형이 발생하는 경우에만 원유가격과 탱커운임지수 사이의 영향력이 있다고 주장하였다. 그런데, Poulakidas and Joutz(2009)와 Shi et al.(2013)은 원유가격과 탱커운임지수의 관계는 유의미하며, 원유가격의 충격에 의해 BDTI가

결정되고, BDTI는 에너지 수요에 영향을 미치는 결정요인이라는 것을 주장하였다. Oomen(2012)와 Kilian(2009)은 운임지수가 주요 경제상황을 반영하는 지표라고 주장하였으며, 에너지 가격 뿐만 아니라 주식시장을 예측하는 주요 지표라고 주장하였다.

Chen et al.(2019)과 Yang(2019)는 에너지 가격과 불확실성의 관계를 분석하였는데, 투자의 비가역성 특성으로 인해 불확실성이 확대되면, 불확실성 충격으로 인해 에너지 가격에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인하였다. Degiannakis et al.(2017)은 에너지 가격의 변화를 주식가치경로, 통화량 경로, 산출량 경로, 불확실성 경로 등 4가지로 분류하였으며, 불확실성 경로에 따르면 에너지 가격의 변화가 경제 내의 불확실성을 확대시킬 수 있으며, 에너지의 지리적 편중 특성으로 인해 불확실성의 확대에 에너지 가격이 변화할 수 있다는 이론적 경로를 주장하였다. Degiannakis et al.(2017)에 따르면 에너지 가격의 상승은 투자에 대한 수요를 감소시키며, 가계의 내구재 소비를 줄이게 되고, 소비 및 투자보다 저축의 유인이 높아져 실물 및 글로벌 교역 조건에 부정적인 영향을 미치게 된다.

한편, 에너지 가격, 국제 운임지수, 불확실성 사이의 전이효과를 분석한 연구를 요약하면 다음과 같다. Lun et al.(2010)은 미래의 불확실성이 확대되면 산출량이 감소하게 되고, 이에 따라 국제운임지수가 하락하기 때문에 국제 운임지수는 상품에 대한 수요를 결정하는 대표적인 요인이라고 주장하였다. 최기홍·김부권(2022)은 Diebold and Yilmaz(2012)의 방법을 이용하여 국제 운임지수, 상품가격(에너지, 곡물)의 연계성을 분석하였는데, 분석결과 총 연계성이 상대적으로 낮게 도출되었으나, 금융위기, 무역전쟁, COVID-19와 같은 특정 사건이 있는 시기에 연계성이 높아지기 때문에 불확실성이 높은 시기에 상품가격과 국제 운임지수 사이의 연계성이 확대된다는 것을 주장하였다. Lin et al.(2019)의 연구에서도 국제 운임지수와 상품시장, 환율, 주식시장 사이의 전이효

과를 분석하였는데, 분석결과 국제 운임지수는 2009년 글로벌 금융위기, 2016의 중국의 침체기 등 경기 침체가 발생하는 경우에 단기적으로 상품가격에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 국제 운임지수는 수요측 요인을 반영한다는 결과를 주장하였다.

이처럼 기존 연구를 종합해보면, 국제운임지수는 에너지 가격을 결정하는 수요측 요인이고, 불확실성의 경우 불확실성 경로에 따라 불확실성이 확대될 때 상품 또는 에너지 가격에 영향을 미치는 주요한 요인이라는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 에너지 시장의 특성에 따라 글로벌 금융위기, COVID-19와 같은 사건이 발생하는 경우에 수요측 요인보다 불확실성 요인이 에너지 가격을 결정하는 주요한 요인이라는 것을 확인할 수 있으며, 변동성이 확대되는 시기와 변동성이 낮은 시기에 따라 국제운임지수와 불확실성의 영향력이 비대칭적으로 나타난다는 것을 확인할 수 있다.

III. 자료 및 방법론

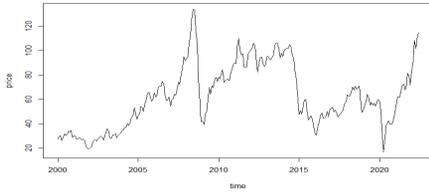
1. 자료

본 연구는 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 지수 사이의 전이효과를 분석하였다. 에너지 가격은 대표적인 에너지인 원유와 천연가스를 선정하였으며, 탱커운임지수는 에너지 상품의 운송지수인 Baltic Dirty Tanker Index(BDTI), Baltic Clean Tanker Index(BCTI)를 선정하였다. 불확실성 지수는 경제적 상황을 반영하는 Economic Policy Uncertainty(EPU), 무역 상황을 반영하는 Trade Policy Uncertainty(TPU), 에너지가 비대칭적으로 분포되어 있는 특성을 반영하는 Geopolitical Policy Risks(GRP), 에너지 정책을 반영하는 Climate Policy Uncertainty(CPU)를 선정하였다. 각 불확실성 자료

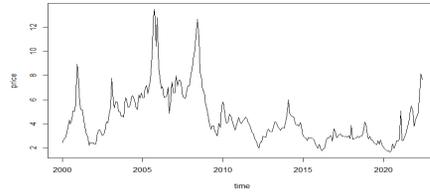
는 Baker et al.(2016)의 방법론을 적용한 지수로써 각 지수가 클수록 불확실성이 높다는 것을 의미한다. 분석기간은 2000년 1월부터 2022년 6월까지의 기간을 선정하였다. 원유가격 자료는 대표적인 원유인 서부텍사스유(WTI)를 대리변수로 이용하였으며 천연가스의 경우 헨리허브(Henry hub) 천연가스 가격을 대리변수로 이용하였다. 에너지 가격은 EIA(energy information administration)에서 자료를 구하였다. 탱커운임지수는 Informax에서 구하였으며, 각 불확실성 지표는 Economic Policy Uncertainty 홈페이지에서 이용하였다. 각 자료는 시계열 안정성을 위해 로그 차분을 실시하였다.

〈그림 1〉은 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 추이를 나타낸다. 에너지 가격을 살펴보면, 금융위기 이전 2000년대에는 중국 및 인도의 에너지 수요 증가로 인한 급격한 변동을 보여주고 있으며, 2010년 셰일가스 및 셰일오일 개발로 인해 상대적으로 안정적인 움직임이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 무역전쟁 및 COVID-19 기간에는 공급충격으로 인해 가격이 급격하게 변동하는 것을 확인할 수 있다.

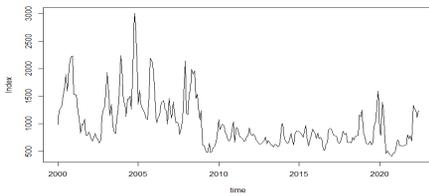
탱커운임지수의 경우, 에너지가격과 유사하게 금융위기 이전에 수요증가로 인해 급격한 변동을 보여주었으나 금융위기 이후에는 상대적으로 안정적인 움직임을 보여주는 것을 확인할 수 있다. 그러나 COVID-19 및 무역전쟁 이후에는 급격한 변동을 보여주고 있으며, BDTI에 비해 BCTI의 변동이 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 불확실성의 경우 EPU와 CPU의 경우 유사한 움직임을 보여주었으며, GRP의 경우 이라크 전쟁, 러시아 전쟁과 같은 사건이 발생하는 경우 지정학적 위협이 크게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 마지막으로 TPU의 경우 무역전쟁과 COVID-19의 공급충격과 같은 사건이 발생하는 경우 매우 큰 움직임이 나타나는 것을 확인할 수 있다.



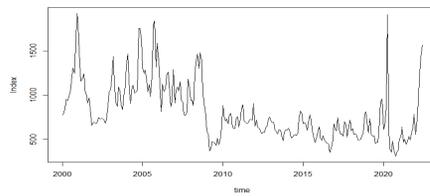
원유 가격(WTI)



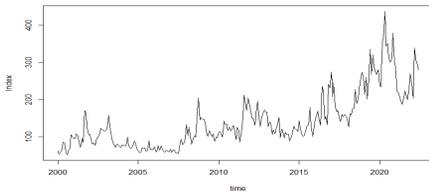
천연가스 가격(henry hub)



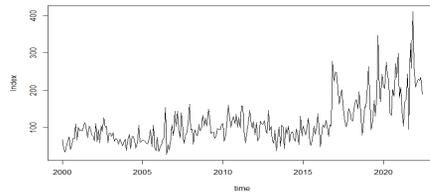
BDTI



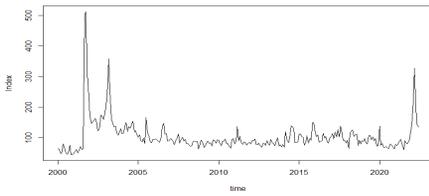
BCTI



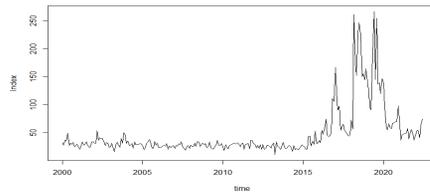
EPU



CPU



GRP



TPU

그림 1. 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 지수의 추이

표 1. 자료의 기초통계량 및 단위근 검정 결과

Panel A : 기초통계량

	원유	천연가스	BDTI	BCTI	EPU	CPU	GRP	TPU
평균	0.005	0.004	0.001	0.003	0.006	0.003	0.002	0.002
최대값	0.547	0.641	0.667	0.792	0.702	1.233	2.051	1.519
최소값	-0.593	-0.683	-0.71	-1.181	-0.457	-1.701	-0.6	-1.037
표준편차	0.105	0.147	0.188	0.182	0.179	0.38	0.234	0.283
왜도	-0.997	0.075	-0.184	-0.669	0.584	-0.249	2.606	0.672
첨도	10.996	5.967	4.807	9.986	4.152	4.052	24.256	6.678
관측치	270	270	270	270	270	270	270	270

Panel B : 단위근 검정 결과

	ADF 검정		PP 검정	
	상수항	상수항, 추세항	상수항	상수항, 추세항
원유	-12.561*** (0.000)	-12.537*** (0.000)	-12.127*** (0.000)	-12.097*** (0.000)
천연가스	-17.139*** (0.0000)	-17.108*** (0.000)	-17.131*** (0.000)	-17.100*** (0.000)
BDTI	-15.983*** (0.000)	-15.955*** (0.000)	-16.894*** (0.000)	-16.867*** (0.000)
BCTI	-12.527*** (0.000)	-12.524*** (0.000)	-17.002*** (0.000)	-16.984*** (0.000)
EPU	-14.549*** (0.000)	-14.521*** (0.000)	-25.667*** (0.000)	-25.628*** (0.000)
CPU	-10.698*** (0.000)	-10.681*** (0.000)	-108.305*** (0.000)	-126.562*** (0.000)
GRP	-14.532*** (0.000)	-14.503*** (0.000)	-24.532*** (0.000)	-24.471*** (0.000)
TPU	-16.183*** (0.000)	-16.156*** (0.000)	-29.119*** (0.000)	-29.081*** (0.000)

주) ***는 1% 유의수준에서 귀무가설을 기각한다는 것을 의미한다.

〈표 1〉은 로그 차분을 시행한 에너지 가격, 탱커 운임지수, 불확실성 자료의 기초통계량과 단위근 검정결과가 나타나있다. 먼저 Panel A는 기초통계량을 나타내는데, 각 수익률 자료의 평균은 0에 가깝게 나타났다. 최대값과 최소값의 범위와 표준편차는 에너지 가격과 탱커운임지수에 비해 불확실성의 범위가

더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 왜도의 경우 원유, BDTI, BCTI, CPU의 경우 왼쪽 꼬리를 갖는 것을 확인할 수 있으며, 천연가스, EPU, GRP, TPU의 경우 오른쪽 꼬리를 갖는 것을 확인할 수 있다. 첨도를 살펴보면 모든 변수에서 첨도가 3보다 크게 나타나 정규분포보다 뾰족한 분포를 갖고 있는 것을

확인할 수 있다. Panel B는 각 수익률 자료의 ADF, PP 단위근 검정 결과가 제시되어 있는데, 모든 변수들이 1% 유의수준에서 유의하게 나타나 단위근이 없는 시계열 안정적인 변수로 나타났다.

2. 분석방법

1) 모형의 개요

본 연구는 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 지수 사이의 연계성 관계를 분석한다. 그런데, 원유와 천연가스의 경우 에너지의 종류에 따라 시장의 특성이 달라 질 수 있다(Scarcioffolo and Etienne, 2021). 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 원유 시장과 천연가스 시장을 분리하여 추정하였다. 원유의 경우 원유 가격과 원유 운송이 관련되어 있는 유조선 운임지수(BDTI), 불확실성 지수를 조합한 모형으로 추정하고, 천연가스의 경우 천연가스 가격과 석유화학 제품 및 LNG 운송과 관련되어 있는 석유제품선 운임지수(BCTI), 불확실성 지수를 조합한 모형으로 추정한다.

또한, 에너지 시장의 경우 에너지 수출국의 정치적 불확실성, 지리적 이유로 인한 공급충격, 중국, 인도와 같은 신흥국의 수요폭발로 인한 수요충격, 셰일가스 및 셰일오일과 같은 기술개발로 인한 기술 충격 등 특정 사건(event)에 의해 에너지 가격의 변동이 급격하게 나타난다. 이를 고려해 본 연구에서는 먼저 국면전환 모형을 적용하여 각 에너지 시장의 안정기와 불안정기를 구분하였으며, 각 에너지 시장의 안정기의 연계성, 불안정기의 연계성을 분석하기 위해 Diebold and Yilmaz(2012)의 전이효과 모형을 이용하였다. 또한, 전이효과 모형으로 도출된 연계성 표를 이용하여 연계성의 방향 및 크기를 분석하기 위해 본 연구에서는 네트워크 분석기법을 적용하여 쌍별 네트워크 연계성을 분석하였다.

2) 국면전환모형(Markov-Switching Vector

Autoregressive : MS-VAR)

국면전환모형(Markov-Switching VAR : MS-VAR)은 Hamilton(1989)의 모형을 기초로 한 다변량 일반화 모형이다. 국면전환을 포착할 수 있는 기존의 방법론의 경우 실제로 관측할 수 없는 국면전환 상황을 임의적으로 결정하기 때문에 정확한 경기상황을 파악하기 어렵지만, MS-VAR 모형의 경우 관측변수의 확률과정이 비관측 상태변수에 의존하는 것으로 관측이 불가능한 경기상황을 호황 또는 불황으로 구분할 수 있는 모형이기 때문에 기존의 방법론에 비해 유연한 장점이 있다(Krolzig, 2000; 김명직·장국현, 2013).

MS-VAR 모형은 국면(regime)을 다양하게 설정할 수 있기 때문에 분석 대상의 특성에 따라 다수의 국면을 설정할 수 있다. 본 연구에서는 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성의 경기변동 상황을 고려하여 변동성이 낮은 시기(안정기 : $s_t = 0$)와 변동성이 높은 시기(불안정기: $s_t = 1$)로 2개의 상태로 분류하였다. 아래 방정식은 N -시차를 고려한 안정기와 불안정기의 MS-VAR 모형을 나타낸다.

$$y_t | (s_t = 0) = \mu_0 + \sum_{i=1}^N \beta_{0,i} y_{t-i} + \epsilon_{s_t=0,t} \quad \text{식 (1)}$$

$$y_t | (s_t = 1) = \mu_1 + \sum_{i=1}^N \beta_{1,i} y_{t-i} + \epsilon_{s_t=1,t} \quad \text{식 (2)}$$

여기서 y_t 는 에너지 가격 변화율, 탱커운임지수 변화율, 불확실성 변화율의 벡터를 의미하고, μ_0, μ_1 은 각각 안정기와 불안정기의 국면의존(regime-dependent) 상수항 벡터, β_0, β_1 은 각각 안정기와 불안정기의 모수 벡터, $\epsilon_{s_t,t}$ 오차항 벡터를 의미한다. 위의 식 (1)은 안정기의 MS-VAR 모형을 의미하고, 식 (2)는 불안정기의 MS-VAR 모형을 의미한다. 또한, 각 상태의 MS-VAR 모형은 상태변수 S_t 의 상황에 의해 국면의존 상수항벡터로 결정된다. 상태변수 S_t 는 전이확률 행렬 P 에 의해서 결정된

다. 전이확률은 $t-1$ 기에 국면이 i 에서 t 기에 국면이 j 로 변화하는 확률($p_{i,j}$)을 의미하고, 2개의 상태를 갖는 전이확률을 나타내면 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix} \quad \text{식 (3)}$$

$$p_{i,j} = \Pr(s_t = j | s_{t-1} = i)$$

$$p_{11} + p_{12} = 1, p_{21} + p_{22} = 1$$

MS-VAR 모형은 차원의 수가 증가함에 따라 추정 이 어렵다는 단점이 존재한다(Krolzig, 1997; Herwartz and Lütkepohl, 2014). 이를 해결하기 위해서 Krolzig(1997)와 Hamilton(1990)은 반복적 기대-극대화 알고리즘(iterative expectation-maximization algorithm)을 제안하였다. 반복적 기대-극대화 알고리즘 추정치는 반복횟수가 무한대가 될 때 ML추정치로 수렴하기 때문에 차원의 수가 증가하더라도 추정의 효율성이 보장된다(BenSaïda et al., 2018). 반복적 기대-극대화 알고리즘은 2단계 즉, 기대단계와 극대화 단계로 우도함수가 수렴 할 때까지 반복적으로 추정된다. 기대 단계에서는 평활화 확률(smoothed probability)에 의해 도출되는 비관측 상태변수 S_t 는 필터링(filtering)과 스무딩(smoothing)을 반복적으로 적용하여 계산된다. 극대화 단계에서는 우도함수를 이용하여 모수 벡터를 추정하게 되는데, 각각의 비관측 조건부 국면확률은 기대단계에서 도출된 평활화 확률(smoothed probability)로 대체되고, 이를 이용해 추정된 새로운 모수벡터 추정치로 평활화 확률을 갱신하여 극대화 된 우도함수가 수렴 할 때까지 반복된다.

3) 연계성 분석 방법

본 연구에서는 MS-VAR 모형으로 추정된 원유와 천연가스 모형을 안정기와 불안정기에 따라 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성을 분석하기 위해 Diebold and Yilmaz(2012)의 연계성

분석 방법론을 적용한다. Diebold and Yilmaz(2009, 2012)는 VAR 모형의 예측오차 분산 분해를 적용하여 연계성을 분석하는 방법을 개발하였다. 연계성 분석방법은 예측오차 분산분해를 적용하여 변수 i 가 다른 변수 j 에 미치는 영향력을 측정하는 방법이다. 일반적으로 VAR 모형의 경우 변수의 순서에 영향을 받는 경우가 있는데, 변수의 순서를 정확히 고려하지 않는 경우 연계성이 달라질 수 있다(Diebold and Yilmaz, 2012). 이를 방지하기 위해 Pesaran and Shin(1988)은 변수의 순서에 영향을 받지 않는 일반화 방법(generalized method)을 제안하였으며, 본 연구에서도 일반화 VAR 모형을 적용하였다. 아래의 식은 약안정성(covariance-stationary)을 만족하는 MS-VAR 모형을 나타낸다.

$$y_t | s_t = \omega_k + \sum_{i=1}^{\infty} A_{k,i} \epsilon_{s,t-i} \quad \text{식 (4)}$$

여기서 y_t 는 모형에 포함되는 내생변수 벡터이고, s_t 는 안정기와 불안정기를 의미하는 상태변수, ϵ_t 는 오차항 벡터를 의미하고, ω_k 는 MS-VAR 모형의 상수항 μ_k 에 대한 자가회귀 시차 연산자가 적용된 형태를 의미한다. ω_k 를 다시 쓰면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\omega_k = \mu_k \left(I_n - \sum_{j=1}^N \beta_{k,j} \right)^{-1} \quad \text{식 (5)}$$

$A_{k,i}$ 는 VAR 모형을 벡터 이동평균(vector moving average)로 나타내는 행렬로 $A_{k,i}$ 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$A_{k,i} = \sum_{j=1}^N \beta_{k,j} A_{k,i-j} \quad \text{식 (6)}$$

방향과 연계성은 예측오차 분산분해에 의해 결정되는데, 상태별 h-단계 일반화 예측오차 분산분해는 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\theta_{k,ij}^g(h) = \frac{\sigma_{k,jj}^{-1} \sum_{i=0}^{h-1} (e_i' A_{k,i} \sum_k e_j)^2}{\sum_{i=0}^{h-1} (e_i' A_{k,i} \sum_k A_{k,l}' e_j)} \quad \text{식 (7)}$$

$\sigma_{k,jj}$ 는 j번째 방정식의 오차항 표준편차를 의미하고, e_i 는 i번째 원소의 값이 1 또는 0을 갖는 열벡터(selection column vector)를 의미한다. 일반화 충격반응 함수를 이용해 예측오차 분산분해를 적용하기 때문에 예측오차 분산분해 결과의 각 행의 합이 1이 되지 않는다. 따라서 각 행의 합을 1로 만들기 위해 다음과 같이 분산 비율로 표준화 할 수 있다.

$$\hat{\theta}_{k,ij}^g(h) = \frac{\theta_{k,ij}^g(h)}{\sum_{j=1}^n \theta_{k,ij}^g(h)} \quad \text{식 (8)}$$

여기서 $\sum_{j=1}^n \hat{\theta}_{k,ij}^g = 1$ 이고, $\sum_{i,j=1}^n \hat{\theta}_{k,ij}^g = N$ 이 된다. 일반화 예측오차 분산분해 결과를 이용하여 상태별 안정기와 불안정기에 대해 다음과 같이 총 연계성을 도출할 수 있다.

$$TS_k^g(h) = \frac{1}{n} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^n \hat{\theta}_{k,ij}^g(h) \quad \text{식 (9)}$$

총 연계성은 변수 간 변동성 충격의 파급 효과가 예측 오차 분산에 미치는 영향을 측정하는 것으로 변수들의 충격으로 설명되는 평균적인 비중을 의미한다. 총 연계성 값은 0~100의 값을 가지며, 값이 크면 클수록 변수간의 연계성 정도가 높다는 것을 의

미하고, 총 연계성 값이 작을수록 변수 간의 연계성 정도가 낮다는 것을 의미한다.

도출된 총 연계성의 값을 이용하여 다른 변수에 미치는 연계성의 정도와 방향 연계성을 도출할 수 있는데, 특정 변수 i가 다른 변수에 미치는 영향을 나타내는 유출 연계성과 특정 변수 i가 다른 변수로부터 받은 영향을 의미하는 유입 연계성을 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$S_k^g(h)_{i \rightarrow all} = \frac{1}{n} \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^n \hat{\theta}_{k,ij}^g(h) \quad \text{식 (10)}$$

$$S_k^g(h)_{all \rightarrow i} = \frac{1}{n} \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^n \hat{\theta}_{k,ij}^g(h)$$

식 (10)에서 $S_k^g(h)_{i \rightarrow all}$ 은 유출연계성이고, 예측오차 분산분해 표의 열의 합으로 도출된다. $S_k^g(h)_{all \rightarrow i}$ 은 유입연계성을 의미하고, 예측오차 분산분해 표의 행의 합으로 도출된다. 유출 연계성 및 유입 연계성은 분산 비율로 표준화되었기 때문에 행 또는 열의 합은 100%를 초과 할 수 없다.

마지막으로 유출 연계성과 유입 연계성을 이용하여 특정 변수 i의 순 연계성을 계산할 수 있다. 순 연계성은 다른 변수들에게 미치는 영향을 의미하는 유입 연계성에서 다른 변수들로부터 받는 영향을 의미하는 유출 연계성의 차이로 계산된다. 이를 표현하면 다음과 같다.

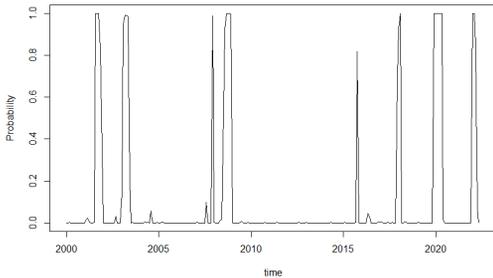
$$NS_{k,i}^g(h) = S_k^g(h)_{i \rightarrow all} - S_k^g(h)_{all \rightarrow i} \quad \text{식 (11)}$$

IV. 실증분석 결과

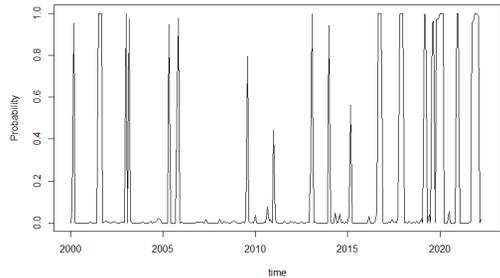
MS-VAR 모형을 추정하기 위해서 원유시장 모형의 경우 시차는 AIC 기준으로 1시차, 천연가스 시장 모형의 경우 시차는 AIC 기준으로 2시차로 선정되었다. Diebold and Yilmaz(2012)와 Narayan et al.

(2014)에 따르면 연계성 분석을 목적으로 하는 경우 일반화 예측오차 분산분해 기간 선정은 크게 영향을 미치지 않기 때문에 선행연구에서 주로 이용하는 12개월로 선정하였다. 또한, 국면의 경우 각 모형에서

에너지 가격을 기준으로 오차항의 분산이 낮은 안정기(Regime 1)와 오차항의 분산이 큰 불안정기(Regime 2)로 구분하였다.



불안정기 원유 평활화 확률



불안정기 천연가스 평활화 확률

그림 2. MS-VAR 모형으로 추정된 원유와 천연가스의 불안정기 평활화 확률

〈그림 2〉는 MS-VAR 모형으로 추정된 원유와 천연가스의 불안정기 평활화 확률(smoothed probability)을 나타낸다. 먼저 원유의 불안정기 평활화 확률을 살펴보면, 이라크 전쟁, 금융위기, 무역전쟁, COVID-19 등 원유가격이 급변하는 사건(event)에 따라 불안정기로 전환되는 것을 확인할 수 있다. 천연가스의 불안정기 평활화 확률을 살펴보면 2008년 글로벌 금융위기 이전에는 불안정기로 전환되는 수준이 원유와 유사하게 움직이고 있지만, 금융위기 이후의 경우 원유에 비해 불안정기로 전환되는 빈도가 높은 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 셰일가스의 발견, 기후협약 등으로 인해 원유에 비해 천연가스 수요의 증가, 기후 변화 등으로 인한 재고수요 증가, 공급 부족으로 인해 발생한 결과라고 할 수 있다 (Scarcioffolo and Etienne, 2021).

〈표 2〉는 원유시장 모형과 천연가스 시장 모형에서의 각 모형의 평활화 확률로 계산되는 마코프 전환확률(Markov-transition probability)을 의미한다. 먼저 〈표 2〉의 panel A를 보면 직전 월에 안정기에

서 당해 월에 안정기로 유지할 확률(p_{11})은 0.966으로 나타났으며, 직전 월에 불안정기에서 당해 월에 불안정기로 유지할 확률(p_{22})은 0.705로 나타났다. 또한, 직전 월에 안정기에서 당해 월에 불안정기로 전환될 확률(p_{12})은 0.034로 나타났으며, 직전 월에 불안정기에서 당해월에 안정기로 전환될 확률(p_{21})은 0.295로 나타났다. 〈표 2〉의 panel B를 살펴보면 직전 월에 안정기에서 당해 월에 안정기로 유지할 확률(p_{11})은 0.926, 직전 월에 불안정기에서 당해 월에 불안정기로 유지될 확률(p_{22})은 0.506으로 나타났다. 원유시장과 천연가스 시장을 살펴보면 원유시장과 천연가스시장 모두 불안정기에 비해 안정기가 유지될 확률이 더 높다는 것을 알 수 있다. 또한, 에너지시장의 안정기와 불안정기의 평균지속기간을 계산하면 원유시장 안정기 평균지속기간은 29.41개월로 나타났으며, 원유시장 불안정기 평균지속기간은 3.39개월로 나타나 안정기의 유지기간이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 천연가스시장의 경우 안

정기 평균지속기간이 13.51개월, 천연가스시장 불안정기 평균지속기간 2.02개월로 나타나 원유시장과 유사하게 불안정기에 비해 안정기의 유지기간이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

표 2. 에너지 시장 모형(원유, 천연가스)의 마코프 전환확률

Panel A : 원유시장 모형에서 마코프 전환확률

	안정기 확률(Regime 1)	불안정기 확률(Regime 2)
안정기 확률(Regime 1)	p_{11} : 0.966	p_{12} : 0.034
불안정기 확률(Regime 2)	p_{21} : 0.295	p_{22} : 0.705
기대 평균 지속기간	29.41	3.39

Panel B : 천연가스시장 모형에서 마코프 전환확률

	안정기 확률(Regime 1) :	불안정기 확률(Regime 2) :
안정기 확률(Regime 1) :	p_{11} : 0.926	p_{12} : 0.074
불안정기 확률(Regime 2) :	p_{21} : 0.494	p_{22} : 0.506
기대 평균 지속기간	13.51	2.02

〈표 3〉과 〈표 4〉는 MS-VAR를 이용하여 예측오차 분산분해 결과를 바탕으로 도출된 원유시장모형의 안정기와 불안정기 연계성 분석표이다. 연계성 표는 주대각요소(자기 연계성)를 제외한 행의 합계는 다른 변수로부터 받는 영향을 나타내는 유입연계성(from),

주대각요소를 제외한 열의 합계는 다른 변수에게 미친 영향을 나타내는 유출연계성(to), 유출연계성에서 유입연계성을 뺀 순연계성(net)으로 구성되어 있으며, 평균적인 연계효과를 나타내는 총 연계성은 각 표의 우측 하단에 제시되어 있다.

표 3. 안정기의 원유, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성

	원유	BDTI	CPU	EPU	GRP	TPU	From
원유	45.00	19.42	10.80	12.74	7.98	4.07	55.00
BDTI	0.15	97.04	0.78	0.48	0.72	0.83	2.96
CPU	0.55	32.79	27.98	20.22	13.14	5.33	72.02
EPU	0.19	0.40	0.50	95.30	0.62	2.99	4.70
GRP	1.87	4.69	8.19	15.12	58.77	11.37	41.23
TPU	1.83	6.35	3.37	18.09	15.97	54.41	45.59
To	4.59	63.64	23.64	66.63	38.41	24.58	36.92
NET	-50.41	60.68	-48.38	61.94	-2.82	-21.01	

먼저 <표 3>의 안정기의 원유시장모형 연계성을 살펴보면, 원유, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 평균적인 연계효과(총 연계성)가 36.92%로 추정된 것을 확인할 수 있다. 원유시장모형의 유입연계성을 살펴보면 각 변수별 연계성 값의 범위는 2.96% ~ 72.02%로 나타났으며, 유입 연계성이 낮은 변수로 BDTI, EPU로 나타나 상대적으로 다른 변수에 영향을 적게 받는 것을 확인할 수 있다. 반대로 유입연계성이 높은 변수로 CPU, 원유, TPU, GRP 순으로 나타나는 것을 확인할 수 있다. 유출연계성의 경우 값의 범위가 4.59% ~ 66.63%로 나타났으며, 유출연계성이 낮은 변수로 원유, CPU, TPU 순으로 나타났으며, 유출연계성이 높은 변수로 BDTI, EPU, GRP 순으로 나타났다. 순 연계성의 경우 해당 변수의 값이 양(+)이면 다른 변수에게 영향을 미치는 요인이고 음(-)이면 다른 변수에게 영향을 받는 요인이라는 것을 의미하는데, 순 연계성을 살펴보면, 다른 변수에게 영향을 주는 요인으로 EPU, BDTI로 나타났으며 다른 변수로부터 영향을 받는 요인으로 원유, CPU, TPU, GRP 순으로 나타났다.

<표 4>는 불안정기의 원유, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성을 나타낸다. 먼저 총연계성은 42.59%로 나타나 안정기에 비해 연계성정도가 강화되는 것을 확인할 수 있다. 불안정기의 유입연계성을

살펴보면, 연계성 값의 범위가 5.19% ~ 55.08%로 나타났다. 유입 연계성이 높은 변수로는 CPU, BDTI, 원유 순으로 나타났으며, 유입 연계성이 낮은 변수로는 EPU, GRP, TPU로 나타났다. 유출 연계성을 살펴보면 연계성 값의 범위가 5.52% ~ 107.76%로 나타났다. 유출연계성이 높은 변수로는 EPU, GPR, BDTI의 순서로 나타나 안정기와 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 유출연계성이 낮은 변수로는 원유, CPU, TPU 순서로 나타났다. 순 연계성의 경우 다른 변수에게 영향을 주는 요인으로 EPU, GRP로 나타났으며 다른 변수로부터 영향을 받는 요인으로 TPU, BDTI, 원유, CPU 순으로 나타났다.

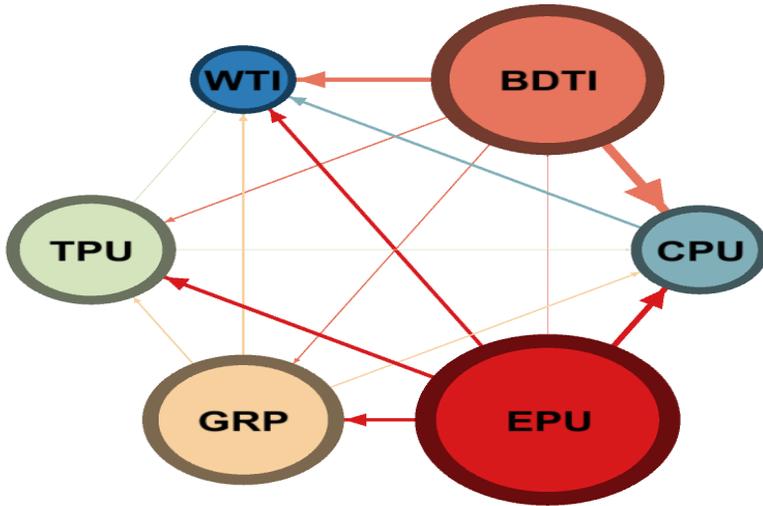
원유시장모형에서 안정기와 불안정기의 연계성 분석을 종합하면 안정기에 비해 불안정기의 원유가격, 탱커운임지수, 불확실성의 연계성이 더 강화되는 것을 알 수 있다. 안정기의 경우 불확실성 요인에 비해 BDTI의 영향력이 가장 크게 나타나 원유가격이 수요 요인에 의해 결정된다는 것을 유추해 볼 수 있다(Scarcioffolo and Etienne, 2021). 불안정기의 경우 안정기에 비해 EPU의 영향력이 가장 크게 나타나 가격이 변동이 높은 경우에는 불확실성에 영향력이 확대된다는 것을 확인해 볼 수 있다(김부권·최기홍·윤성민, 2020; 김부권·김동윤·최기홍, 2020).

표 4. 불안정기의 원유, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성

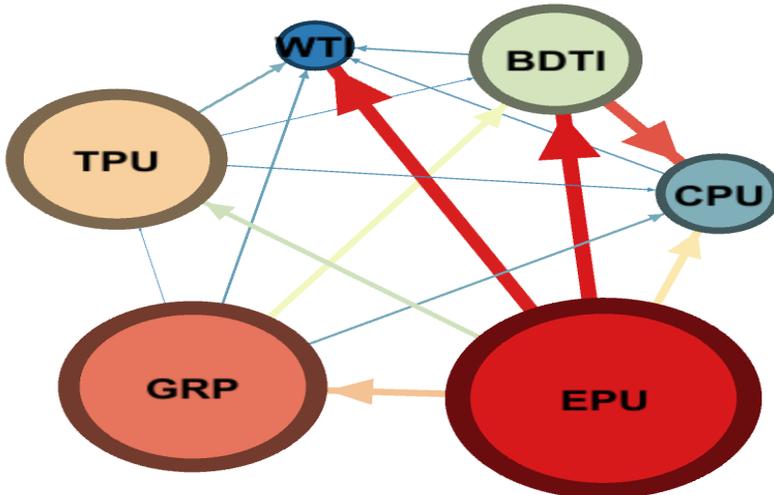
	원유	BDTI	CPU	EPU	GRP	TPU	From
원유	49.79	3.98	3.99	28.61	5.87	7.77	50.21
BDTI	0.31	44.92	5.55	29.02	14.23	5.97	55.08
CPU	1.05	30.63	36.18	16.31	8.91	6.92	63.82
EPU	0.21	0.19	0.43	94.81	0.74	3.62	5.19
GRP	1.80	0.64	3.87	19.00	60.06	14.63	39.94
TPU	2.15	4.81	4.82	14.82	14.70	58.69	41.31
To	5.52	40.25	18.65	107.76	44.46	38.91	42.59
NET	-44.69	-14.83	-45.16	102.56	4.52	-2.40	

본 연구에서는 변수 간의 영향력 및 방향성을 확인하기 위해 연계성표를 이용하여 네트워크 분석을 실시하였다. 여기서 노드(node)는 각 변수의 원을 의미하고, 원의 크기가 클수록, 색깔이 붉은색에 가까울수록 다른 변수에게 영향력이 크다는 것을 의미한다. 노드 사이의 선은 연계성 정도를 의미하는데,

선의 색상이 진할수록, 선이 두꺼울수록 변수 간의 연계성이 높다는 것을 의미한다. 마지막으로 화살표의 방향은 해당변수에서 다른변수에 미치는 방향성을 의미한다.



안정기의 원유, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성



불안정기의 원유, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성

그림 3. 원유시장 모형의 쌍별 네트워크(pair network) 연계성

〈그림 3〉은 안정기와 불안정기의 원유시장 모형 쌍별 연계성의 분석결과를 나타낸다. 먼저 안정기의 쌍별 연계성 분석결과를 살펴보면, BDTI, EPU의 영향력이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. BDTI의 영향력의 크기와 방향성을 살펴보면, 원유와 CPU에 가장 큰 영향력을 미치는 것을 확인할 수 있으며, EPU의 경우 BDTI를 제외하고 나머지 변수에 미치는 영향력의 크기가 유사하게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이는 원유시장의 경우 안정기에는 원유가격의 경우 수요측 요인과 불확실성 요인이 동시에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 연계성의 정도는 수요측 요인이 불확실성 요인에 비해 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 불안정기의 경우 안정기에 비해 BDTI의 영향력이 약해지지만 불확실성 요인(EPU,

GRP)의 영향이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 특히, BDTI의 경우 안정기에는 원유상품의 안정적인 수요를 기반으로 BDTI가 결정되었다면, 불안정기의 경우 불확실성 요인의 영향력이 확대되어 BDTI가 결정된다는 것을 확인할 수 있다. 원유가격의 경우 안정기에 비해 불확실성에 의해 영향을 받는 정도가 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 Beenstock(1985)과 Khan et al.(2021)의 주장한 결과와 유사한데, 거래 상품, 탱커운임지수의 가격변화가 크지 않은 시기에는 안정적인 수요 요인에 의해 결정되지만, 가격변화가 큰 시기에는 생산비용 상승, 투자 위축과 같이 부정적인 영향으로 인해 거래 환경이 불리하게 변화하여 불확실성의 영향력이 커진다는 주장과 유사한 결과라는 것을 알 수 있다.

표 5. 안정기의 천연가스, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성

	천연가스	BCTI	CPU	EPU	GRP	TPU	From
천연가스	80.41	10.05	3.51	2.11	2.06	1.86	19.59
BCTI	0.44	95.80	1.53	0.41	1.07	0.76	4.20
CPU	0.04	0.01	98.70	0.36	0.28	0.61	1.30
EPU	0.29	0.16	2.53	88.42	0.90	7.70	11.58
GRP	0.61	0.37	0.51	0.78	97.46	0.27	2.54
TPU	0.56	0.18	1.75	0.73	0.28	96.50	3.50
To	1.93	10.78	9.83	4.38	4.59	11.20	7.12
NET	-17.66	6.58	8.53	-7.20	2.05	7.69	

〈표 5〉와 〈표 6〉은 MS-VAR를 이용하여 도출된 천연가스시장모형의 안정기와 불안정기 연계성 분석 표이다. 먼저 〈표 5〉의 안정기에서 천연가스, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성을 살펴보면 총 연계성은 7.12%로 나타나 변수 간의 연계성 정도가 매우 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 안정기의 유입 연계성을 살펴보면, 연계성 값의 범위가 1.3% ~ 19.59%로 나타났다. 유입 연계성이 높은 변수로는 천연가스, EPU, BCTI 순으로 나타났으며, 유입 연계성이 낮은 변수로는 CPU, GRP, TPU로 나타났다. 유

출 연계성을 살펴보면 값의 범위가 1.93% ~ 11.2%로 나타났다. 유출연계성이 높은 변수로는 TPU, BCTI, CPU의 순서로 나타났으며, 유출연계성이 낮은 변수로는 천연가스, CPU, GRP 순서로 나타났다. 순 연계성의 경우 다른 변수에게 영향을 주는 요인으로 CPU, TPU, BCTI, GRP로 나타났지만 영향력의 크기가 10% 미만으로 나타나 연계성의 정도가 매우 낮은 것을 확인할 수 있으며, 다른 변수로부터 영향을 받는 요인으로 천연가스, EPU 순으로 나타났다.

표 6. 불안정기의 천연가스, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성

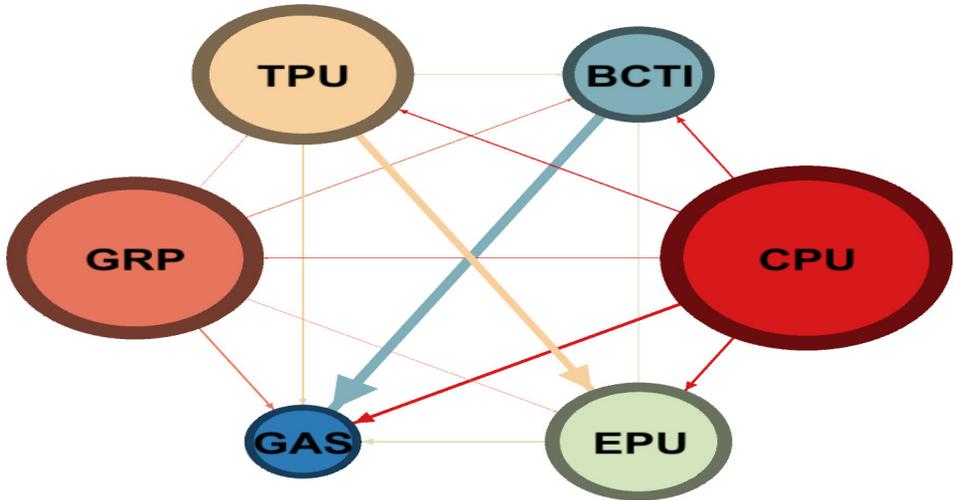
	천연가스	BCTI	CPU	EPU	GRP	TPU	From
천연가스	17.45	7.96	1.88	19.46	20.49	32.77	82.55
BCTI	5.48	25.30	1.09	28.41	25.75	13.97	74.70
CPU	8.42	35.55	4.23	24.00	14.52	13.28	95.77
EPU	10.63	15.26	1.92	39.89	18.91	13.40	60.11
GRP	3.15	33.21	0.96	33.33	23.15	6.20	76.85
TPU	12.79	14.41	1.33	21.86	23.88	25.73	74.27
To	40.46	106.38	7.19	127.06	103.55	79.61	77.38
NET	-42.09	31.69	-88.59	66.95	26.70	5.34	

〈표 6〉은 불안정기의 천연가스모형의 연계성을 나타내는데, 총 연계성을 살펴보면 77.38%로 나타나 안정기에 비해 연계성이 급격하게 커지는 것을 확인할 수 있다. 이는 천연가스 가격 변화가 심화될 때 각 변수들 간의 전이효과가 매우 크게 나타나는 것을 의미한다. 유입연계성의 범위는 60.11% ~ 95.77%로 나타났으며, 유입연계성이 높은 변수로는 CPU, 천연가스, GRP 순으로 나타났다. 유입연계성이 낮은 변수로는 EPU, TPU, BCTI 순으로 나타났다. 유출연계성의 경우 값의 범위가 7.19% ~ 127.06%로 나타났으며, 유출 연계성이 높은 변수는 EPU, BCTI, GRP 순으로 나타났고, 유출 연계성이 낮은 변수로는 CPU, 천연가스, TPU 순으로 나타났다. 순 연계성의 경우 EPU, BCTI, GRP, TPU가 다른 변수에 영향을 주는 요인으로 나타났으며, CPU, 천연가스가 다른 변수로부터 영향을 받는 요인으로 나타나는 것을 확인할 수 있다.

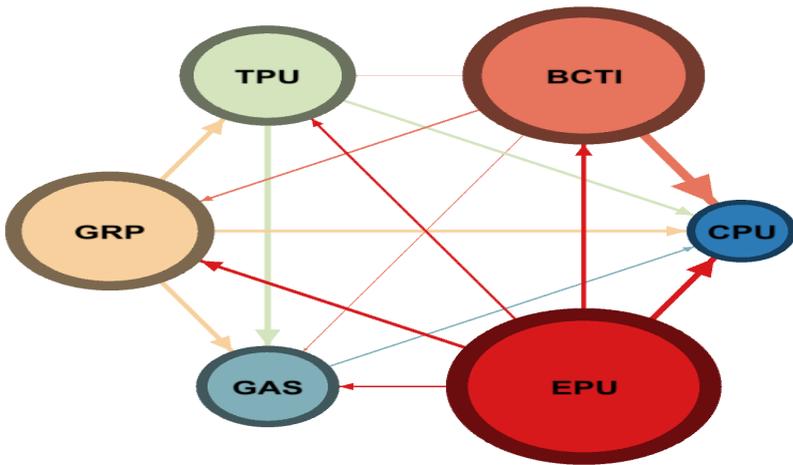
천연가스시장모형에서 안정기와 불안정기의 연계성 분석을 종합하면 안정기에는 총 연계성이 매우 낮게 나타나 변수간의 전이효과가 거의 없는 것으로 나타났지만, 불안정기의 경우 총 연계성이 매우 크게 나타나 불안정기의 천연가격, 탱커운임지수, 불확실성의 연계성이 강화되는 것을 알 수 있다. 구체적으로

로 EPU와 BCTI의 영향력이 가장 크게 나타나 천연가스 가격이 변동이 높은 경우에는 수요측 요인과 불확실성 요인에 영향력이 확대된다는 것을 확인할 수 있다.

〈그림 4〉는 연계성표를 이용하여 천연가스시장 모형의 쌍별 네트워크 연계성 분석을 실시한 결과를 의미한다. 안정기를 살펴보면, 불확실성 요소의 연계성 효과가 크게 나타나는 것처럼 보이지만, 앞선 〈표 5〉의 연계성 결과를 바탕으로 추정한 결과이기 때문에 서로간의 연계성이 크지 않은 것으로 볼 수 있다. 불안정기를 살펴보면, 수요측 요인을 의미하는 탱커운임지수와 불확실성 요인을 의미하는 EPU의 요인의 영향력이 큰 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 기후정책 변화에 따라 상대적으로 탄소배출이 적은 천연가스 수요의 증가 또는 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 불확실성의 확대가 동시에 발생하기 때문이다(Ringim et al., 2022). 기존의 연구결과와 비교하면, Hou and Nguyen(2018)는 천연가스 가격 변화가 심한 국면일수록 특정 수요층격의 효과가 커진다는 결과를 보고했으며, Geng et al.(2021)은 불확실성이 확대되면 거래조건의 변화, 에너지 가격의 급변이 나타난다는 주장과 유사한 결과로 볼 수 있다.



안정기의 천연가스, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성



불안정기의 천연가스, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성

그림 4. 천연가스시장 모형의 쌍별 네트워크(pair network) 연계성

에너지 시장과 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성 분석 결과를 종합하면, 안정기에 비해 불안정기에 불확실성의 영향력이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 변수의 영향력을 구체적으로 살펴보면 탱커운임지수는 수요측 요인을 대변하는 지표로써 탱커운임지수의 연계성은 에너지 가격이 안정적인 시기에 영향력이 크다는 것을 확인할 수 있다(Khan et al.,

2021). 반대로 불확실성이 확대되면 불확실성 경로에 따라 현재의 소비를 미래로 연기하여 에너지 공급과 수요를 감소시키고, 이에 따라 에너지 가격의 변화가 나타나는 것을 확인할 수 있다. 특히, 에너지 시장은 특정 사건(event)에 영향을 많이 받기 때문에 이라크 전쟁, 셰일가스 및 셰일오일의 개발, 무역전쟁, COVID-19, 러시아 전쟁 등으로 인한 불확실성

확대는 에너지 시장의 가격변동성을 크게 변화한다는 것을 기존의 사건을 통해 확인할 수 있다(Geman and Smith, 2012; Scarciuffolo and Etienne, 2021 ; 최기홍·김부권, 2022). 본 연구의 분석결과에서도 안정기에 비해 불안정기에 지정학적 위험(GRP)과 경제정책 불확실성(EPU), 무역정책 불확실성(TPU)의 영향력이 크다는 것을 확인하였다.

V. 결론

기술발전(세일가스, 세일오일), 무역전쟁, COVID-19, 러시아-우크라이나 전쟁 등으로 인해 에너지 시장의 불확실성이 확대되고 있다. 불확실성의 확대는 국가 및 기업의 투자와 소비를 연기하게 되고 이에 따라 재고 증가, 교역조건의 악화가 발생하여 에너지 가격 변화, 운송비 증가 등과 같은 영향이 동시적으로 발생하고 있다. 특히, 에너지 시장은 특정 사건을 중심으로 가격의 변동폭이 상대적으로 크고, 2020년 이후 COVID-19, 러시아-우크라이나 전쟁의 영향으로 장기화된 수요 감소로 인한 상품 운송의 공급체인 변화 등으로 인해 에너지 시장의 국제적 교역에 대한 위협이 크게 증가하고 있다(Khan et al., 2021). 따라서 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 에너지 시장에서의 국제적 교역의 연계성을 파악하기 위해 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성을 분석하였다.

주요 분석결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, MS-VAR 모형을 이용하여 에너지 가격 모형의 안정기와 불안정기를 분석한 결과 원유시장 모형과 천연가스시장 모형 모두 불안정기에 비해 안정기가 유지될 확률이 더 높게 나타나 특정 사건에 의해 변동성이 확대된다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 에너지시장의 안정기와 불안정기의 평균지속기간의 경우 원유시장 모형과 천연가스시장 모형 모두 안정기를 유지하는 평균지속기간이 불안정기에 비해 더 긴 것으로 나타났지만, 불안정기 유지기간이 원유시

장이 천연가스 시장보다 더 긴 것으로 나타나 천연가스 시장에 비해 원유시장이 불안정기가 더 오래 지속된다는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 에너지 시장의 안정기와 불안정기의 연계성 분석 결과를 살펴보면, 총 연계성의 경우 원유시장 모형과 천연가스시장 모형 모두 안정기에 비해 불안정기에 변수 간에 연계성이 확대된다는 것을 확인할 수 있었다. 에너지 시장의 안정기의 경우 연계성 정도를 고려했을 때, 원유시장의 경우 수요측 요인인 BDTI의 영향력이 크다는 것을 확인하였으나, 천연가스 시장의 경우 안정기의 연계성 정도가 매우 낮기 때문에 천연가스 가격에 대한 자기 자신의 효과가 크다는 것을 확인하였으며, 수요측 요인을 대표하는 BCTI의 효과도 자기 자신의 효과가 크다는 것을 확인하였다. 즉, 안정기의 경우 천연가스 시장의 연계성 정도가 낮지만, 원유시장의 연계성은 시장의 수요와 공급의 원리에 따라서 가격이 결정된다는 것을 의미한다.

셋째, 불안정기의 경우 원유시장 모형에 비해 천연가스 시장의 연계성이 급격하게 증가하는 것으로 보아 에너지 가격에 영향을 미치는 불확실성이 확대되면 원유시장에 비해 천연가스 시장의 변동성 전이 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

이상의 결과를 보면, 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 관계는 안정기와 불안정기에 따라 달라진다는 것을 확인하였다. 즉, 안정기의 경우 에너지 수요를 대변하는 탱커운임지수의 연계성이 높아지고, 불안정기의 경우 탱커운임지수에 비해 상대적으로 불확실성 요소들의 연계성이 높아진다는 것을 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 에너지를 안정적으로 확보하기 위해 정책입안자들은 에너지 가격이 안정기의 경우에는 선행지수로서 탱커운임지수를, 에너지 가격이 불안정기의 경우에는 선행지수로서 불확실성 지수를 확인하는 것이 중요한 전략이 될 것으로 기대할 수 있다. 또한, 투자자의 입장에서 금융상품으로써 에너지 상품에 투자하는 경우에 안

정기와 불안정기를 구분하여 투자위험을 회피할 수 있도록 전략적인 접근을 시도할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

본 연구의 한계로는 연계성 분석을 정적(static) 방법으로 적용하여 시간가변에 따라 연계성이 어떻게 변화하는지 분석하지 못하였다. 향후 연구에는 이러한 점을 반영하여 에너지 시장에서의 탱커 운임지수와 불확실성 사이의 관계를 심층적으로 분석하고자 한다.

참고문헌

- 김명직 · 장국현(2013), 「금융시계열분석」, 경문사.
- 김명희(2022), 해상운임에 영향을 미치는 주요 요인에 관한 연구, 한국항해항만학회지, 제46집 4호, 385-391.
- 김부권 · 김동윤 · 최기홍(2019), 국제운임지수와 원유가격의 의존관계 분석, 한국항만경제학회지, 제35집 4호, 107-120.
- 김부권 · 김동윤 · 최기홍(2020), 국제 해운 운임지수와 미국과 중국의 무역 불확실성 사이의 의존성 구조 분석, 한국항만경제학회지, 36집 제4호, 93-106.
- 김부권 · 최기홍 · 윤성민(2020), Copula 모형을 이용한 에너지 가격과 경제적 불확실성 사이의 의존관계 분석, 자원환경경제연구, 제29집 2호, 145-170.
- 임상석 · 김석훈(2021), Forecasting Bulk Freight Rates with Machine Learning Methods, 한국컴퓨터정보학회논문지, 제26집 7호, 127-132.
- 최기홍 · 김부권(2022), 해상운임지수와 상품가격 사이의 동적 연계성 분석, 한국항만경제학회지, 제38집 2호, 49-67.
- Alizadeh, A. H. and N. K. Nomikos(2004), Cost of carry, causality and arbitrage between oil futures and tanker freight markets, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(4), 297-316.
- Baker, S. R., N. Bloom, and S. J. Davis(2016), Measuring economic policy uncertainty, *The quarterly journal of economics*, 131(4), 1593-1636.
- Beenstock, M(1985), A theory of ship prices, *Maritime Policy and Management*, 12(3), 215-225.
- BenSaïda, A., H. Litimi and O. Abdallah(2018), Volatility spillover shifts in global financial markets, *Economic Modelling*, 73, 343-353.
- Charemza, W. and M. Gronicki(1981), An econometric model of world shipping and shipbuilding, *Maritime Policy & Management*, 8(1), 21-30.
- Chen, F., Y. Miao, K. Tian, X. Ding and T. Li(2017), Multifractal cross-correlations between crude oil and tanker freight rate, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 474, 344-354.
- Chen, J., F. Jin, G. Ouyang, J. Ouyang, and F. Wen(2019), Oil price shocks, economic policy uncertainty and industrial economic growth in China, *PloS one*, 14(5), e0215397.
- Choi, K. H. and S. M. Yoon(2020), Asymmetric dependence between oil prices and maritime freight rates: A time-varying copula approach, *Sustainability*, 12(24), 10687.
- Dai, L., H. Hu, Y. Tao and S. Lee(2020), The volatility transmission between crude oil market and tanker freight market, *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 12(6), 619-634.
- Degiannakis, S., G. Filis and V. Arora(2017), Oil prices and stock markets, Washington, US: Energy Information Administration.
- Diebold, F. X. and Y. 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.
- Drobetz, W., T. Richter and M. Wambach(2012), Dynamics of time-varying volatility in the dry bulk and tanker freight markets, *Applied financial economics*, 22(16), 1367-1384.
- Figuerola-Ferretti, I., J. R. McCrorie, J. R. and I. Paraskevopoulos(2020), Mild explosivity in recent crude oil prices, *Energy Economics*, 87, 104387.
- Geman, H. and W. O. Smith(2012), Shipping markets and freight rates: an analysis of the Baltic Dry Index, *The Journal of Alternative Investments*, 15(1), 98-109.
- Geng, J. B., F. R. Chen, Q. Ji and B. Y. Liu(2021),

- Network connectedness between natural gas markets, uncertainty and stock markets, *Energy Economics*, 95, 105001.
- Hamilton, J. D.(1989), A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle, *Econometrica: Journal of the econometric society*, 357-384.
- Hamilton, J. D.(1990), Analysis of time series subject to changes in regime, *Journal of econometrics*, 45(1-2), 39-70.
- Hasan, M. B., M. Mahi, T. Sarker and M. R. Amin(2021), Spillovers of the COVID-19 pandemic: Impact on global economic activity, the stock market, and the energy sector, *Journal of Risk and Financial Management*, 14(5), 200.
- Hou, C. and B. H. Nguyen(2018), Understanding the US natural gas market: A Markov switching VAR approach, *Energy Economics*, 75, 42-53.
- Khan, K., C. W. Su, R. Tao and M. Umar(2021), How do geopolitical risks affect oil prices and freight rates?, *Ocean & Coastal Management*, 215, 105955.
- Kilian, L.(2009), Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market, *American Economic Review*, 99(3), 1053-69.
- Krolzig, H. M.(1997), The markov-switching vector autoregressive model, In *Markov-Switching vector autoregressions* (pp. 6-28), Springer, Berlin, Heidelberg.
- Krolzig, H. M.(2000), Predicting Markov-switching vector autoregressive processes (pp. 1-30), Oxford: Nuffield College.
- 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.
- Lun, Y. V., K. H. Lai and T. E. Cheng(2010), *Shipping and logistics management* (pp. 205-218), London: Springer.
- Maitra, D., S. Chandra and S. R. Dash(2020), Liner shipping industry and oil price volatility: Dynamic connectedness and portfolio diversification, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 138, 101962.
- Narayan, P. K., S. Narayan and K. P. Prabhesh(2014), Stock returns, mutual fund flows and spillover shocks, *Pacific-Basin Finance Journal*, 29, 146-162.
- Oomen, J.(2012), The Baltic Dry Index: A predictor of stock market returns, Unpublished Master Thesis, Tilburg, Tilburg University Department of Finance.
- Poulakidas, A. and F. Joutz(2009), Exploring the link between oil prices and tanker rates, *Maritime Policy & Management*, 36(3), 215-233.
- Ringim, S. H., A. Alhassan, H. Güngör and F. V. Bekun(2022), Economic Policy Uncertainty and Energy Prices: Empirical Evidence from Multivariate DCC-GARCH Models, *Energies*, 15(10), 3712.
- Scarcioffolo, A. R. and X. L. Etienne(2021), Regime-switching energy price volatility: The role of economic policy uncertainty, *International Review of Economics & Finance*, 76, 336-356.
- Shi, W., Z. Yang and K. X. Li(2013), The impact of crude oil price on the tanker market, *Maritime Policy & Management*, 40(4), 309-322.
- Tao, R., C. W. Su, Y. Xiao, K. Dai and F. Khalid(2021), Robo advisors, algorithmic trading and investment management: wonders of fourth industrial revolution in financial markets, *Technological Forecasting and Social Change*, 163, 120421.
- Yang, L.(2019), Connectedness of economic policy uncertainty and oil price shocks in a time domain perspective, *Energy Economics*, 80, 219-233.

에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성 분석

김부권 · 윤성민

국문요약

기술발전(세일가스, 세일오일), 무역전쟁, COVID-19, 러시아-우크라이나 전쟁 등으로 인해 에너지 시장의 불확실성이 확대되고 있다. 특히, 2020년 이후 COVID-19, 러시아-우크라이나 전쟁의 영향으로 장기화된 수요 감소로 인한 상품 운송의 공급체인의 변화 등으로 인해 에너지 시장의 국제적 교역에 대한 위협이 크게 증가하고 있다. 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 에너지 시장에서의 국제적 교역의 연계성을 파악하기 위해 에너지 가격, 탱커운임지수, 불확실성 사이의 연계성을 분석하였다. 주요 분석 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, MS-VAR 모형을 이용하여 에너지 가격 모형의 안정기와 불안정기를 분석한 결과 원유시장 모형과 천연가스시장 모형 모두 불안정기에 비해 안정기가 유지될 확률이 더 높게 나타나 특정 사건에 의해 변동성이 확대된다는 것을 확인할 수 있었다. 둘째, 에너지 시장의 안정기와 불안정기의 연계성 분석 결과를 살펴보면, 총 연계성의 경우 원유시장 모형과 천연가스시장 모형 모두 안정기에 비해 불안정기에 변수 간에 연계성이 확대된다는 것을 확인할 수 있었다. 에너지 시장의 안정기의 경우 연계성 정도를 고려했을 때, 수요측 요인을 대표하는 탱커 운임지수의 효과가 크다는 것을 확인하였다. 셋째, 에너지 시장의 불안정기는 원유시장 모형에 비해 천연가스 시장의 연계성이 급격하게 증가하는 것으로 보아 원유시장에 비해 에너지 가격에 영향을 미치는 불확실성이 확대되면 천연가스 시장의 변동성 전이 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

주제어: MS-VAR, 연계성, 불확실성, 탱커운임지수, 에너지 가격