

# 유가와 벌크선 운임의 상관관계 분석에 관한 연구

안병철\* · 이기환\*\* · † 김명희

\*한국해양대학교 박사과정, \*\*한국해양대학교 해양경영경제학부 교수, † 한국해양대학교 해양경영경제학부 강사

## The Inter-correlation Analysis between Oil Prices and Dry Bulk Freight Rates

Byoung-Churl Ahn\* · Kee-Hwan Lee\*\* · † Myoung-Hee Kim

\*Ph.D Candidate, Graduate School of Korea Maritime & Ocean University

\*\*Professor, Division of Maritime Business and Economics, Korea Maritime & Ocean University

† Lecturer, Division of Maritime Business and Economics, Korea Maritime & Ocean University

**요 약** : 본 연구의 목적은 유가와 벌크선 운임의 상관관계 및 영향력을 검증하는 것이다. 탄소배출 감축을 위해 석유의존도를 줄이고 친환경 연료 선박의 개발이 추진되고 있지만, 현재의 진행상황으로 볼 때, 상당한 시간이 필요할 것으로 보인다. 반면, COVID 19 팬데믹 및 러시아의 우크라이나 침공에 따른 유가 변동성이 커지고 있다. 해운업에서 연료비용이 큰 비중을 차지하고 있으므로, 유가가 운임에 어떠한 영향을 주는지 점검이 필요하다. 유가 변수로 Brent, Dubai, WTI 그리고 운임변수는 BDI, BCI, BPI로 2008년 10월부터 2022년 2월까지 월별 데이터를 사용하였다. VAR(Vector Autoregressive) 모형을 이용한 상관관계 분석에서 BDI에 대한 충격반응 분석은 WTI가 가장 큰 영향을 미쳤고, 그 다음으로 두바이유, 브렌트유 순으로 차이를 보였다. 예측오차 분산분해 분석결과는 BDI에 대해 WTI, 두바이유, 브렌트유 순으로 설명력의 차이를 보였다. 선종별로 차이는 있으나, 대체로 WTI와 두바이유가 설명력이 높았다.

**핵심용어** : 석유의존도, 원유 가격, 벌크선 운임, 상관관계, VAR 모형

**Abstract** : The purpose of this study was to investigate the inter-correlation between crude oil prices and Dry Bulk Freight rates. Eco-friendly shipping fuels has being actively developed to reduce carbon emission. However, carbon neutrality will take longer than anticipated in terms of the present development process. Because of OVID-19 and the Russian invasion of Ukraine, crude oil price fluctuation has been exacerbated. So we must examine the impact on Dry Bulk Freight rates the oil prices have had, because oil prices play a major role in shipping fuels. By using the VAR (Vector Autoregressive) model with monthly data of crude oil prices (Brent, Dubai and WTI) and Dry Bulk Freight rates (BDI, BCI and (BPI) 2008.10~2022.02, the empirical analysis documents that the oil prices have an impact on Dry bulk Freight rates. From the analysis of the forecast error variance decomposition, WTI has the largest explanatory relationship with the BDI and Dubai ranks second, Brent ranks third. In conclusion, WTI and Dubai have the largest impact on the BDI, while there are some differences according to the ship-type.

**Key words** : oil dependency, crude oil prices, dry bulk freight rates, correlation, VAR model

### 1. 서 론

지구 온난화의 주범으로 탄소가 지목되면서 탄소배출을 감축하려는 노력이 전 지구적으로 전개되고 있다. 해운산업에서도 탄소배출의 감축 방안으로 친환경 연료 선박에 대한 개발이 활발히 추진되고 있다. 그러나 현재 진행되고 있는 친환경 에너지에 대한 기술개발 현황 및 투자 진행 속도를 감안할 때, 완전한 친환경 에너지 체제로 전환하는데 상당한 시간이 필요할 것으로 보인다. 따라서 당분간 석유 연료에 대한 의존도는 일정 기간 지속될 듯하다.

British Petroleum의 2021년도 세계 에너지 통계자료에 따르면, 글로벌 에너지 믹스에서 석유의 비중이 2020년에 31.3%

로 전년도 33.0%에 비해 소폭 하락하였다. 1970년대 석유의존도 50%에 비하면 30%대로 축소되었다. 그러나 최근 들어, 석유 비중 감소 속도가 정체현상을 보이고 있다. 재생에너지의 비중은 2020년 5.7%에 불과하고 증가 속도 역시 매우 느리게 진행되고 있다. 에너지경제연구원(2022)에 의하면 2022년 세계 석유수요는 경제성장과 함께 코로나19 이전 수준으로 회복할 것으로 전망하고 있다. 또한 러시아의 우크라이나 침공으로 인해 전반적인 에너지 수급의 문제가 부각됨에 따라 유가 변동성을 줄이기 위해 OPCE+의 석유 생산 비중이 어느 정도 증가할 가능성도 있는 것으로 보고하고 있다.

미국 연방은행(Federal Reserve Bank)에 따르면, 유가가 배럴당 US\$10이 상승하면 미국의 경제성장은 0.1% 감소하고, 인

† Corresponding author : 정희원, kmusm@kmou.ac.kr 051)410-4380

\* 정희원, anhbcosso@naver.com 02)758-6384

\*\* 정희원, khlee@kmou.ac.kr 051)410-4387

플레이션은 0.2% 상승한다고 추정하였다. 유럽 중앙은행(European Central Bank)은 유가가 10% 상승하면 유로존의 인플레이션은 0.1%에서 0.2% 상승한다고 밝혔다(Cristina and Luciani, 2017).

선박 연료에 있어서도 친환경 대체연료 개발에 대한 노력은 지속하고 있지만, 당분간 석유에 대한 의존도는 유지될 전망이다. 유가가 글로벌 경제활동 전반에 미치는 영향이 크고, 연료비 비중이 높은 해운업에 큰 영향을 미치므로 유가의 운임에 대한 영향력을 점검하는 것은 필요하다.

본 연구에서는 VAR모형을 통해 유가와 벌크선 운임의 상관관계와 영향력을 분석하였다. 설명변수로 3개의 국제 원유 가격인 브렌트유, 두바이유 및 서부텍사스 중질유(WTI)를 모두 사용하였고, 종속변수는 벌크선 운임의 종합지수인 Baltic Dry Index(BDI)와 선박 사이즈별로 케이프사이즈 선박의 운임지수인 Baltic Capesize Index(BCI) 그리고 Baltic Panamax Index(BPI)를 사용하였다. 케이프와 파나마크 시장은 거시경제 변수에 민감하게 반응하고, 완전경쟁에 가까운 시장 특성을 보이기 때문에 경제상황을 설명하거나 예측하는데 종종 사용되는 운임 지수이다. 데이터는 글로벌 금융위기 발생 이후인 2008년 10월부터 2022년 2월까지 월별데이터를 사용하였다. 동 기간데이터를 사용한 이유는 2008년 글로벌 금융위기는 해운시장에 막대한 영향을 미쳤고 그 영향력이 지속되고 있으며, 2008년 이후의 데이터가 시장상황에 대해서 더 정확한 결과를 나타내기 때문이다(Dai et al., 2016).

본 연구는 다음과 같이 구성하였다. 1장 서론에 이어 2장은 선행연구를 통해 유가와 다양한 경제변수들이 벌크선 운임에 미치는 영향에 대해 살펴보았다. 3장에서는 본 연구의 분석방법인 VAR 모형을 어떻게 적용하였는지 설명한다. 4장은 실증 분석 내용을 설명하고 유가의 벌크선 운임에 미치는 영향을 분석하였고, 5장에서 연구의 결론 및 시사점을 제시하였다.

## 2. 선행연구

벌크선 시장의 동태적 특성을 파악하기 위해 Rim et al.(2010)은 수요(운송량), 공급(선박량), 가격(운임) 변수를 벡터자기회귀 모형(Vector Autoregressive Model, VAR)을 사용하여 분석하였다. 동 연구에서 운송량 충격은 선박량 변수에 영향을 미치는 반면, 선박량 충격은 운송량 변수에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 벌크선 운임이 중고선가에 미치는 영향을 VAR 모형으로 분석한 연구(Kim et al., 2014)에서는 선령이 높은 선박(10년)보다 선령이 낮은 선박(5년) 그리고 선박의 크기가 큰 capesize 선박이 panamax 선박보다 운임변동에 크게 반응하는 것으로 나타났다.

국제유가와 벌크선 운임(BDI, BCI 및 BPI)과의 장기 균형관계에 대해 Chung and Kim(2011)은 두바이 유가를 기준으로 2000.01~2011.02 기간 데이터를 통해 분석하였다. 변수들의 단위근 검정을 통하여 안정성이 확보되지 못하고 공적분

관계가 없으면 VAR을 사용하고, 공적분이 존재한다면 벡터 오차수정 모형(Vector Error Correction Model, VECM)을 사용해야 한다. 동 연구에서는 국제유가와 BDI, BCI, BPI간에 각각의 공적분관계가 존재하지 않는 것으로 나타나, VAR 모형을 사용하였다. 분석결과, 유가는 BDI와 BCI에 정(+)의 유의적 효과를 갖고 BPI에는 시간이 경과함에 따라 음(-)의 유의적 효과를 갖는다고 밝혔다.

Hasan et al.(2021)는 구조 벡터자기회귀 모형(Structural VAR, SVAR)을 기반으로 COVID-19 팬데믹이 실물경제, 주식시장 및 에너지 부문에 미친 과급효과(spillovers)를 연구하였다. 종속변수로 BDI, MSCI world index(MSCI) 및 MSCI world energy index(MSCIE)를 사용하여 분석한 결과, COVID-19는 실물경제보다 주식시장에 더 큰 영향을 미쳤다. 동 연구에서 SVAR 모형을 사용한 이유는 거시경제 충격(macroeconomic shocks)에 따른 경제적 과급효과를 설명하는데 SVAR 모형이 탁월하기 때문이라고 설명했다.

Kim and Chang(2013)은 유가 변수로 해운사의 경영에 직접적인 영향을 미치는 벙커가격을 사용하여 BDI와의 관계를 비대칭 공적분 검정 모형으로 분석하였다. BDI와 벙커 가격간에 장기 균형관계가 존재하지 않는 반면에 BDI의 벙커 가격에 대한 영향이 통계적으로 유의성이 높은 것으로 나타나, 두 변수 간에 비대칭 장기 균형관계가 존재한다고 밝혔다.

Jeon and Yang(2016)은 세계 주요 선사의 선박 발주량과 해운 운임의 상관관계를 그랜저 인과관계(granger causality analysis) 모형으로 분석하여 선박발주가 운임에 얼마나 영향을 주는지 그리고 운임이 선박발주에 얼마나 영향을 주는지를 분석하였다. 선박투자는 투자시점에 원가가 확정되고 수익은 향후 시황에 노출되기 때문에 경기역행적(counter-cyclical) 투자를 가장 바람직한 것으로 여긴다. 그러나 현실적으로 시황에 따라 투자가 이루어지는 경기순행적(pro-cyclical) 투자가 자주 발생한다. 동 연구에서는 선박발주와 운임의 충격반응함수를 통해 경기순행적 투자인지 경기역행적 투자인지를 구분하였다.

Apergis and Payne(2013)은 BDI가 금융자산 및 거시경제에 대해 예측적인 정보를 포함하고 있는지 여부를 패널 데이터(panel data)를 통해 분석하였다. 원자재의 운송 비용인 BDI는 산업생산과 밀접한 관련이 있으며, 이는 곧 실물 경제활동을 나타내는 것이므로 금융자산 시장에도 영향을 미친다고 결론을 내렸다.

Lim and Yun(2018)은 해운시장 정보 분석에 있어 어떤 변수를 사용하는가에 따라 모델의 예측 결과가 크게 달라질 수 있기 때문에 변수 선택(feature selection)이 매우 중요하다고 보았다. 케이프선 시장운임의 결정요인 및 운임예측 모형을 분석하기 위한 변수 선택의 합리적 근거를 제시하는 연구를 수행하였다. 수요측면 요인 5개와 공급측면 요인 11개를 선정하여 단계적 회귀 모형과 랜덤 포레스트 모형으로 비교한 결과, 랜덤 포레스트 모형을 통해 선정한 공급위주의 요인들이

예측결과가 뛰어나기 때문에 케이프션 시장의 예측모델 변수로 공급측면 요인이 중요하다고 주장하였다.

최근에는 해상운임 예측에 이론모형 및 시계열 분석 모형 뿐 아니라 인공신경망(ANN ; artificial neural network) 모형을 활용한 연구가 활발히 진행되고 있다. 인공신경망 모형은 훈련 데이터(training data)를 통해 충분히 학습한 후에 실험 데이터(testing data)로 테스트를 진행한 다음, 필요한 지식을 추출해내는 Knowledge Discovery 과정을 수행한다.

Kim et al.(2019)는 인공신경망 중에서 LSTM(Long Short Term Memory) 알고리즘을 사용하여 벌크운임 예측의 정확도를 높이는 연구를 진행하였다. 외부 환경요인으로 국제유가, 미국 다우존스지수, 엔/달러 환율, 중국 GDP, 세계 GDP 등을 사용하여 ARIMA와 같은 시계열 분석과 LSTM 같은 인공신경망 분석을 비교한 결과, 인공신경망 분석이 예측성능에서 우수함을 보였다. 그 이유는 벌크선과 같은 부정기 해운시장의 운임은 외부 충격에 민감하게 반응하는 산업이므로 외부 환경에 대한 고려가 지속적으로 제시되어야 하나, 기존 연구들은 이를 충분히 고려하지 않았기 때문이라고 밝혔다.

벌크선 운임예측 모형에 있어 기존에는 다양한 회귀모형을 사용하였으나, 해운산업의 변동성(volatile), 복잡성(complex) 및 순환성(cyclic)으로 인해 정확한 예측이 어려웠다. 이를 극복하기 위해 Akyol(2019)는 머신러닝 알고리즘 Gardien Boosted Tree(GBT)와 Multi-Layer Perceptron (MLP) learning algorithm을 사용하였다. 2009.03~2018.01 기간의 WTI와 BDI, BCI, BPI, BSI(Baltic Supramax Index) 주간 데이터를 사용하여 분석한 결과, BDI, BCI 및 원유가격은 MLP 모델이 예측력이 높고 BPI와 BSI는 GBT 모델이 예측력이 높다고 밝혔다.

Munim and Schramm(2021)의 연구에서는 운임 예측에 전통적으로 사용되는 모델인 ARIMA(Autoregressive Integrated Moving Average), VAR, VECM 및 ANN 모형을 비교하여 어느 모델이 예측력이 높은지 판별하였다. CCFI(China Containerized Freight Index)의 4개 주요 항로를 분석한 결과, 전체적으로 훈련 샘플에서는 VAR/VECM가 ARIMA/ANN보다 우수했고 테스트 샘플에서는 ARIMA가 VAR/ANN보다 우수했다. 그러나 개별 항로에서는 2개의 예외가 발생했는데, 하나는 ARIMA가 동북아-지중해 항로에서 우수했고, 다른 하나는 VECM이 동북아-미동부연안 항로에서 우수했다. 결론적으로 주요 항로에 대한 컨테이너 운임 예측에는 ARIMA를 사용하고 예외적으로 동북아-미동부연안 항로는 VECM 사용을 추천하였다.

본 연구에서는 원유가격이 벌크선 운임지수에 어떻게 영향을 미치는지에 대해 살펴보는 것이 그 목적이다. 따라서 다양한 변수의 관계성을 파악하기에 보다 용이한 인공신공망 모형, 단변량 분석을 위해 적용되는 ARIMA모형 보다는 각 변수들간의 인과성을 검증하는 모형이 적절할 것으로 판단된다. 선행연구들에 의하면 변수들 사이의 공적분 관계가 존재하는

경우 VECM 모형을 그렇지 않은 경우 VAR 모형을 적용하여 두 변수의 관계를 파악하고 있다. 본 연구에서는 변수들 간의 공적분 관계가 특별히 파악되지 않아 VAR 모형을 적용하여 실증분석을 수행해 보고자 한다.

### 3. 데이터 및 분석방법

#### 3.1 데이터

본 연구에서는 2008년 10월부터 2022년 2월까지의 월간 자료를 이용하여 유가와 벌크선 운임 간의 상관관계를 분석해 보고자 한다. 유가와 벌크선 운임의 상관성을 연구한 선행연구를 살펴보면 두바이 유가 등 하나의 유가 변수를 대상으로 분석(Chung and Kim, 2011)하거나, 해운사 경영에 직접적인 영향을 미치는 벙커가격을 사용하여 분석(Kim and Chang, 2013) 하였다. 본 연구에서는 유가는 해운사 경영에 직접 영향을 주는 것은 물론 글로벌 거시경제 전반에 큰 영향을 미치기 때문에 원유 가격을 설명변수로 사용하는 것이 넓은 함의를 갖는다고 보아, 3대 원유가격인 브렌트유, 두바이유 및 서부텍사스 증질유(WTI)를 모두 분석대상으로 하였다. 유가는 두바이유(DUBAI), 브렌트유(BRENT), 서부텍사스유(WTI)의 월간 현물가격을 이용하였고, 벌크선 운임은 BDI, BCI, BPI의 3개 벌크선 운임지수를 사용하였다.

Figure 1에서는 분석기간 동안의 주요 변수 시계열도표가 제시되고 있다.

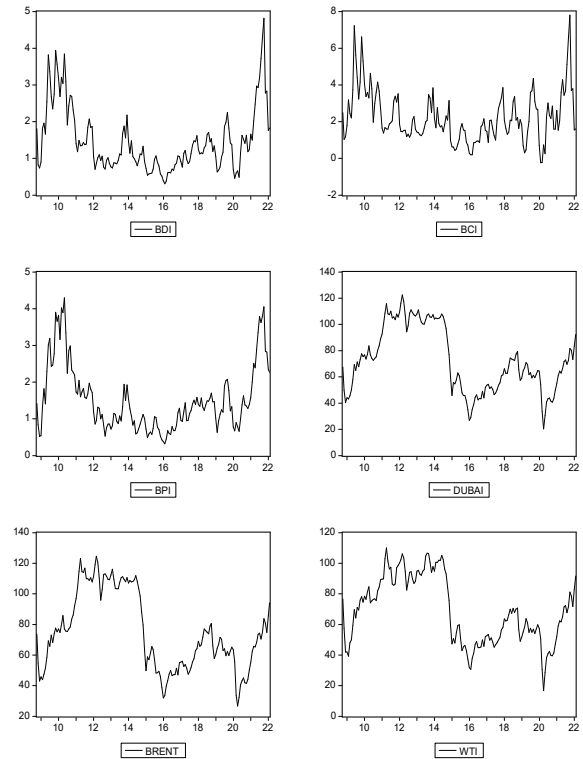


Fig. 1 Oil price and dry bulk freight rate

Table 1 Descriptive statistics

|        | Mean  | S.D   | Min   | Max    | Skew | Kurt | J-B      | N   |
|--------|-------|-------|-------|--------|------|------|----------|-----|
| LBDI   | 1.49  | 0.88  | 0.31  | 4.82   | 1.38 | 4.61 | 68.02*** | 161 |
| LBCI   | 2.25  | 1.38  | -0.24 | 7.80   | 1.22 | 5.27 | 74.45*** | 161 |
| LBPI   | 1.53  | 0.90  | 0.32  | 4.30   | 1.25 | 3.95 | 48.18*** | 161 |
| LDUBAI | 72.61 | 24.65 | 20.39 | 122.49 | 0.22 | 1.92 | 9.15**   | 161 |
| LBRENT | 74.99 | 25.18 | 26.63 | 124.54 | 0.30 | 1.89 | 10.64*** | 161 |
| LWTI   | 68.80 | 21.68 | 16.70 | 110.04 | 0.11 | 1.92 | 8.18**   | 161 |

\*\*\* p<.01, \*\* p<.05, \* p<.10

Table 1을 살펴보면 유가 변화율과 벌크선 운임 지수 변화율의 평균은 유사하지만 표준편차는 벌크선 운임 지수들이 유가 변화율보다 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 이는 벌크선 운임지수의 경우 선박 비중과 선형별 물동량에 차이가 있기 때문으로 생각된다. J-B 검정, 왜도, 첨도 값을 참고하면, 모든 변수들의 분포가 정규분포에 근사하지 않은 것으로 나타났다.

### 3.2 분석방법<sup>1)</sup>

본 연구는 유가와 벌크선 운임 간의 관계를 추정하는데 있어 시계열 변수들 간의 인과성 검증을 위한 VAR 모형을 활용하였다. 이를 위해 ADF 단위근 검정, 그랜저 인과관계(Granger causality) 검정, 충격반응함수 검정, 예측오차 분산 분해 검정을 수행하여 유가와 벌크선 운임 간의 상관관계를 분석하였다.

여기에서는 두 변수 간의 인과성 검정을 위한 그랜저 인과관계(Granger causality) 검정에 대해 간단히 살펴보고자 한다. 다음과 같은 두 변수의 과정을 p차 벡터자기회귀과정(VAR(p)과정) 이라고 하며 다음과 같이 표현한다.

$$Y_t = d + \sum_{j=1}^p \Phi_j Y_{t-j} + \epsilon_t$$

여기에서  $Y_t$ ,  $d$ ,  $\Phi_j$ ,  $\epsilon_t$ 는 각각 다음과 같이 정의되며,

$$Y_t = \begin{pmatrix} Y_{t1} \\ Y_{t2} \end{pmatrix} \quad d = \begin{pmatrix} d_1 \\ d_2 \end{pmatrix} \quad \Phi_j = \begin{bmatrix} \Phi_{11}^j & \Phi_{12}^j \\ \Phi_{21}^j & \Phi_{22}^j \end{bmatrix} \quad \epsilon_t = \begin{pmatrix} \epsilon_{t1} \\ \epsilon_{t2} \end{pmatrix}$$

$\epsilon_t = (\epsilon_{t1}, \epsilon'_{t2})'$ 는 서로 독립적인 백색잡음이다.

시계열  $\{Y_{t2}\}$ 의 과거와 현재의 정보가 시계열  $\{Y_{t1}\}$ 의 미래값을 예측하는데 도움이 되면  $\{Y_{t2}\}$ 는  $\{Y_{t1}\}$ 의 Granger-cause 한다고 한다. 즉, VAR(p)에서 Granger causality 검정은 다음의 두 귀무가설을 각각 검정하는 것이며,

$$H_0 : \Phi_{11}^j = \Phi_{12}^j = 0 \quad j = 1, \dots, p$$

$$H_0 : \Phi_{21}^j = \Phi_{22}^j = 0 \quad j = 1, \dots, p$$

F-검정,  $\chi^2$ 검정, LR-검정, Wald-검정, LM-검정 등 여러 가지 방법으로 실행 가능하다.

## 4. 실증분석

### 4.1 ADF 단위근 검정

본 연구에 투입할 변수들에 대해서 정상성(stationality)을 판별하는 단위근 검정을 실시하여 단위근 존재 여부를 검정하고, 단위근이 존재할 경우에 차분(differentiation) 등 변수변환을 통해 변수들을 안정화해야 한다. 본 연구에서는 단위근 검정을 위해 Augmented Dickey Fuller (ADF) 단위근 검정을 수행하였다. 5% 유의수준에서 ADF 단위근 검정결과를 보면 LBPI, LDUBAI, LBRENT, LWTI 등의 수준변수들은 불안정적 시계열인 것으로 나타났다. 이에 1차 차분 후 변수의 경우 안정 시계열이 되어, 본 연구에서는 시계열 간의 인과성 검정을 위해 1차 차분한 값을 변수로 사용하였다.

Table 2 ADF unit root test

| 구분  | Difference |         |         |         |         |         |
|-----|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
|     | LBDI       | LBCI    | LBPI    | LDUBAI  | LBRENT  | LWTI    |
| ADF | -7.322     | -7.920  | -7.744  | -8.078  | -7.886  | -8.355  |
| p   | 0.00***    | 0.00*** | 0.00*** | 0.00*** | 0.00*** | 0.00*** |

\*\*\* p<.01, \*\* p<.05, \* p<.10

### 4.2 인과성(Granger causality) 검정

인과성(Granger causality) 검정은 원인과 결과를 특정하지 않고 두 시계열 변수 간의 관계성 유무를 검증하는 방법이다. 하지만 본 연구에서는 벌크선 운임을 결과 변수로 하고 설명 변수인 유가가 운임에 실제 영향을 미치고 있는지 살펴보고자 하였다. 이에 유가와 벌크선 운임 간의 상관관계를 분석하기 위해 인과관계(Granger causality) 분석을 수행하였다. 유가에는 두바이유, 브렌트유, WTI유를 두고, 벌크선 운임으로는 BDI, BCI, BPI 변수들을 선정하여 VAR 모형을 적합하였다. 그 결과는 Table 3에 제시되어 있다. 본 연구의 인과성 검정을 수행한 결과, 유의수준 5%에서 유가 관련 모든 변수가 벌크선 운임(BDI, BCI, BPI)에 대해서 모두 인과관계가 존재하는 것으로 추정되었다.

1) Kim(2011)을 참고하여 작성

Table 3 Granger causality test

| Null hypothesis  | F-statistic    | Probability        |
|--|----------------|--------------------|
| LDUBAI $\nRightarrow$ LBDI<br>LBDI $\nRightarrow$ LDUBAI | 7.934<br>1.510 | 0.000***<br>0.224  |
| LBRENT $\nRightarrow$ LBDI<br>LBDI $\nRightarrow$ LBRENT | 4.279<br>1.629 | 0.015***<br>0.199  |
| LWTI $\nRightarrow$ LBDI<br>LBDI $\nRightarrow$ LWTI     | 4.988<br>2.389 | 0.007***<br>0.095* |
| LDUBAI $\nRightarrow$ LBCI<br>LBCI $\nRightarrow$ LDUBAI | 7.129<br>0.289 | 0.001***<br>0.749  |
| LBRENT $\nRightarrow$ LBCI<br>LBCI $\nRightarrow$ LBRENT | 3.672<br>0.272 | 0.027**<br>0.761   |
| LWTI $\nRightarrow$ LBCI<br>LBCI $\nRightarrow$ LWTI     | 6.846<br>0.204 | 0.000***<br>0.815  |
| LDUBAI $\nRightarrow$ LBPI<br>LBPI $\nRightarrow$ LDUBAI | 9.439<br>1.480 | 0.000***<br>0.230  |
| LBRENT $\nRightarrow$ LBPI<br>LBPI $\nRightarrow$ LBRENT | 7.313<br>1.360 | 0.000***<br>0.259  |
| LWTI $\nRightarrow$ LBPI<br>LBPI $\nRightarrow$ LWTI     | 4.907<br>1.676 | 0.000***<br>0.190  |

\*\*\* p<.01, \*\* p<.05, \* p<.10

4.3 충격반응함수 결과

유가와 벌크선 운임 간 충격반응 분석결과는 다음과 같다. LBDI에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 두바이유(LDUBAI)는 시차 1에 0.57%로 시작해서 시차 5에 1.34%로 증가하다가, 시차 10에 2.02%까지 지속적으로 증가였다. 브렌트유(LBRENT)는 시차 1에 0.44%로 시작해서 시차 5에 1.14%로 증가하다가, 시차 10에 1.85%까지 지속적으로 증가였다. 서부텍사스유(LWTI)는 시차 1에 0.57%로 시작해서 시차 5에 1.88%로 증가하다가, 시차 10에 2.23%까지 지속적으로 증가였다.

LBCI에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 두바이유(LDUBAI)는 시차 1에 0.91%로 시작해서 시차 5에 0.03%로 감소하다가, 시차 10에 0.24%까지 다시 증가였다. 브렌트유(LBRENT)는 시차 1에 0.68%로 시작해서 시차 5에 -0.10%로 감소하다가, 시차 10에 0.18%로 다시 증가였다. 서부텍사스유(LWTI)는 시차 1에 0.51%로 시작해서 시차 5에 0.48%로 감소하다가, 시차 10에 0.45%로 감소였다.

LBPI에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 두바이유(LDUBAI) 시차 1에 0.59%로 시작해서 시차 5에 4.04%로 증가하다가, 시차 10에 4.24%까지 지속적으로 증가였다. 브렌트유(LBRENT) 시차 1에 0.40%로 시작해서 시차 5에 3.62%로 증가하다가, 시차 10에 4.01%까지 지속적으로 증가였다. 서부텍사스유(LWTI) 시차 1에 0.86%로 시작해서 시차 5에 4.44%로 증가하다가, 시차 10에 4.27%까지 약간 감소였다.

충격반응함수 결과를 살펴보면, BDI는 건화물의 여러 선종의 운임에 대한 종합지수의 성격을 갖는 반면, BCI와 BPI는 선종별 운임으로 운송화물 및 운송거리 등에서 차이를 보인다. 이에 따라 운임의 변동성에서도 차이를 보이기 때문에 충격반응함수의 결과가 차이를 보이는 것으로 추정된다.

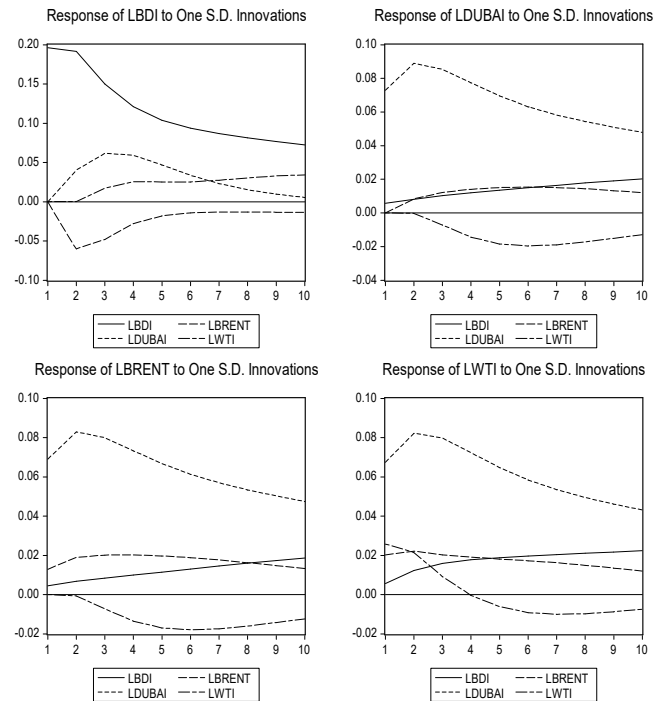


Fig. 2 VAR impulse-response test: BDI

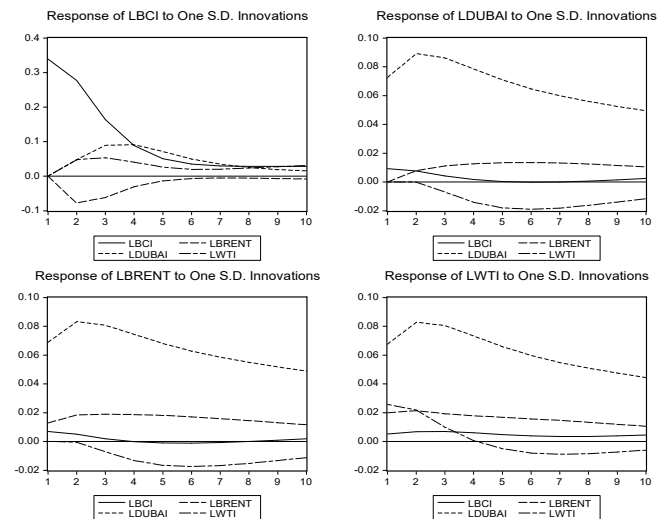


Fig. 3 VAR impulse-response test: BCI

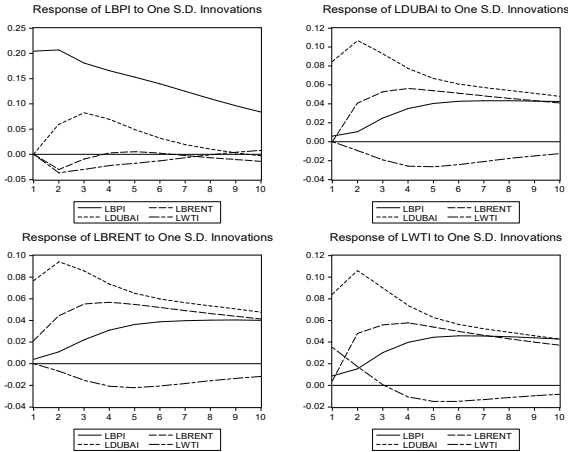


Fig. 4 VAR impulse-response test: BPI

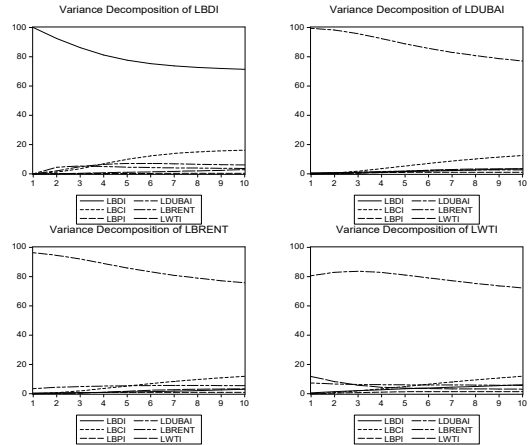


Fig. 5 VAR variance decomposition test: BDI

4.4 예측오차 분산분해 검정 결과

유가와 벌크선 운임 간의 예측오차 분산분해 분석결과는 다음과 같다.

LBDI에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 두바이유(LDUBAI) 시차 1에 0.62%의 설명력으로 시작해서 시차 5에 1.50%로 증가하다가, 시차 10에 3.50%까지 지속적으로 증가였다. 브랜트유(LBRENT)는 시차 1에 0.40%의 설명력으로 시작해서 시차 5에 1.12%, 시차 10에 2.94%까지 지속적으로 증가였다. 서부텍사스유(LWTI)는 시차 1에 0.56%의 설명력으로 시작해서 시차 5에 3.29%, 시차 10에 6.01%까지 지속적으로 증가였다.

LBCI에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 두바이유(LDUBAI)는 시차 1에 0.00%의 설명력으로 시작해서 시차 5에 5.24%로 증가하다가, 시차 10에 12.38%까지 증가였다. 브랜트유(LBRENT)는 시차 1에 0.00%의 설명력으로 시작해서 시차 5에 5.16%, 시차 10에 11.80%로 증가였다. 서부텍사스유(LWTI)는 시차 1에 0.00%로 시작해서 시차 5에 4.74%, 시차 10에 11.79%로 증가였다.

LBPI에 대한 시차 1부터 시차 10까지 단위당 충격에 따른 반응을 보면, 두바이유(LDUBAI)는 시차 1에 0.00%의 설명력으로 시작해서 시차 5에 0.89%, 시차 10에 0.96%까지 증가였다. 브랜트유(LBRENT)는 시차 1에 0.00%의 설명력으로 시작해서 시차 5에 0.86%, 시차 10에 0.88%까지 증가였다. 서부텍사스유(LWTI)는 시차 1에 0.00%의 설명력으로 시작해서 시차 5에 1.21%, 시차 10에 1.34%까지 증가였다.

BDI는 건화물의 여러 선종의 운임에 대한 종합지수의 성격을 갖는 반면, BCI와 BPI는 선종별 운임으로 운송화물 및 운송거리 등에서 차이를 보인다. 이에 따라 운임의 변동성에서도 차이를 보이기 때문에 예측오차 분산분해 검정 결과가 차이를 보이는 것으로 추정된다.

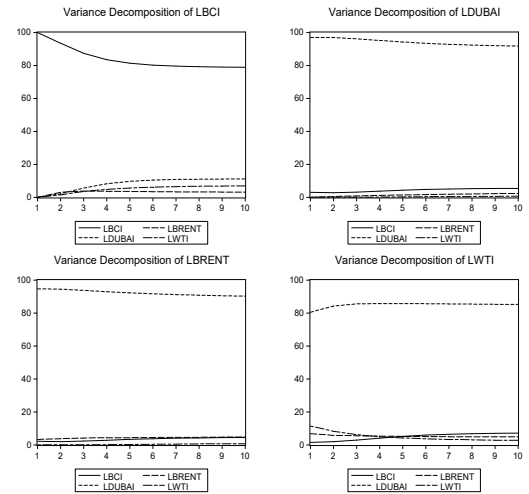


Fig. 6 VAR variance decomposition test: BCI

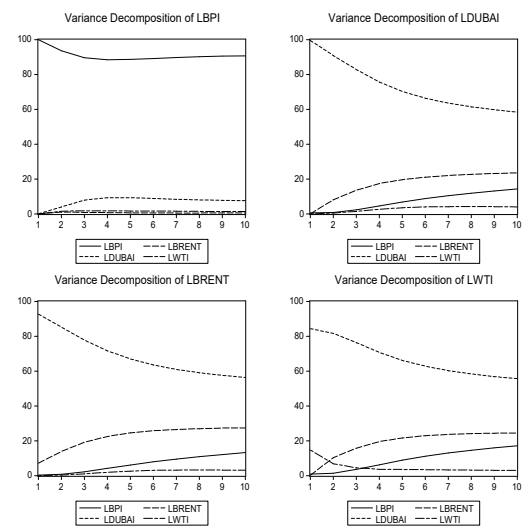


Fig. 7 VAR variance decomposition test: BPI

## 5. 결 론

본 연구는 유가와 벌크선 운임 간의 상관관계를 분석하기 위하여 유가와 벌크선 운임 간의 관계성에 대한 선행연구에 기초해서 연구를 수행하였다. 그동안 유가와 벌크선 운임 간의 관련성을 분석한 연구를 보면 유가 변수로 브렌트유, 두바이유 또는 서부텍사스유(WTI) 중에서 하나를 선정하여 BDI, BCI, BPI 간의 관련성을 분석한 연구가 대부분이었다. 또한 벌크선 운임도 BDI, BCI, BPI 운임지수를 가장 많이 연구모형에 이용하였고, 이 외에도 BSI, BHI 운임지수를 실증연구에 이용하였다. 본 연구의 기존연구들과 차이점은 유가를 두바이유(DUBAI), 브렌트유(BRENT), 서부텍사스유(WTI)의 3개 변수를 모두 이용하여 BDI, BCI, BPI 간의 관련성을 추정하였다는 점이다. 유가와 벌크선 운임 간의 상관관계를 VAR 분석으로 추정한 후, 충격반응함수와 예측오차 분산분해 검정을 수행한 결과는 다음과 같다.

유가와 벌크선 운임 간의 충격반응 분석결과를 보면, 이는 2008년 10월부터 2022년 2월까지 기간 동안 LBDI에 대해서 서부텍사스유(LWTI)는 0.57%~2.53%로 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그 다음으로 두바이유(LDUBAI) 0.57%~2.02%, 브렌트유(LBRENT) 0.44%~1.85%순으로 차이를 보였다. LBCI에 대해서 두바이유(LDUBAI) 0.03%~0.91%로 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그 다음으로 브렌트유(LBRENT) -0.10%~0.68%, 서부텍사스유(LWTI)는 0.45%~0.51% 순으로 차이를 보였다.

LBPI에 대해서 서부텍사스유(LWTI)는 0.86%~4.44%로 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그 다음으로 두바이유(LDUBAI) 0.59%~4.24%, 브렌트유(LBRENT) 0.40%~4.01%순으로 차이를 보였다.

유가와 벌크선 운임 간의 예측오차 분산분해 분석결과를 보면, 이는 2008년 10월부터 2022년 2월까지 기간 동안 LBDI에 대해서 서부텍사스유(LWTI)는 0.56%~6.01%로 가장 큰 설명력을 보였으며, 그 다음으로 두바이유(LDUBAI) 0.62%~3.50%, 브렌트유(LBRENT) 0.40%~2.94%순으로 차이를 보였다. LBCI에 대해서 두바이유(LDUBAI) 0.00%~12.38%로 가장 큰 설명력을 보였으며, 그 다음으로 서부텍사스유(LWTI)는 0.00%~11.79%, 브렌트유(LBRENT) 0.00%~11.38% 순으로 차이를 보였다. LBPI에 대해서 서부텍사스유(LWTI)는 0.00%~1.34%로 가장 큰 설명력을 보였으며, 그 다음 두바이유(LDUBAI) 0.00%~0.96%, 브렌트유(LBRENT) 0.00%~0.88% 순으로 차이를 보였다.

3대 국제 원유가격인 WTI, Brent, Dubai의 가격은 장기적으로 같은 방향으로 움직이지만, 단기적인 수급, 전체 거래물동량 및 선물·옵션거래량 등에 의해 부분적으로 변동폭에 차이를 보인다. WTI는 가장 활발하게 거래되기 때문에 벌크선 운임과의 관계에서 가장 설명력이 높은 것으로 추정된다.

본 연구를 통해서 유가는 여전히 벌크선 운임에 상당한 영

향을 미치고 있음을 알 수 있다. IMO 2020에 따라 탄소배출 감축을 위해 석유에 기반한 연료유 사용을 점진적으로 줄여 궁극적으로 석유를 배제한 완전한 친환경 연료 선박으로 전환하는 과정에 있음에도 불구하고, 유가는 여전히 해운업에 큰 영향을 미치고 있다. 운임은 해운업 경영성과에 결정적인 영향을 미치는 요인이기 때문에 운임에 영향을 주는 변수에 대한 지속적인 관찰과 추세를 파악하는 것은 학문적으로나 실무적으로 매우 중요한 일이다. 유가가 벌크선 운임에 여전히 상당한 영향을 미치고 있는 것은 여러 가지 함의 갖는다고 본다.

그럼에도 불구하고 본 연구는 유가와 벌크선 운임 간의 상관관계를 추정하는데 있어서 다음과 같은 연구의 한계를 남긴다. 첫째는 벌크선 운임의 변동성 과급효과를 반영하지 못했다. 유가와 벌크선 운임과 관련된 데이터를 수집함에 있어서 월간 데이터를 이용하였기 때문에 일간 데이터를 이용한 유가와 벌크선 운임 간의 변동성 과급효과를 추정하지 못했다. 둘째는 벌크선 운임의 선물시장 특성을 반영하지 못했다. 2008년 10월부터 2022년 2월까지 BDI, BCI, BPI 운임지수에 대한 데이터는 현물시장의 자료를 이용하였기 때문에 BCI와 BPI 운임지수 시장의 선물가격을 연구모형에 반영하지 못했다. 셋째는 유가와 벌크선 운임 간의 비선형 관계를 반영하지 못했다. 최근의 연구에서 유가 변동성과 국제금융 및 무역환경의 변화에 따라 유가와 벌크선 운임 간의 상관관계에 대한 연구는 기존의 선형관계를 추정한 연구들을 적용하는데 한계가 있음을 제시하고 있다. 본 연구는 유가와 벌크선 운임 간의 상관관계를 추정함에 있어 제한적인 논의를 하고 있으며, 벌크선 운임의 변동성 과급효과, 벌크선 운임의 선물시장 특성, 유가와 벌크선 운임 간의 비선형 관계 측면에서 연구의 한계를 남기며, 향후의 연구에서 이 점이 반영되어야 하겠다.

## References

- [1] Akyol, K.(2019), "Forecasting of Dry Freight Index Data by Using Machine Learning Algorithms", I.J. Intelligent Systems and Applications, Vol. 8, pp. 35-43.
- [2] Aloui, R., Gupta, R. and Miller, S. M.(2016), "Uncertainty and Crude Oil Returns", Energy Economics, Vol. 55, pp. 92-100.
- [3] Apergis, N. and Payne, J. E.(2013), "New Evidence on the Information and Predictive Content of the Baltic Dry Index", International Journal of Financial Studies, Vol. 1, No. 3, pp. 62-80.
- [4] British Petroleum(2021), Statistical Review of World Energy, <https://www.bp.com>.
- [5] Chung, S. K. and Kim, S. K.(2011), "A Study on the Effect of Changes in Oil Price on Dry Bulk Freight Rates and Intercorrelations between Dry Bulk Freight Rates", Journal of Korea Port Economic Association,

Vol. 27, No. 2, pp. 217-240.

- [6] Cristina, C. and Luciani, M.(2017), "Oil price pass-through into core inflation," Finance and Economics Discussion Series 2017-085, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3029735>.
- [7] Dai, S., Zeng, Y. and Chen, F.(2016), "The Scaling Behavior of Bulk Freight Rate Volatility", International Journal of Transport Economics, Vol. 43, No. 1-2, pp. 85-104
- [8] Hasan, B, Mahi, M., Saker, T. and Amin R.(2021), "Spillovers of the COVID-19 Pandemic : Impact on Global Economic Activity, the Stock Market, and the Energy Sector", Journal of Risk Management. Vol. 14, No. 5, pp. 1-18.
- [9] Jeon, K. J. and Yang, C. H.(2016), "The Study on Correlation between the Shipbuilding Order Quantity of Major Shipping Liners and Maritime Freight Rates : Using Granger Causality Analysis", The Korea Association of Shipping and Logistics. Vol. 32, No. 1, pp. 5-27.
- [10] Kim, M. H., Lee, K. H. and Kim, J. Y.(2014), "Causality Test of the Relationship between the Freight Indexes and the Ship Prices in Second-hand Bulk Market", The Korea Association of Shipping and Logistics. Vol. 3, No. 3, pp. 637-654.
- [11] Kim, H. S. and Chang, M. H.(2013), "Analysis of Asymmetric Long-run Equilibrium between Bunker Price and BDI(Baltic Dry-bulk Index)", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 29, No. 2, pp. 63-79.
- [12] Kim, D. H., Kim, H. M., Sim, S. H., Choi, Y. L., Bae, H. L. and Yun, H. S.(2019), "Prediction of Dry Bulk Freight Index Using Deep Learning", Journal of Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 45, No. 2, pp. 111-116.
- [13] Kim, D. I.(2011), Econometric Analysis with EViews, Philosophy & Art.
- [14] Korea Energy Economics Institute(2022), 100 days of the Russian-Ukraine war : The impact of the prolonged global energy supply crisis on the domestic economy and energy sector and response strategies.
- [15] Lim, S. S. and Yun, H. S.(2018), "An analysis on Determinants of the Capesize Freight rate and Forecasting Model", J. Navig. Port Res, Vol. 42, No. 6, pp. 539-545.
- [16] Munim, Z. H. and Schramm, H. J.(2021), "Forecasting Container Freight Rates for Major Trade Routes : A Comparison of Artificial Neural Networks and Conventional Models", Maritime Economics & Logistics, Vol. 23, No. 2, pp. 310-327.
- [17] Rim, J. K., Kim, W. H. and Ko, B. W.(2010), "An Empirical Analysis of the Dry Bulk Market Using a Recursive VAR Model", The Korea Association of Shipping and Logistics. Vol. 26 No. 1, pp. 5-27.
- [18] Zhang, Y.(2018), "Investigating Dependencies among Oil Price and Tanker Market Variables by Copula-based Multivariate Models", Energy. Vol. 161, pp. 435-446.

---

Received 08 June 2022

Revised 14 June 2022

Accepted 29 June 2022