

벙커가격과 건화물선 지수(Baltic Dry-bulk Index) 간의 비대칭 장기균형 분석

김현석* · 장명희**

Analysis of Asymmetric Long-run Equilibrium between Bunker Price and BDI(Baltic Dry-bulk Index)

Hyunsok Kim · Myunghee Chang

Abstract : The fundamental endeavor of this study is to investigate the asymmetric relationship between bunker price and Baltic Dry-bulk Index (hereafter BDI). Previous investigations employ linear form based analysis between oil price and BDI but we develop nonlinear and asymmetric cointegration method, which is properly able to capture the decreasing and increasing periods differently. The empirical results show there is no relationships in linear model (e.g. Engle and Granger's methods). On the contrary, our estimate reveals there is significant long-run relationship with asymmetric framework, which implies the necessity of nonlinear and asymmetric consideration to the bunker price analysis.

Key Words : BDI, Bunker Price, Nonlinear·Asymmetric Cointegration

▷ 논문접수: 2013.05.15 ▷ 심사완료: 2013.06.20 ▷ 게재확정: 2013.06.25

* 한국해양대학교 국제무역경제학부 조교수, hyunsokkim@hhu.ac.kr, 051)410-4409, 대표집필

** 한국해양대학교 해운경영학부 교수, cmhee2004@hhu.ac.kr, 051)410-4384, 교신저자

I. 서론

최근 해운시황의 급격한 변동성과 국제유가 급등에 따른 선박연료유 가격변동성으로 인해 해운기업은 채산성이 악화되고 있으며, 이에 대한 대책마련에 부심하고 있다. 본 연구는 세계경제 불황속에서 해운산업의 경기변동성을 해운기업의 주된 운영비용에 해당하는 선박연료유(벙커) 가격 간의 장기균형 관계를 통해 분석하고자 한다. 기존 연구들은 발틱건화물운임지수(Baltic Dry-bulk Index, 이하 BDI)와 다양한 거시경제 지표들과의 관련성을 통해 해운시황을 분석하여 왔다(모수원, 2005; 윤성민 등, 2007; 장봉규·양향진, 2005). 특히 김현석·오용식(2012)의 실증분석 결과에 따르면 미국발 금융위기를 전후한 2008년 기점으로 BDI의 변동성이 매우 높게 나타나고 있으며 비선형·비대칭성을 고려하는 것이 적절한 것으로 주장하고 있다. Lee and Chang(2011)은 선박연료유 가격 변동의 해상운임지수 변동에 대한 직접적인 연관성을 지적하고 있다. 이는 벙커가격 변동이 해운기업의 운임수익률 변화에 영향이 높으며, 특히 벙커가격 상승이 전반적인 해운기업 경영에 미치는 부정적인 영향이 여타 변수와 비교하여 볼 때 상대적으로 높게 작용하고 있음을 보여주는 연구결과이다. 즉, 벙커가격 상승이 비용 상승을 유발하게 되어 결국은 해운기업의 수익성 저하를 가져오게 되며, 이는 경상수지 악화로 이어져 운임수익률이 하락하게 된다. 반면 벙커가격 하락은 해운기업의 비용절감 요인으로 작용하기 때문에 비용절감에 따른 기업의 수익성이 제고되어 경상수지 흑자가 증가하는 긍정적인 영향이 있다. 또한 BDI와 국제유가를 VAR모형을 사용하여 추정한 결과, 국제유가는 BDI와 BCI(Baltic Capesize Index)에 정(+)의 영향이 존재하며 BPI(Baltic Panamax Index)에는 부(-)의 영향이 존재하고 있음이 입증되고 있다(정상국·김성기, 2011).

그러나 Stock and Watson(1999)이 제시한 VAR 모형은 변수를 차분(difference)함에 있어 비정상적인 시계열 사이에 공적분관계가 존재할 경우 차분 VAR모형으로 추정하게 되므로 과도하게 차분되어 모형설정 오류의 문제가 생기고 수준변수가 가지고 있는 장기적인 정보의 손실 문제가 발생하게 되는데 이를 과도차분 문제라고 한다. 또한 BDI가 BCI와 BPI의 균일한 가중치에 의해 도출되었다는 점에서 그 결과에 의문이 존재한다. 그리고 Lee and Chang(2011)의 연구에서 제시된 바와 같이 원유가격은 벙커가격의 결정적인 요인이라는 측면에서 국제유가보다는 벙커가격을 대응변수로 사용하는 것이 BDI에 대한 직접적인 연관성을 나타낸다고 볼 수 있다.

이상과 같은 해운경기와 국제유가에 대한 기존연구의 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 유가변동성 예측에 관한 비대칭성 논의를 확장하고자 한다. 즉, 국제원유가격은 하락하였음에도 불구하고 국내 유가에 미치는 영향이 더디게 나타나는 현상에 대

하여 연구하고자 한다. 이에 대하여 Bacon(1991)은 “Rocket and Feathers”로 그 행태를 규정하고 있는데, 이는 국제원유가격의 상승과 하락 움직임에 대하여 유가변동이 비대칭적임을 의미한다. 이러한 국내외 유가의 비대칭적인 변화에 대한 연구들을 살펴보면 먼저, 국제유가와 국내 석유제품가격 간의 관계에 있어서 가격상승과 하락에 대한 비대칭성이 존재함을 오차수정모형(Error Correction Model, 이하 ECM)을 사용하여 실증분석 한 연구가 있다(오선아·허은영, 2007; 김동현·황영식, 2012). 그리고 김진웅·김종호(2009)는 국제 원유가격과 국내 휘발유가격 간에는 가격상승과 하락에 대하여 비대칭적인 장기균형 관계가 존재하나 국제 휘발유가격과 국내 휘발유가격 간에는 비대칭적인 관계가 존재하지 않는다는 흥미로운 실증분석 결과를 제시하였다. 이상과 같은 구조모형에 근거한 국내외 유가의 비대칭적인 움직임에 관한 연구에 대하여 이영임·이진(2012)은 비대칭성에 관한 비모수검정을 사용하였다. 그 결과 국제유가와 국내유가 간의 추정된 상관계수 및 검정결과는 국내외 유가 자료들의 어떠한 결합에서도 대칭성의 귀무가설을 기각하지 못하였다. 이는 기존의 구조모형에 근거한 비대칭모형과는 상반된 결과를 보여주는 결과이다.

최근까지 연구에서 유가상승과 하락이 비대칭적이라는 주장에 대해 서로 상반된 결과를 보이고 있으며, 이에 대한 논의가 지속되고 있다. 특히, 해운산업의 경기변동을 예측하기 위한 기존연구의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 실증분석에서 국제유가를 사용하고 있다는 점이다. 이는 해운경기를 나타내는 BDI 예측에 직접적인 변수라 하기 어렵다. 따라서 BDI와 벙커가격 간의 관계를 분석하는 것이 적절하다. 둘째, 불안정한 변수들에 대하여 변수의 안정성 확보를 통한 VAR와 VECM 분석 결과들이 혼재되어 나타난다. 기존연구에서 드러난 바와 같이 BDI와 유가는 비선형·비대칭적인 움직임을 보인다. 따라서 비선형·비대칭성을 고려하는 것이 적절한 것으로 사료된다. 마지막으로 기존의 국제유가 분석에서 나타난 과거 유가변동기간을 적절히 고려할 때, 유가 충격이 BDI에 영향을 미치는가? 이와는 반대 방향에서 BDI의 변동성이 벙커가격에 영향을 미치는가? 에 관한 추정이 필요하다. 이를 위해서 본 연구에서는 BDI와 시장가격 결정에 있어 국제유가와 연관이 높고 해운기업의 주된 운영비용인 선박연료유(벙커) 가격과의 비선형·비대칭성을 고려한 비대칭 공적분 검정결과를 제시하고자 한다.

II. 분석모형

1. 단위근 검정

단위근 검정은 평균회귀를 통해 자료가 평균을 중심으로 이를 크게 벗어나지 않으면

서 움직이고 있는가를 검정하는 것이다. 정상시계열은 움직임이 시간에 따른 그 경로가 정상수준보다 높거나 낮은 값에 대하여 장차 그 값이 떨어지거나 혹은 올라갈 것으로 예상할 수 있음을 의미한다. 이와 대조적으로 단위근이 존재하는 불안정한 (nonstationary) 시계열자료의 경우 그 경로가 평균으로부터 이탈하여 불규칙적으로 움직이는 것을 의미한다. Nelson and Plosser(1982)의 연구 이후 실증적·이론적 연구들에 의해 나타난 결과에 의하면 다수의 거시경제 및 금융시계열 자료들이 정상시계열보다 단위근을 가지는 불안정시계열에 의해서 보다 잘 모형화 되고 있는 것으로 나타났다. 이러한 불안정한 자료를 이용하여 회귀분석 할 경우 가성적 회귀(spurious regression) 문제를 보인다. 따라서 단위근 검정을 통해 벅커가격과 BDI에 대한 해당기간 동안의 자료에 대한 안정성 여부를 검정하기 위해 ADF(Augmented Dickey-Fuller, 이하 ADF)와 PP(Phillips-Perron, 이하 PP) 검정을 실시한다. 본 연구에서 고려하는 자료의 실증분석을 위한 ADF와 PP의 검정모형은 각각 식 (1), (2)와 같으며, ADF 검정은 설명변수에 시차를 갖는 차분값을 포함하여 식 (1)과 같이 계열상관을 고려한다.

$$\Delta y_t = a + bt + \beta y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \gamma_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta y_t = a + bt + \beta y_{t-1} + \epsilon_t \quad (2)$$

이때, 오차항이 $\epsilon_t \sim (i.i.d)$ 을 따를 때, 귀무가설 $H_0 : \beta = 0$ 에 대하여 대립가설 $H_1 : \beta < 0$ 을 t -통계량을 사용하여 검정한다. 여기서 식 (1)과 (2)의 계수값 β 가 0으로부터 충분히 작은 값을 나타내면 자료가 단위근을 갖는다는 귀무가설을 통계적으로 기각하고 추정된 자료가 안정적임을 의미한다.

2. Engle-Granger 공적분검정 모형

단위근을 갖는 시계열들 간의 관계가 의미 있게 정의되기 위해서는 그들 사이의 공적분이 존재하여야 한다. Engle-Granger 공적분 회귀모형이 가지는 통계학적 특징은 식(3)과 같이 주어진다.

$$y_t = x_t' \beta + u_t \quad (3)$$

이때, $\{y_t\}$ 와 $\{x_t\}$ 는 1차 차분 안정적인 $I(1)$ 시계열일 때, $\{u_t\}$ 에 대해 단위근의 존

재 여부를 검정하는 것이다. 이때, $\{y_t\}$ 와 $\{x_t\}$ 가 공적분되어 있지 않다면, β 가 어떤 값을 갖는가에 상관없이 회귀식 (3)의 잔차 $\{u_t\}$ 는 $I(1)$ 과정을 따른다. 반면 변수간에 공적분 관계가 존재한다면 잔차 $\{u_t\}$ 는 정상시계열이 된다. 즉, 공적분 검정은 불안정한 $I(1)$ 과정을 따르는 변수들이 확률적인 공통추세를 갖는다면 가성적 회귀(spurious regression)를 우회하여 장기적으로 안정적인 관계가 변수들 간에 존재한다. 따라서 본 연구에서 고려하는 BDI와 벙커가격 변수가 모두 $I(1)$ 과정으로 정의된다면, 두 변수간에 공통추세를 갖는가를 분석함으로써 BDI와 벙커가격 간에 장기균형 관계를 분석할 수 있다. 따라서 $y_t \sim I(1)$, β' 가 $k \times 1$ 벡터로서 $x_t \sim I(1)$ 과정을 따르는 변수들의 계수로 정의될 때, Engle-Granger 공적분 검정은 다음과 같은 식 (4)로 정의된다.

$$\Delta \hat{u}_t = \alpha \hat{u}_{t-1} + \epsilon_t \quad (4)$$

이때, 정상시계열의 OLS 추정량 β 는 참값으로 수렴하는 속도가 통상적으로 \sqrt{n} 에 반해, 공적분 회귀식의 수렴속도는 n 으로 나타난다. 따라서 OLS 추정치는 일반적인 근사치보다 더 빠르게 수렴하는 일치성을 보이며, 회귀식(4)으로부터 $\epsilon_t \sim (0, \sigma_\epsilon^2)$ 인 *i.i.d.* 일 때, Engle-Granger 공적분 검정으로부터 y_t 와 x_t 가 공적분관계가 존재하지 않는다는 귀무가설 $\alpha=0$ 에 대하여, y_t 와 x_t 변수 간에 공적분 관계가 존재한다는 대립가설 $\alpha < 0$ 에 대하여 t -통계량으로 검정한다.

본 연구에서는 BDI와 벙커가격 간에 장기균형 관계가 존재한다면, Engle-Granger 공적분 검정결과 $y_t - x_t' \beta$ 의 잔차가 $I(0)$ 과정을 따르며, 두 변수간에 공통추세를 갖고 공적분되어 있음을 검정한다.

3. AESTR(Asymmetric Exponential Smooth Transition)함수

본 연구에서는 Engle and Granger(1987)의 잔차를 이용한 2단계 선형 공적분 검정을 확장하여 벙커가격 상승과 하락에 따른 비대칭적인 움직임에 비선형·비대칭의 장기균형 관계를 통해 분석한다. 앞서 소개한 기존연구에 의하면 국제유가의 경우 비선형·비대칭적인 움직임에 대한 분석에서 일치된 결과를 보이고 있지 않으나, 가격 상승과 하락에 대한 비대칭적인 움직임이 존재한다는 사실에는 어느 정도 일치성을 보인다. 특히, 김현석·오용식(2012)의 연구에서 검정된 바와 같이 BDI 지수의 경우 2008년 미국발 금융위기를 전후하여 급격한 변동성을 보이고 있으며 이러한 움직임이 비대칭적인 모

형에 의해 보다 잘 추정될 수 있음을 보여주고 있다.

따라서 본 연구는 BDI와 벙커가격 상승 및 하락에 따른 비대칭적인 움직임을 적절히 묘사하는 비대칭 전이함수를 사용하여 Engle과 Granger(1987)의 2단계 선형 공적분 검정을 비선형·비대칭 모형으로 확장한다. 즉, Saikonen and Choi(2001)와 Sollis(2005)가 제시한 균형을 향한 움직임이 상승기와 하락기에 대칭적으로 움직이는 부드러운 지수전이(Exponential Smooth Transition) 함수, $E(u_{t-d}, \theta) = [1 - \exp\{-\gamma^2(u_{t-d} - c)^2\}]$ 를 상승기와 하락기에 따라 부드러운 비대칭 전이가 발생하는 식 (5)과 같은 함수로 확장한다.

$$AE(u_{t-d}, \theta) = [1 - \exp\{-I_t \gamma_1^2(u_{t-d} - c)^2 - (1 - I_t) \gamma_2^2(u_{t-d} - c)^2\}] \quad (5)$$

여기서 비대칭전이함수, $AE(\cdot)$ 의 $\theta \in \{\gamma_1, \gamma_2, c, d\}$ 는 전이위치를 결정하는 c , 시차연산자 d , 그리고 전이속도 γ_1, γ_2 를 나타낸다. 대칭(Symmetric)인 전이함수 $E(\cdot)$ 의 경우 전이속도가 γ 인 것과는 대조적으로 다음과 같이 정의되는 지시함수(Indicator Function) I_t 를 전이함수 $E(\cdot)$ 에 사용한다.

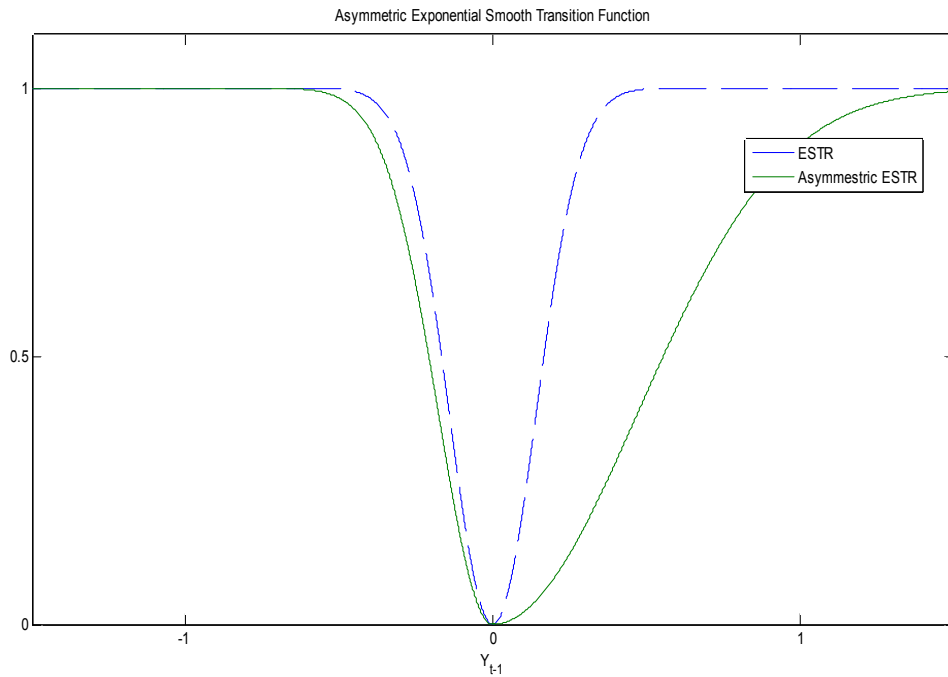
$$I_t = \begin{cases} 1, & u_{t-d} \leq c \\ 0, & u_{t-d} > c \end{cases}$$

이때, 지시함수 I_t 에 따라 $E(\cdot)$ 는 c 를 경계 값으로 각각 다른 전이속도 γ_1, γ_2 를 갖는 비대칭 $AE(\cdot)$ 함수로 정의할 수 있다. 이는 BDI와 벙커가격의 상승기와 하락기에 균형으로 회귀하는 조정 속도를 비대칭적으로 반영하는 보다 유연한 함수로 확장된다. 이상과 같은 전이함수를 시뮬레이션한 결과는 <그림 1>에서 보는 바와 같다. <그림 1>에서 구간(0,1)에서 부드러운 전이를 보이는 ESTR은 점선으로 표시될 수 있고, Asymmetric ESTR은 실선으로 표시된다.

<그림 1>의 MATLAB2009를 사용한 시뮬레이션 결과에 의하면 ESTR은 $c=0$, $\gamma=5$ 일 때, 0을 기준으로 대칭적인 전이를 보이는 반면, Asymmetric ESTR은 파라미터 $\gamma_1=4$, $\gamma_2=1.5$ 에 대하여 드러난 바와 같이 두 개의 각각 다른 값으로부터 조정속도가 비대칭적인 경우를 고려할 수 있다. 즉, 대칭인 전이함수 $E(\cdot)$ 는 $c=0$ 를 기준으로 조정속도 γ 가 동일함에 따라 가격 상승과 하락에 대하여 대칭인 결과를 보이는 반면, 전이함수 $AE(\cdot)$ 는 $c \leq 0$ 구간과 $c > 0$ 에서 상승기와 하락기에 대하여 각각 다른 조정속도를 통해 비대칭적인 전이행태를 포착할 수 있다. 특히, 다양한 전이속도 γ 에 대하여 Cerrato, Kim and MacDoanld(2010)의 시뮬레이션 결과는 균형으로의 조정속도

γ 가 충분히 큰 값을 갖는 경우 경계값(Threshold) 모형과 유사한 형태를 보일 수 있음을 보여주고 있다. 따라서 본 연구에서는 $10^{-1} < \gamma < 10^3$ 범위에서 분산을 최소화하는 γ 를 추정하며, 추정된 AESTR 함수는 $S_{-\infty}(\theta)=1$ 과 $S_{+\infty}(\theta)=1$ 에서 극값을 가지며, 전이시점 c 에서 $S_c(\theta)=0$ 을 갖는다.

<그림 1> 비선형·비대칭 ESTR 함수



4. 비대칭 공적분검정 모형

Engle-Granger 2단계 공적분 검정에 대하여 AESTR 함수를 적용하면 잔차 $\{u_t\}$ 에 대한 추정식 (2)를 다음과 같이 재정의할 수 있다.

$$\Delta \hat{u}_t = \alpha S(u_{t-d}, \theta) \hat{u}_{t-1} + \epsilon_t \quad (6)$$

이때, 식(4)와 (6)에 대하여 AR(autoregressive) 시차를 고려한 일반화된 비선형 AESTR 오차수정모형으로 식 (7)과 같이 정의할 수 있다.

$$\Delta \hat{u}_t = \alpha S(u_{t-d}, \theta) \hat{u}_{t-1} + \sum_{k=1}^p \alpha_k \Delta \hat{u}_{t-k} + \epsilon_t \quad (7)$$

식 (7)에 대한 파라미터 집합 $\hat{\theta}$ 은 분산을 최소화하는 $\hat{\theta} = \operatorname{argmin}_{\theta} \hat{\sigma}^2(\hat{\theta})$ 으로부터 추정한다. 이때, 분산은 $\hat{\sigma}^2 = \sum_{t=1}^T \epsilon_t^2 / T - p - 1$ 이며, 식 (7)은 모수 α 에 대한 공적분이 존재하지 않는다는 귀무가설, $H_0 : \alpha = 0$ 에 대하여 대립가설 $H_1 : \alpha < 0$ 을 t -통계량을 사용하여 검정한다.

이상과 같은 AESTR 함수는 경기변동에 의해 발생한 다양한 충격으로부터 단절과 변환을 적절히 포착할 수 있다. 특히, 2008년 미국발 금융위기로 촉발된 해운경기 침체로부터 이후 점차 균형으로 회복되는 현상에 대하여 경기 하락과 상승에 대한 비대칭적인 움직임을 적절히 포착할 수 있으며, 무엇보다도 유가변동에 대한 기존 연구에서 드러난 상승기와 하락기의 비대칭적인 움직임에 대하여도 같은 맥락에서 추정이 가능하다. 따라서 본 연구에서 고려하는 BDI와 벙커가격의 비대칭적인 움직임을 추정하는데 AESTR 함수를 적용할 수 있을 것이다.

5. 비대칭 공적분 검정 통계량

지금까지 설명한 AESTR 함수를 적용한 비대칭 공적분 모형의 검정통계량 t_{AE} 에 대하여 시뮬레이션 결과를 제시하면 다음과 같다. 본 연구에서는 2단계 공적분 검정에 대하여 Engle-Granger와 동일한 형태의 두 변수 회귀분석(bivariate regression)을 사용한다. 따라서 식 (1)의 모형에 대한 난수(random number)는 다음과 같이 생성된다.

$$\Delta y_t = e_{1t}, \Delta x_t = e_{2t}$$

이때, $e_{1t} \sim N(0, 1), e_{2t} \sim N(0, 1)$ 이며, 두 변수 간의 공분산은 존재하지 않는 것으로 가정한다. 이상과 같이 $I(1)$ 과정을 따르는 각각의 변수에 대하여 공적분이 존재하지 않는다는 귀무가설에 대하여 가장 일반적으로 고려되는 관측치수 100, 200, 300, 1,000에 대하여 100,000회 시뮬레이션 결과는 <표 1>과 같다.

<표 1> AESTR 공적분 검정 통계량

AESTR-검정통계						
	1%	5%	10%	90%	95%	99%
100	-4.07	-3.47	-3.19	-1.32	-1.02	-0.17
200	-4.04	-3.44	-3.16	-1.31	-0.98	-0.16
300	-4.03	-3.43	-3.13	-1.31	-1.01	-0.15
1000	-4.03	-3.43	-3.15	-1.31	-0.98	-0.14

<표 1>에 제시된 시뮬레이션 결과에 의하면 t_{EG} 가 1%, 5%, 10% 유의수준에 대하여 -3.98, -3.40, -3.09 보다 각각 더 낮은 값을 보이며, 관측치수가 증가함에 따라 일정한 수준으로 점근적으로 수렴하는 결과를 보인다.

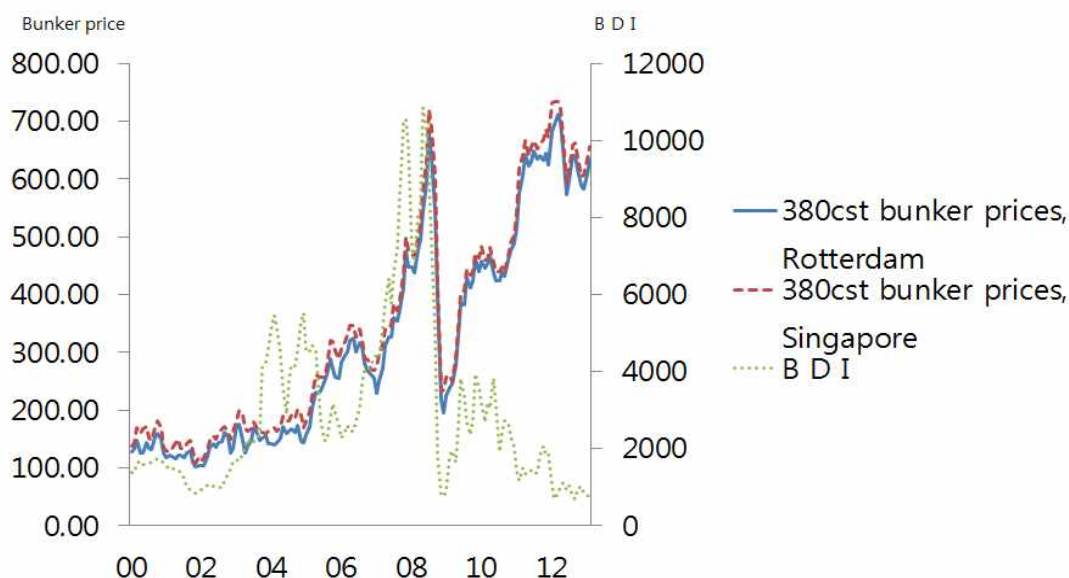
III. 실증분석 결과

1. BDI와 벙커가격 추이

본 연구에서 사용되는 BDI는 Clarkson이 제공하는 2000년 1월부터 2013년 2월까지 월별 자료를 사용한다. 벙커는 선박 추진기관의 연료유로 사용되는 HFO(Heavy Fuel Oil)와 선내 발전기용으로 사용되는 MDO(Marine Diesel Oil)로 구분된다. 선박 연료유 벙커가격 HFO는 시장원리와 국제유가의 변동성으로 인해 등락을 반복하며, 항로와 유류세 등에 의한 상대적 가격 프리미엄도 존재함에 따라 항구마다 연료유 가격차가 존재하는 특징을 보인다. 따라서 본 연구에서는 BDI와 동일한 기간에 대하여 아시아와 유럽에서 가장 거래가 활발한 컨테이너 연료유 HFO 380cst의 로테르담(Rotterdam)과 싱가포르(Singapore)의 가격 자료를 적용한다.

<그림 2>에서 BDI와 벙커가격의 추이를 살펴보면 외환위기 이후 2000년부터 2009년 1월까지 유사하게 같은 방향으로 동조하는 현상을 보인다. 이러한 벙커가격과 BDI의 움직임은 물동량의 증가와 벙커 수급이 유사한 패턴을 보였기 때문인 것으로 보인다. 이후 미국발 금융위기가 전 세계적으로 확대되면서 벙커가격은 지속적으로 상승하는 추세를 보이나 BDI는 급격히 하락하는 상반된 움직임을 드러내고 있다. 이는 금융위기 이후 벙커가격과 운임지수간의 패턴에서 변화가 존재함을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 변화에 대하여 BDI와 벙커가격간의 비대칭적인 장기균형 관계가 존재하는지를 분석한다.

<그림 2> BDI와 벙커가격 추이



2. 단위근 검정과 Engle and Granger 공적분 검정

앞서 살펴본 기존연구들은 국제유가와 BDI가 비정규성, 시계열의 자기상관성, 두터운 꼬리, 높은 첨도, 비대칭성 등과 같은 분포의 특성을 보인다. 앞서 <그림 2>에서 나타난 바와 같이 본 연구에서 고려하는 자료는 모두 추세적으로 상승하고 있는 특징을 보인다. 따라서 절편과 기울기를 갖는 식 (1)과 (2)와 같은 ADF와 PP검정결과를 <표 2>에 제시하였다. 단위근 검정결과에 의하면 각 시계열의 수준(level)변수에 대한 ADF 및 PP검정 통계량이 임계치보다 커서 불안정한 시계열로 나타났으나, 1차 차분(difference)한 자료들에 대하여는 모두 1% 유의수준에서 단위근을 갖는다는 귀무가설을 기각한다.

<표 2> 단위근 검정결과

	ADF		PP	
	수준변수	1차차분변수	수준변수	1차차분변수
BDI	-2.53	-5.66***	-1.48	-8.32***
Rotterdam	-2.99	-5.87***	-1.92	-8.70***
Singapore	-2.84	-6.31***	-1.73	-8.38***

주 : ***는 1% 유의수준을 의미하며 검정통계량은 -3.98이며, AR 시차는 AIC(Akaike Information Criteria)와 BIC(Bayesian Information Criteria)의 최소값을 사용하였다.

빙커가격과 건화물선 지수간의 비대칭 장기균형 분석

<표 2>에 나타난 결과와 같이 BDI와 로테르담 및 싱가포르에서 거래되는 380cst 빙커가격은 모두 차분 안정적인 $I(1)$ 시계열인 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 개별변수들이 단위근을 갖고 있어 불안정한 자료일지라도 변수들의 선형결합이 안정적인 특징을 갖는 공적분 관계의 성립여부를 앞서 설명한 Engle과 Granger의 2단계 추정방법을 사용하여 분석한다.

BDI와 빙커가격 사이의 장기균형 관계를 분석하기 위해 식 (3)과 (4)를 통해 선형의 Engle과 Granger의 2단계 공적분 검정을 실시하였다. 식 (3)으로부터 추정된 잔차에 대한 공적분 검정결과는 <표 3>과 같다. 검정 통계량이 모두 임계치(1%, 5%, 10% 유의수준)보다 높은 값을 나타냄으로써 장기적으로 공적분 관계가 존재하지 않는다는 귀무가설을 기각할 수 없다. 따라서 선형모형을 통한 장기균형 관계 분석에서는 두 변수 간에 장기균형 관계가 존재하지 않음을 의미한다.

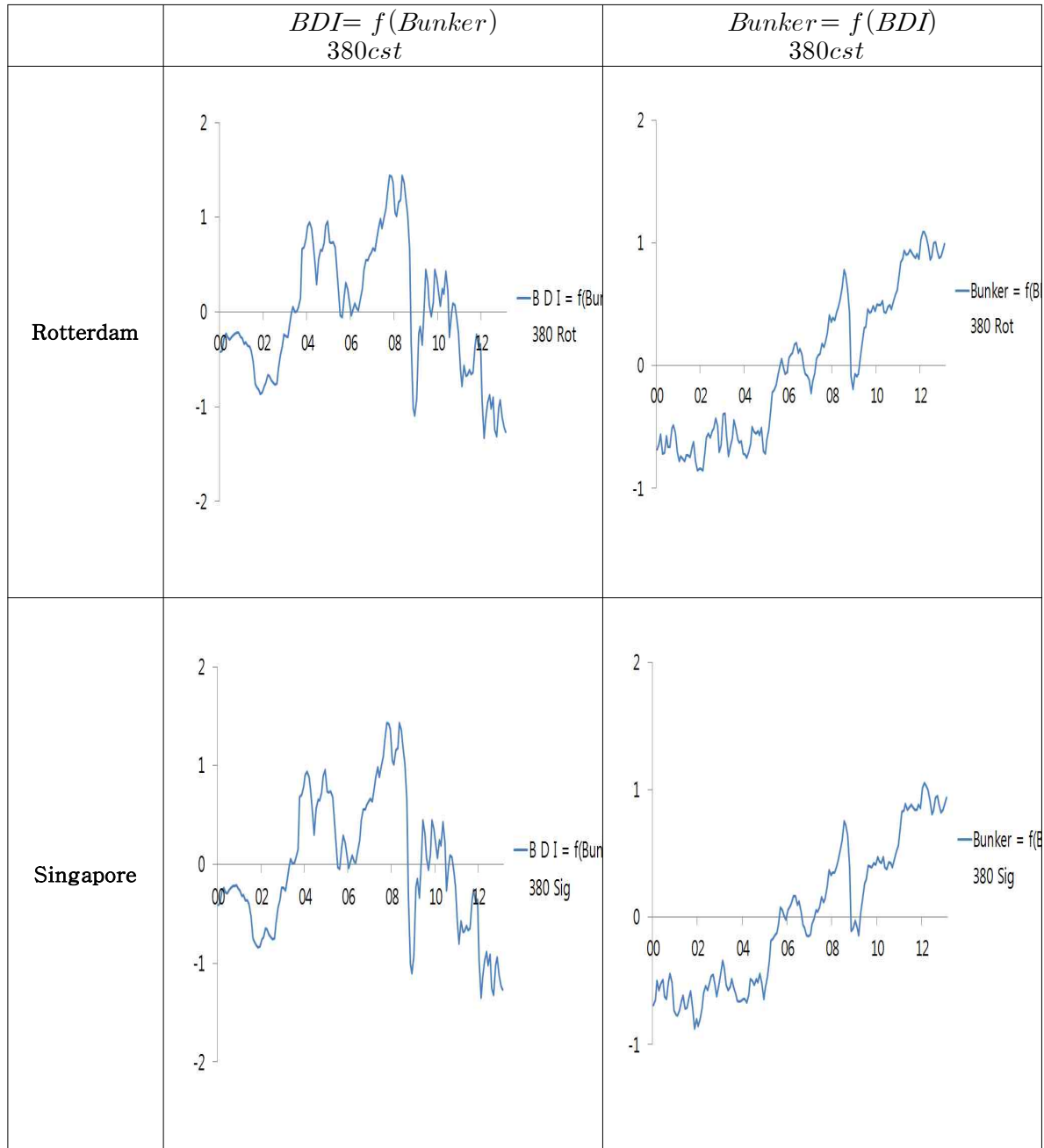
<표 3> Engle and Granger 공적분 검정

	$BDI = f(Bunker)$			$Bunker = f(BDI)$		
	β	α	t_{EG}	β	α	t_{EG}
Rotterdam	0.14	-0.04	-1.82	0.11	-0.10	-3.04
Singapore	0.16	-0.05	-2.44	0.11	-0.09	-2.86

<표 3>의 추정결과에 대하여 추정치의 잔차는 <그림 3>과 같이 나타났으며, 잔차항의 움직임이 제시하는 바는 다음과 같다. 첫째, 지역에 따른 빙커가격의 차이는 존재하나 두 변수간의 관계로부터 드러난 지역별 자료의 움직임에 대한 패턴은 매우 유사하다. 둘째, 빙커가격으로부터 BDI에 대한 영향은 2008년 미국발 금융위기 이전에는 균형수준을 중심으로 움직이고 있으나 이후 균형수준 이하로 하락하는 경향이 뚜렷하게 나타난다. 반면, <그림 3>의 왼편에 나열된 BDI의 빙커가격에 대한 영향을 나타내는 잔차의 움직임은 상승 추세를 보이며 2008년을 중심으로 급격한 변동성을 보인다. 셋째, 빙커가격의 BDI에 대한 영향을 측정한 결과를 보면, 2008년을 전후하여 뚜렷한 상승기와 하락기간에 비대칭적인 움직임을 보인다. 즉, 2008년 BDI의 급격한 하락이전 두 변수 간에는 균형으로부터 다소 완만한 상승패턴을 보이지만 금융위기를 겪으면서 두 변수 간의 관계는 BDI의 급격한 하락으로 인해 비대칭성을 보인다.

3. 비대칭 공적분 검증

<그림 3> BDI와 벙커가격 잔차



앞서 비대칭 전이함수에 대하여 설명한 바와 같이 AESTR 공적분 검증은 단절 시점

빙커가격과 건화물선 지수간의 비대칭 장기균형 분석

을 전후하여 비대칭적인 전이 속도를 사용하여 상승기와 하락기의 서로 다른 균형으로부터 이탈과 회귀과정을 추정할 수 있다. 비대칭 공적분 검정결과는 <표 4>와 같이 요약된다. 비대칭 공적분 검정결과 빙커가격의 BDI에 대한 영향을 검정한 결과는 10% 유의 수준에서 장기균형 관계가 존재하지 않는다는 귀무가설을 기각함으로써 통계적 유의성에 의문이 존재한다. 반면, BDI의 빙커가격에 대한 장기균형 관계는 1% 수준에서 유의미한 결과를 나타냄으로써 통계적으로 유의성이 매우 높은 것으로 나타났다.

이상과 같은 실증분석 결과는 <그림 3>과 같다. <그림 3>에서 보는 바와 같이 2008년을 전후하여 두 변수 간의 균형관계는 급격한 비선형적인 움직임과 함께 비대칭적인 움직임에 의해 보다 잘 측정됨을 보여주고 있다. 특히, 두 변수 간의 장기균형 관계는 BDI가 빙커가격에 통계적으로 유의미한 영향이 있음을 의미한다. 이는 운임지수의 변동이 빙커수요에 영향을 주고 있음을 나타내는 유의미한 실증분석 결과라 할 수 있다. 즉, 빙커가격이 선박의 수요 및 공급에 영향을 미치기보다는 선박에 대한 수요가 높으면 BDI가 상승하며 이때 빙커에 대한 수요도 크게 증가한다는 패턴을 나타내고 있다.

<표 4> AESTR 공적분 검정

	$BDI = f(Bunker)$		$Bunker = f(BDI)$	
	α	t_{AE}	α	t_{AE}
Rotterdam	-0.65	-3.39*	-0.21	-6.08***
Singapore	-0.64	-3.41*	-0.14	-5.12***

주 : ***, *는 1%, 10% 유의수준을 의미하며 검정통계량은 -4.03, -3.15 이며, AR 시차는 AIC(Akaike Information Criteria)와 BIC(Bayesian Information Criteria)의 최소값을 사용하였다.

IV. 결 론

본 연구는 해운산업의 경기지표에 해당하는 BDI와 선박연료유(빙커) 가격 간의 장기균형 관계를 비대칭 공적분 검정을 사용하여 분석하였다. 해운기업의 주된 운영비용에 해당하는 선박연료유(빙커) 가격과 BDI와의 관계 분석을 위해 단일 방향의 분석을 양방향에 대하여 모두 실시하였고, 기존의 선형모형의 한계를 극복하기 위해 비선형·비대칭 분석으로 확장하였다. 특히, 기존의 공적분 모형이 주로 대칭의 비선형 모형을 제시하고 있는데 반하여 본 연구에서는 비대칭 모형을 사용하여 기존 모형을 상승기와 하

락기에 대하여 각각 다른 파라미터를 통해 보다 유연하게 모형화 하였으며, 이러한 모형에 대한 검정 통계량을 시뮬레이션을 통해 제시하였다.

본 연구 결과를 요약하면 다음과 같다. 첫째, 기존 연구에서 제시된 선형의 공적분 모형을 검정한 결과, BDI와 벙커가격 간에는 장기균형 관계가 존재하지 않는 것을 확인할 수 있었다. 둘째, 특히 BDI의 벙커가격에 대한 영향이 통계적으로 유의성이 높은 것으로 나타나 두 변수 간에 비대칭 장기균형 관계가 존재하는 것을 알 수 있다.

이상의 분석결과를 통해 본 연구에서는 다음과 같이 학문적, 실무적 시사점을 제공하고 있다. BDI와 벙커가격 간의 관계를 실증 분석하여 해운산업의 경기호황은 벙커수요에 영향을 미친다는 유의미한 결과를 제시함으로써 경제학적 의의가 있다. 특히, 두 변수 간의 장기균형 관계를 분석할 경우 선형모형 보다는 기존 연구에서 드러난 BDI의 비대칭적인 움직임과 유가의 비대칭성을 분석모형에 적절히 고려하여 분석하는 것이 보다 효과적임을 제시하고 있다.

참고문헌

- 김동헌·황영식, “유가충격과 산업생산 간 관계 분석”, 『한국경제의 분석』, 제18권 제1호, 2012, 55-121.
- 김진용·김종호, “국제유가 변동에 대한 국내 휘발유 가격의 비대칭적 반응”, 『에너지경제 연구』, 제8권 제2호, 2009, 105-131.
- 김현석·오용식, “해운선사 주가와 운임지수 BDI 변동성간의 관계 분석”, 『해운물류연구』, 제28권 제4호, 2012, 637-652.
- 모수원, “발틱 건화물운임지수의 변동성과 뉴스충격”, 『한국항만경제학회지』, 제21권 제2호, 2005, 65-79.
- 오선아·허은녕, “국제시장가격변동에 따른 국내석유제품가격의 비대칭분석”, 『에너지경제 연구』, 제6권 제1호, 2007, 53-79.
- 윤성민·강상훈·하명신, “국제유가 변동성의 비대칭성과 장기 의존성”, 『산업경제연구』, 제20권 제2호, 2007, 1973-1994.
- 이영임·이진, “국내외 유가변화의 대칭성 검정”, 『경제학연구』, 제60권 제2호, 2012, 5-26.
- 장봉규·양항진, “우리나라 해상물동량 추정”, 『한국항만경제학회지』, 제21권 제4호, 2005, 255-274.
- 정상국·김성기, “국제유가의 변화가 건화물선 운임에 미치는 영향과 건화물선 운임간의 상관관계에 관한 연구”, 『한국항만경제학회지』, 제27권 제2호, 2011, 217-240.
- Bacon, R. W., “Rockets and feathers: asymmetric speed of adjustment of UK retail gasoline prices to cost changes,” *Energy Economics*, Vol.13, 1991, 211-218.
- Cerrato, M., Kim, H. and MacDonald, R., “Three-Regime Asymmetric STAR Modelling and Exchange Rate Reversion,” *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol.43, 2010, 1447-1467.
- Engle, R. F. and Granger, C. W. J., “Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing,” *Econometrica*, Vol.155, 1987, 251-276.
- Kapetanios, G., Shin, Y. and Snell, A., “Testing for Cointegration in Nonlinear STAR Error Correction Models,” Unpublished Manuscript, Queen Mary University of London, 2003.
- Lee, S. D. and Chang, M. H., “A Study on Economic Operation for Liner-Fleet by Fluctuation of Fuel Oil Price-Focusing on the Case of ‘H’ Shipping Company,” *International Journal of Navigation and Port Research*, Vol.35, No.9, 2011, 765-776.
- Nelson, C. R. and Plosser, C. I., “Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series,” *Journal of Monetary Economics*, Vol.10, 1982, 139-162.
- Saikkonen, P. and Choi, I., “Cointegrating Smooth Transition Regressions,” Unpublished

한국항만경제학회지 2013 제29권 제2호, 63-79.

Manuscript, University of Helsinki, 2001.

Sollis, R., "Evidence on Purchasing Power Parity from Univariate Models: The Case of Smooth Transition Trend-Stationarity," *Journal of Applied Econometrics*, Elsevier, Vol.20, No.1, 2005, 79-98.

Stock, J. and Watson, M., "Forecasting Inflation," *Journal of Monetary Economics*, Elsevier, Vol.44, No.2, 1999, 293-335.

국문 요약

빙커가격과 건화물선 지수(Baltic Dry-bulk Index) 간의 비대칭 장기균형 분석

김현석 · 장명희

본 연구는 해운산업의 경기를 나타내는 BDI와 빙커가격의 관계를 비대칭 공적분 모형을 사용하여 분석하였다. 기존연구는 선형의 공적분 모형을 사용하여 BDI와 국제유가의 관계를 분석하였으나, 본 연구는 기존연구들에서 드러난 BDI와 유가의 상승기와 하락기의 비대칭적인 특징을 적절히 포착할 수 있는 비대칭 모형을 사용하여 분석하였다. 그 결과 기존연구에서 제시된 선형모형에 근거한 분석은 두 변수간의 장기균형 관계가 존재하지 않는 것으로 나타난 반면 본 연구에서 제시한 비대칭 모형을 통해 장기균형 관계가 존재하는 것으로 나타났다. 특히, BDI가 빙커가격에 영향을 미치고 있음이 확인되었으므로 두 변수간의 장기균형 관계는 비대칭 모형을 고려하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

핵심 주제어 : BDI, 빙커가격, 비선형·비대칭 공적분 모형