Korea Trade Review (Korea Trade Rev. ; 무역학회지)
Vol. 44, No. 1, February 2019 (pp. 75-86)
https://data.doi.or.kr/10.22659/KTRA.2019.44.1.75

貿易學會誌
ISSN 1226-2765 (Print)

공적분 · 벡터오차수정모형을 활용한 벙커유 가격의 장기균형 수렴에 관한 실증분석

안영균
한국해양수산개발원 전문연구원

이민규
부경대학교 기술경영전문대학원 조교수

An Empirical Analysis on the Long-term Balance of Bunker Oil Prices Using the Co-integration Model and Vector Error Correction Model

Young-Gyun Ahn[a], Min-Kyu Lee[b]
[a]Maritime Industry Research Department, Korea Maritime Institute, South Korea
[b]Graduate School of Management of Technology, Pukyong National University, South Korea

Received 14 January 2019, Revised 18 February 2019, Accepted 24 February 2019

Abstract

This study performs a factor analysis that affects the bunker oil price using the Co-integration model and Vector Error Correction Model (VECM). For this purpose, we use data from Clarkson and the analysis results show 17.6% decrease in bunker oil price when the amount of crude oil production increases at 1.0%, 10.3% increase in bunker oil price when the seaborne trade volume increases at 1.0%, 1.0% decrease in bunker oil price when total volume of vessels increases at 1.0%, and 0.003% increase in bunker oil price when 1.0% increase in world GDP, respectively.

This study is meaningful in that this study estimates the speed of convergence to long-term equilibrium and identifies the price adjust mechanism which naturally exists in bunker oil market. And it is expected that the future study can provide statistically more meaningful econometric results if it can obtain data during more long-periods and use more various kinds of explanatory variables.

Keywords: Bunker Oil, Bunker Oil Price, Co-integration Model, Vector Error Correction Model, Long-term Equilibrium Function
JEL Classifications: F14, C32

[a] First Author, E-mail: ahnyg@kmi.re.kr,
[b] Corresponding Author, E-mail: minkyu@pknu.ac.kr
ⓒ 2019 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

Ⅰ. 서론

벙커유는 선박용 연료를 의미하며, 원유의 정제제품이기 때문에 벙커유의 가격은 원유의 가격 변동과 유사한 흐름을 나타낸다. 일반적으로 원유 가격은 대내외 다양한 변수들로부터 영향을 받는데, 예를 들어 중동 산유국들이 감산하면 공급량 감소로 가격이 상승하고 겨울철이 되어 에너지 수요가 증가하면 원유 가격은 상승하게 된다.

Stefanakos and Schinas (2014)는 세계 벙커유 가격에 대한 과거 운임 변동에 대한 실증분석을 수행하고, 역사적으로 원유의 운임변동폭이 높았으며 원유와 연동되어 있는 벙커유의 가격도 등락폭이 높음을 설명하였다. Wang (2018) 외 2인은 세계 선사들의 경영실적에 벙커유 가격의 부침은 높은 영향을 미치고 있으며, 벙커유 가격이 상승하는 시점에서 선사들은 저속 운항을 통해 벙커유 관련 비용을 절감하고자 함을 설명하고 있다.

한편 역사적으로 선박용 벙커유 가격의 등락은 높은 수준이었는데 1996년부터 2017년 기간 중 표준편차는 톤 당 191.94 달러로 높다. 리먼 브라더스 세계 금융위기가 종료되고 세계경제가 안정화에 접어든 2012년 세계 연평균 벙커유 가격은 톤 당 664.06 달러를 기록한 바 있으며, 이후 2016년 세계 연평균 벙커유 가격은 톤 당 232.76 달러까지 큰 폭 하락하기도 하였다. 이후 세계 연평균 벙커유 가격은 2017년 톤 당 424.10 달러를 기록하였는데, 2018년 들어 톤 당 500달러를 돌파하면서 선사들의 비용 부담을 가중시키고 있는 것이다. 요컨대 세계 벙커유 가격은 등락폭이 지속되며, 그 폭의 규모 또한 큰 특징을 가지고 있다.

이러한 배경을 바탕으로 본 연구는 벙커유 가격과 4가지 설명변수 간 상관관계를 공적분 모형과 벡터오차수정 모형을 통해 추정하고 변수 간 장기균형함수를 분석하였다. 본 연구에서 설정한 설명변수는 「세계 원유 생산량」, 「세계 해상 물동량」, 「세계 선복량」, 「세계 GDP 성장률」의 4가지 변수이다. 본 연구는 개별 설명변수가 벙커유 가격에 미치는 영향이 어느 정도 인가를 분석하고, 또한 호황 및 불황 발생으로 벙커유 가격이 장기균형으로부터 괴리가 발생했을 때 어떠한 속도로 장기균형 시점의 벙커유 가격에 수렴하는 가를 추정하였다. 본 연구에서 사용하는 데이터는 1996-2017년의 22년이며, 종속·설명변수들은 클락슨이 공표하는 데이터를 사용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서 벙커유 등 에너지 관련 연구를 수행하거나 VECM 기법 등 계량분석을 사용하여 수행된 선행연구를 소개한다. Ⅲ장에서는 본 연구에서 사용하는 데이터 및 계량 방정식을 설명한다. Ⅳ장에서는 계량분석 결과를 제시하고, Ⅴ장에서는 연구결과를 요약하고 시사점을 제시한다.

Ⅱ. 선행연구 검토

김종득 외 4인 (2007)은 우리나라 주요 정유업체들의 잇따른 대중국 사업진출에 따른 석유산업의 구조적 변화를 고찰하였다. 동 연구는 국내 정유업체인 A사의 사례 조사 분석을 수행하였으며, A사는 실제로 중국 내수시장에서의 판매 확대와 중국 현지에서의 브랜드 가치 상승 등 다양한 긍정적인 효과를 얻은 것으로 나타났다. 또한 우리나라 정유업체들의 중국 내 경쟁은 해당 기업뿐만이 아니라 석유산업 전체의 생산성을 향상시키고 있음이 검증되었는데, 이는 6시그마 이론에서 설명하는 '상호간의 경쟁을 통한 생산성 제고' 효과로 판단된다. 동 연구는 사례 조사를 통해 해당 사건을 통해 발생한 대내외적 변화를 설명하고 있으며, 6시그마 등 경영학적 이론을 접목시켜 분석을 수행했다는 점에서 의의가 있다.

Pedrielli et al. (2015)은 가격 등락이 심한 벙커유 시장에서 선사와 벙커유 판매업자 모두에게 최상의 효용을 가져다주는 계약체결 방식을 게임이론을 사용하여 도출하였다. 동 연구는 벙커유 가격의 변동으로 인해 선사들은 경영성과 예측이 불가능해져 안정적인 비즈니스를 영위하는 것이 불가능하므로, 일정 수준의 프리미엄이 가산된 가격에 벙커유를 매입하더라도 판매업자와 장기계약을 맺고 이를 통해 안정적으로 벙커유를 확보할 필요가 있음을 설

명하고 있다. 장기계약 체결 시 보다 높은 가격으로 판매가 가능하므로 판매업자에게도 이익이 발생하게 된다. 동 연구는 본 연구에서와 마찬가지로 세계 벙커유 시장의 가격 등락폭이 높음을 실증 데이터로 보여주고 있으며, 게임이론을 접목시켜 사회적 효용을 극대화 할 수 있는 구체적인 전략을 제시하고 있다는 점에서 의의가 있다.

Ghosh (2015)는 선사들이 사업을 수행할 때 겪는 주요 애로사항 중 하나가 벙커유 가격의 변동성이라고 설명하고, 등락이 심한 벙커유 시장에서 선박운용비용을 최소화 할 수 있는 전략을 도출하였다. 동 연구는 Monte Carlo simulation 기법을 통해 비용을 최소화 하는 실험을 반복하였으며, 이를 통해 선사들은 선물거래(Forward trading) 등을 통해 벙커유 가격 등락의 폭을 줄일 필요가 있음을 보여주었다. 동 연구는 가격변동성으로 인해 선사들의 비즈니스에 애로가 발생하고 있음을 보여주고, 선물 시장 활용을 통한 재정거래(arbitrage)를 통해 가격 변동의 폭을 감소시킬 수 있음을 보여주었다는 점에서 의의가 있다. 또한 동 연구는 벙커유 가격에 영향을 미치는 주요 요인들을 소개하고 있다는 점에서 본 연구와 유사하다.

이충배 외 (2007)은 우리나라를 포함한 동북아시아 주요국들의 원유 수출입에 대한 경쟁력을 비교 · 분석하였다. 분석결과, 우리나라는 지정학적 이점과 체계적인 개발로 잘 정비되어 있는 항만인프라를 구비하고 있는 측면 등에서 경쟁력을 가지고 있는 것으로 분석되었다. 동 연구는 구체적인 정책 대안으로 정유회사와 석유 트레이더 뿐만이 아니고 정부 기관도 참여하는 산 · 학 공동참여의 컨소시엄을 구성하고 이를 통해 우리나라 주요 항만이 동북아시아 석유 무역의 허브항만으로 부상해야 함을 제시하고 있다. 동 연구는 중국, 일본 등 동북아시아에서 경쟁이 한층 심화되고 있는 원유 수출입 무역을 대상으로 분석을 수행하고, 우리나라가 석유 무역 허브로 도약 할 수 있는 구체적인 정책 대안을 제시하고 있다는 점에서 의의가 있다.

Banumathy and Azhagaiah (2015)은 벡터오차수정모형을 사용하여 인도에서의 주식 가격과 금 가격 간의 상관관계를 추정하였다. 동 연구는 단기와 장기의 시차를 두고 변수 간의 상관관계를 분석하였으며, 분석결과 주식 가격과 금 가격 간에 단기적으로는 유의미한 상관관계가 없지만 장기적으로는 금 가격이 주식 가격에 양(+)의 긍정적인 영향을 미치고 있음이 나타났다. 또한 동 연구는 현 주식 가격이 장기균형 시점의 가격으로부터 괴리가 있을지라도 시간이 흐르면서 장기균형에 수렴하는 자동 조정 메커니즘이 존재함을 규명하였다. 동 연구는 변수 간의 장기균형함수를 추정하였다는 점에서 의의가 있으며, 또한 장기균형으로 수렴하는 자동 조정 메커니즘을 규명하였다는 점에서 본 연구와 유사한 연구 프레임을 가지고 있다.

유병준 외 1인(2014)은 우리나라 정부에서 수행하고 있는 게임규제의 효과가 웹게임을 하는데 보내는 시간을 얼마나 효과적으로 단축시키고 있는지 벡터오차수정모형을 사용하여 추정하였다. 우리나라의 게임 시장 규모는 빠른 속도로 늘어나고 있으며 전체 게임 시장 규모는 10조원에 육박하게 되었는데, 정부는 2013년 7월 이후 청소년 게임 이용 셧다운제 등 다양한 게임 관련 정책을 수행하고 있다. 분석결과, 게임 소비 시간은 2013년 7월 대비 1/3-1/4 수준으로 크게 감소하여 정책의 효과는 실효적인 것으로 나타났으며, 동 연구는 벡터오차수정모형을 통해 변수 간의 상관관계를 추정하고 공적분 모형을 통해 변수 간의 장기 균형 함수를 추정하고 있다는 점에서 본 연구와 유사한 연구방법론을 사용하고 있다.

안영균 외 (2018)은 벡터오차수정모형을 사용하여 건화물 운반선인 케이프사이즈의 용선료를 결정하는 주요 요인별 영향력을 추정하였다. 분석결과, 케이프사이즈의 선복량이 1% 증가 시 용선료는 0.08% 감소, 엔 · 달러 환율이 1% 증가 시 0.01% 감소, 세계 GDP가 1% 증가 시 0.02% 증가, 철광석 및 석탄 물동량 1% 증가 시 각각 0.11%, 0.09% 증가, 벙커유 가격 1% 증가 시 용선료는 0.04% 증가하였다. 동 연구는 건화물 운반선 중 핸디막스, 파나막스 사이즈 선박의 활용성이 낮아지고 최근 들어 케이프사이즈의 활용성이 높아지고 있는데 케이프사이즈를 분석대상으로 하여 분석을 수행 했

Table 1. World Oil Production

(Unit: Mbpd)

1996	1997	1998	1999	2000	2001
72.03	74.54	75.34	73.97	76.72	76.85
2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
76.50	79.43	82.98	84.18	85.06	85.42
2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
86.57	84.92	87.11	88.45	90.99	91.52
2014	**2015**	**2016**	**2017**		
93.28	96.40	96.92	97.37		

Source: Clarksons Research, https://sin.clarksons.net

다는 점에서 의의가 있다. 또한 동 연구는 공적분 검정과 벡터오차수정모형을 활용한 계량분석을 수행하고 있다는 점에서 본 연구와 유사한 점이 있다.

진익 (2014)은 외환보유액이 환율 변동에 미치는 영향을 벡터오차수정모형을 사용하여 분석하였다. 무역국가인 우리나라는 경상수지가 확대될수록 외환보유액이 증가하는 현상이 발생하고 있는데, 동 연구는 환율과 외환보유액 간에 장기적으로 양(+)의 상관관계가 있음을 검증하였다. 또한 동 연구는 현 시점에서의 환율이 장기균형 시점에서의 균형 환율로부터 이탈하더라도 외환보유액의 조정을 통해 장기균형으로 자동적으로 수렴하는 혁신적인 메커니즘이 존재함을 규명하였다. 이는 시장에서 보이지 않는 손(invisible hand)의 자연적인 자정능력이 존재함을 의미하며, 동 연구는 벡터오차수정모형을 사용하여 장기균형으로 수렴하는 메커니즘을 분석하였다는 점에서 본 연구와 유사한 점이 있다.

Notteboom and Vernimmen (2009)의 연구에 따르면 컨테이너 선사에 있어 선박 벙커유 가격의 증감은 선사 기업존속에 높은 영향을 주는 요인이다. 동 연구는 충격 반응함수(Impulse Response Function)를 사용하였으며, 짧은 기간 동안에 증가한 벙커유 가격은 화주에게 추가요금(surcharge)을 부과하여 만회할 수 있지만, 오랜 기간 동안에 지속되는 벙커유 가격의 상승은 가격이 안정화 된 이후에도 충격 반응을 주어 해운선사의 재무실적을 크게 악화시킬 우려가 있음을 보여주었다. 동 연구는 벡터오차수정 모형을 통해 상관관계를 분석한 이후 충격 반응함수를 계측하여 벙커유 가격변동이 다른 변수의 등락폭을 확대시키고 이로 인해 기업실적에 장기간 동안 부정적인 영향을 줄 수 있음을 보여주었다는 점에서 시사하는 바가 있으며, 선박 벙커유 가격의 변동성을 추정했다는 점에서 본 연구와 유사하다.

김형건 (2016)은 패널위수모형을 활용하여 휘발유 가격에 유의미한 영향을 미치는 결정요인 분석을 수행하였다. 국내 주유소에서는 주유소 간 자율적 가격 경쟁이 이루어지고 있어 이질적 가격이 나타나는데, 동 연구는 2012-2015년 기간 중 국내 주유소 월별 가격데이터를 사용하여 휘발유 가격의 주요 결정요인을 계측하였다. 분석결과 일반적인 상식에 부합하는 결과가 도출되었는데, 주유소 휘발유 가격이 증가할수록 가격경쟁 요소들의 영향력은 감소하는 반면 비가격측면의 경쟁요소들의 영향력이 증가하였다. 한편 가격이 증가할수록 비가격측면 경쟁요소들의 영향력이 증가하는 추세가 2012년 대비 2015년에 가까워질수록 더욱 증가하는 것으로 분석되었는데 이는 주유소 간 가격경쟁이 감소하는 경향이 있음을 보여주는 것이다. 동 연구는 패널데이터와 회귀모형을 사용하여 시간이 흐름에 따라 변수별 영향력이 어떻게 증감

Table 2. World Seaborne Trade

(Unit: Million Ton)

1996	1997	1998	1999	2000	2001
5,306.35	5,607.22	5,558.27	5,882.45	6,314.77	6,360.69
2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
6,537.66	6,905.06	7,377.24	7,766.32	8,905.64	8,449.05
2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
8,653.00	8,321.11	9,107.40	9,152.94	9,888.27	10,228.69
2014	**2015**	**2016**	**2017**		
10,588.18	10,804.80	11,132.40	11,593.73		

Source: Clarksons Research, https://sin.clarksons.net

Table 3. World Vessel Volume

(Unit: Million Dwt)

1996	1997	1998	1999	2000	2001
727.8	746.8	766.3	776.8	787.2	809.5
2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
823.9	843.8	871.1	921.7	985.8	1,053.5
2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
1,126.9	1,204.0	1,291.8	1,413.6	1,536.2	1,629.6
2014	**2015**	**2016**	**2017**		
1,690.7	1,747.3	1,805.5	1,862.2		

Source: Clarksons Research, https://sin.clarksons.net

을 나타내는지를 추정하였다는 점에서 본 연구와 유사한 점이 있다.

Ⅲ. 데이터 및 회귀모형

1. 데이터 특성

1) 설명변수

본 연구의 첫 번째 설명변수는 연도별 세계 원유 생산량(Global Oil Product)으로, 연도별 생산량 추이는 〈Table 1〉과 같다. 세계 원유 생산량은 본 연구의 분석대상 시작점인 1996년 7,203만 톤을 기록한 이후 지속적으로 상승해 왔으며, 전년 대비 소폭 감소하였을지라도 전반적으로는 지속적인 상승세를 나타내면서 증가해 왔다. 2017년 고점인 9,737만 톤을 기록하였으며, 22년 간 연평균 성장률은 1.4%이다.

본 연구의 두 번째 설명변수는 연도별 세계 해상 물동량(World Seaborne Trade)으로, 연도별 해상 물동량 추이는 〈Table 2〉와 같다. 세계 해상 물동량은 본 연구의 분석대상 시작점인 1996년 53억 635만 톤을 기록한 이후 분석대상 기간 중 2007년과 2009년을 제외하고 전년 대비 증가하는 등 지속적으로 증가해 왔다.

Table 4. World GDP

(Unit: %)

1996	1997	1998	1999	2000	2001
3.93	4.00	2.57	3.57	4.82	2.46
2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
3.00	4.27	5.38	4.86	5.43	5.56
2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
3.01	−0.15	5.39	4.27	3.52	3.47
2014	**2015**	**2016**	**2017**		
3.58	3.45	3.23	3.70		

Source: Clarksons Research, https://sin.clarksons.net

Table 5. Bunker Prices

(Unit: Dollar/Ton)

1996	1997	1998	1999	2000	2001
109.47	102.73	70.01	101.80	158.72	133.11
2002	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
148.94	172.04	180.32	261.90	313.18	372.82
2008	**2009**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**
505.62	371.87	464.14	646.94	664.06	615.93
2014	**2015**	**2016**	**2017**		
559.68	291.60	232.76	328.72		

Source: Clarksons Research, https://sin.clarksons.net

2017년 고점인 115억 9,373만 톤을 기록하였으며, 22년 간 연평균 성장률은 3.6%이다.

본 연구의 세 번째 설명변수는 연도별 세계 선복량(Total World Fleet)으로, 연도별 세계 선복량 추이는 〈Table 3〉과 같다. 세계 선복량은 본 연구의 분석대상 시작점인 1996년 7억 2,780만 톤을 기록한 이후 분석대상 기간 중 전년 대비 감소한 적이 한 번도 없으며, 고점은 2017년의 18억 6,220만 톤이다. 지속적으로 증가하는 세계 선복량은 세계 해운선사들이 무리하게 운용 선복량을 확장시켜 왔음을 반증하는 결과이고, 최근 장기간 계속 되고 있는 세계 해운 시황 악화의 원인이 되고 있다.

본 연구의 네 번째 설명변수는 연도별 세계 GDP 성장률(Annual GDP World)로, 연도별 세계 GDP 추이는 〈Table 4〉와 같다. 세계 GDP 성장률은 본 연구의 분석대상 시작점인 1996년 3.93%를 기록한 이후 등락을 거듭하다가 분석대상 기간 중 가장 최근인 2017년 3.70%를 기록하고 있다. 본 연구는 세계 GDP를 설명변수로 설정하여 세계 경제가 벙커유 시장에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

2) 종속변수

본 연구의 종속변수는 클락슨이 공표하는 벙

Table 6. Basic Statistics of Dependent Variables

(Unit: $/Day)

평균	표준편차	최대값	최소값
309.38	191.94	664.06	70.01

커유 가격(380cst bunker prices Singapore)으로, 연도별 벙커유 가격 추이는 〈Table 5〉와 같다. 세계 벙커유 가격은 본 연구의 분석대상 시작점인 1996년 톤 당 109.47달러를 기록한 이후 등락을 반복하였으며, 2012년 중동의 원유 생산 감산 조치로 인하여 큰 폭 상승하고 톤 당 664.06달러를 기록하기도 하였다. 분석대상 기간 중 1998년 저점인 톤 당 70.01달러를 기록하였으며, 2017년 톤 당 328.72달러를 기록하였다.

종속변수인 벙커유 가격의 기초통계량은 〈Table 6〉과 같다. 22년 간 평균은 14,604, 표준편차는 191.94이며, 표준편차가 이처럼 큰 것은 벙커유 가격에 직접적인 영향을 미치는 원유 가격의 등락과 더불어 벙커유 가격의 증감 폭도 높았음을 의미한다. 22년 분석 대상 기간 중 최대값과 최소값이 9배 이상 차이가 날 정도로 벙커유 가격의 변동 폭은 높다.

3) Granger Causality Test

본 연구는 Eviews 6.0을 사용하여 그랜저 인과 관계(Granger Causality)를 추정하였으며, 이를 통해 변수 간의 동태적인 인과관계를 검토하였다.

그랜저 검정결과(Pairwise Granger Causality Tests; Lags 1), 4가지 설명변수 모두 F-value보다 p-value가 작게 추정되어 종속변수 벙커유 가격에 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났다. 한편 반대방향인 벙커유 가격에서 설명변수로의 영향의 경우 세계 원유 생산량, 세계 해상 물동량, 세계 선복량, 세계 GDP 4가지 변수 모두 종속변수인 건화물 운임으로부터 유의미한 영향을 받고 있지 않는 것으로 나타났다. 본 연구는 그랜저 검정 시 1기 시차를 놓고 분석을 수행하였다.

4) Unit Root Test

본 연구는 그랜저 검정 이후에 Eviews 6.0을 사용하고 단위근 검정을 수행하였으며, 시계열 데이터의 안정성을 검토하였다. 단위근이 있으면 차분을 수행하고 시계열을 안정화 시킬 수 있다.

단위근 검정 결과, 4가지 설명변수 모두 단위근이 있는 것으로 추정되었으며, 오차항 Zt는 5% 유의수준에서 단위근이 존재하지 않는 것으로 나타나서 변수들 간에 공적분 관계가 존재하는 것으로 분석되었다.

2. 분석모형

1) 공적분 모형

본 연구의 공적분모형은 다음 방정식 (1)과 같다. 본 연구는 종속변수 와 설명변수에 로그변환을 취해서 설명변수에 대한 종속변수의 탄력성을 추정하고자 하였다. 추정된 계수는 설명변수가 1% 증가 시 종속변수가 얼마만큼 증감하는가 각 변수별 탄성치를 의미한다. 다만 애초 단위가 %인 세계 GDP의 경우 로그변환을 취하지 않았다.

$$\ln(BP_t) = a + b_1\ln(OP_t) + b_2\ln(ST_t) + b_3\ln(TF_t) + b_4(GDP_t) + z_t \quad (1)$$

(1)번 공적분모형에서 a는 상수를 의미하며, b_1~b_4는 설명변수의 추정된 계수를 의미한다. BP는 종속변수이며 연도별 벙커유 가격, OP는 연도별 세계 원유 생산량, ST는 연도별 세계 해상 물동량, TF는 연도별 세계 선복량, GDP는 연도별 세계 GDP 성장률을 나타낸다. Z_t는 공적분 모형에서 추정된 오차항이다.

Table 7. Granger Causality Test Results

변수	F-Statistics	p-Value
원유 생산량 → 벙커유 가격	0.4792	0.3158
벙커유 가격 → 원유 생산량	0.4051	0.6249
해상 물동량 → 벙커유 가격	0.3892	0.2510
벙커유 가격 → 해상 물동량	0.5821	0.5994
세계 선복량 → 벙커유 가격	1.4591	0.5182
벙커유 가격 → 세계 선복량	0.8276	1.3258
세계 GDP → 벙커유 가격	0.4208	0.3821
벙커유 가격 → 세계 GDP	1.7543	1.8295

Table 8. Unit Root Test Results

변수	5% 유의수준 임계치	t-Value
벙커유 가격	-3.020686	-2.6243
원유 생산량	-3.020686	-1.2831
해상 물동량	-3.020686	-0.8943
세계 선복량	-3.020686	-2.5174
세계 GDP	-3.020686	-2.8239
오차항(Zt)	-3.020686	-3.7248

2) 벡터오차수정 모형

벡터오차수정 모형에서는 전술한 공적분모형을 차분하여 변수 간의 상관관계를 추정하게 된다. 차분을 하여 불안정 데이터를 안정적인 데이터로 변환하게 되며, 본 연구의 벡터오차수정 모형은 다음 방정식 (2)에서 서술하고 있다. 장기균형함수는 전술한 공적분모형 (1)과 같다.

$$\begin{aligned}&\triangle \ln(BP_t) = \alpha + \beta_1 \triangle \ln(OP_t) + \beta_2 \triangle \ln(ST_t) \\ &+ \beta_3 \triangle \ln(TF_t) + \beta_4 \triangle (GDP_t) \\ &+ \gamma_1 \cdot D_{t-1} \cdot z_{t-1} + \gamma_0 \cdot (1 - D_{t-1}) \cdot z + \eta_t \\ &where\, D_{t-1} = 1 \;\; \text{if} \;\; z_{t-1} > 0 \;\; \text{or} \\ &D_{t-1} = 0 \;\; \text{if} \;\; z_{t-1} \leq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

모형에서 η는 잔차를 의미하며, α는 독립상수를 뜻한다. β_1-β_6는 설명변수의 추정된 계수들을 의미한다. γ는 단기균형에서 장기균형으로 수렴하는 속도를 나타내며, D는 더미변수이다. z_{t-1}은 0보다 클 경우 1을 의미하며, z_{t-1}이 0과 같거나 작으면 0을 나타낸다. Δ는 차분을 의미한다.

Ⅳ. 실증분석 결과

1. 공적분 모형

본 연구는 공적분모형 분석을 실시하고 변수 간의 상관관계를 추정하였다. 조정된 결정계수는 0.7916이며, 이는 동 공적분모형이 종속변

Table 9. Co-integration Model Analysis Results

종속변수		운임 ln(CF)	
설명변수	추정계수	t-Value	p-Value
상수	-1.6299	-0.2045	0.8404
물동량 ln(CV)	-17.6662	-3.2502	0.0047
선복량 ln(SP)	10.3015	4.4557	0.0003
벙커유 가격 ln(BK)	-1.0130	-1.0413	0.3123
리버금리 ln(LR)	0.0038	0.0617	0.9515
조정된 R-Squared		0.7916343	

Table 10. VECM Analysis Results

종속변수		운임 Δln(CFt)	
설명변수	추정계수	t-Value	p-Value
상수	0.0911	0.3024	0.7676
운임 Δln(CFt-1)	0.2875	0.6398	0.5343
물동량 Δln(CV)	-1.8645	-0.2628	0.7971
선복량 Δln(SP)	-4.8290	-0.5970	0.5616
벙커유가격 Δln(BK)	5.7825	1.3722	0.1951
리버금리 Δln(LR)	0.0454	0.5448	0.5959
오차항 γ_1	-1.2458	-1.6191	0.1314
오차항 γ_0	-0.4297	-0.7538	0.4655
조정된 R-Squared		0.116669	

수인 건화물 운임의 증감을 79.1% 설명 할 수 있음을 의미한다.

한편 공적분모형의 가성회귀(spurious regression)를 검토하기 위해 오차항이 안정적 데이터인가 여부를 검토 할 필요가 있다. 전술한 단위근 검정 시의 〈Table 8〉에서 확인 할 수 있듯이 "추정된 오차항은 유의수준 5% 내에서 불안정 시계열 데이터이다"라는 귀무가설을 기각하여 안정적인 데이터로 확인 된 바 있다.

공적분모형의 추정 결과는 〈Table 9〉와 같다. 회귀분석 결과 세계 원유 생산량이 1.0% 증가하면 벙커유 가격은 17.6% 감소하는 것으로 분석되었으며, 세계 해상 물동량이 1.0% 증가하면 벙커유 가격은 10.3% 증가, 세계 선복량이 1.0% 증가하면 벙커유 가격은 1.0% 감소, 세계 GDP가 한단위인 1.0% 증가하면 벙커유 가격은 0.003% 증가하는 것으로 각각 추정되었다.

4가지 설명변수 중에서 유의수준 5% 내에서 통계학적으로 유의미한 것으로 나타난 것은 p-value가 5% 미만인 원유 생산량과 해상물동

량으로, 2가지 변수가 가장 유의미하게 벙커유 가격에 영향을 미치고 있었다. 특히 원유 생산량 및 해상물동량의 추정된 부호는 직관과 일치하는 부호가 도출되었는데, 원유 생산량이 늘어날수록 풍부한 벙커유가 공급되면서 벙커유 가격은 하락할 것이고 해상물동량이 늘어날수록 선박 수요가 늘어나면서 벙커유 가격은 증가할 것이다.

즉, 벙커유 가격의 변동은 직접적인 수급변수(원유 생산량, 해상물동량)로부터 큰 영향을 받고 있으며, 직접적 관계에 있는 변수가 아니고 간접변수인 선복량이나 세계 GDP로부터는 유의미한 영향을 받고 있지 않는 것으로 분석된다.

2. 벡터오차수정 모형

공적분 검정을 수행하여 변수 간의 상관관계를 추정한 이후 본 연구는 벡터오차수정 모형을 통해 차분을 하고 장기균형에 수렴하는 수렴 속도에 대한 추정을 수행하였다. 벡터오차수정 모형 시차는 1년이다.

벡터오차수정 모형의 조정된 결정계수는 0.1166으로 추정되었는데, 이는 설명변수들이 종속변수를 11.6% 설명함을 의미한다. 결정계수가 다소 낮은 숫자로 계측되었지만, 벡터오차수정 모형을 통해서는 장기균형으로의 수렴속도를 추정하고자 했기 때문에 문제가 되지 않을 것으로 판단된다.

오차항은 전기의 벙커유 가격이 장기균형 시점의 가격보다 크거나 작은 경우 모두 장기균형으로 수렴하는 것으로 추정되었다. 장기균형 시점의 가격보다 1.0% 클 경우 운임은 1.24% 차기에 감소하며, 장기균형의 운임보다 1.0% 적은 경우 운임은 0.42% 차기에 증가하는 것으로 추정되었다. 이는 현재의 벙커유 가격이 장기균형 시점의 가격보다 1% 크거나 적으면, 차기에 벙커유 가격이 1.24% 감소하거나 0.42% 증가하면서 균형을 향해 이동하는 것을 의미하며, 호·불황기 모두에서 장기균형을 향해 수렴함을 나타내는 결과이다.

한편 벡터오차수정 모형에서 추정계수들의 p-value가 다소 높게 추정되어 종속변수인 벙커유 가격에 유의미한 영향력을 미치지는 못하는 것으로 분석되었다. 이번 연구에서는 장기간의 벙커유 가격을 공표하고 있는 기관이 없어 부득이하게 22년간의 자료를 사용했지만, 분석대상 기간을 보다 늘린다면 유의미한 p-value의 도출도 가능할 것으로 판단된다.

Ⅴ. 결론

본 연구는 공적분모형과 벡터오차수정 모형을 사용하여 선박 벙커유 가격에 영향을 미치는 주요 요인들의 영향력을 분석하였다. 그동안 벙커유 가격이 선사의 경영성과에 미치는 영향을 분석한 연구는 있었지만, 벙커유 가격 변동에 영향을 미치는 요인분석을 수행한 연구는 거의 없었다. 또한 본 연구는 장기균형에서의 벙커유 가격 결정함수 추정을 수행하여 벙커유 시장에서의 가격 결정요인을 분석하였으며, 특히 장기균형으로의 수렴 속도를 추정하여 벙커유 시장에 존재하는 보이지 않는 손의 혁신적인 메커니즘을 확인하였다는데 의의가 있다.

공적분모형 분석결과, 원유 생산량이 1.0% 증가하면 벙커유 가격은 17.6% 감소하는 것으로 나타났으며, 해상 물동량이 1.0% 증가하면 벙커유 가격은 10.3% 증가, 세계 선복량 1.0% 증가 시 벙커유 가격 1.0% 감소, 세계 GDP가 1.0% 증가 시 벙커유 가격은 0.003% 증가하는 것으로 추정되었다.

선박에 주입하는 선박 벙커유의 경우 원유를 생산한 이후에 동 원유를 가공·정제하여 제조하게 된다. 따라서 일반적인 직관에 따르면 벙커유의 근간이 되는 원유 생산량이 증가할수록 벙커유 가격은 하락할 것이다. 그런데 원유 생산량이 1.0% 증가시 벙커유 가격이 17.6% 하락하는 분석결과는 벙커유의 모체인 원유 생산량이 벙커유 가격에 주는 영향이 상당히 높은 수준임을 의미하는 결과이다. 또한 해상물동량의 탄성치도 10.3%로 높은 계수로 추정되었는데, 이러한 결과는 물동량이 증가하면 선박수요가 늘어나 벙커유를 구입하려는 수요도 함께 증가함에 기인하는 현상이다. 즉, 무역확대는

물동량을 증가시키고 늘어난 물동량은 다시 벙커링 수요를 큰 폭 확대시킬 수 있음을 시사하는 결과이다.

4가지 설명변수 중 원유 생산량과 해상 물동량의 p-value가 유의수준 5%에서도 유의미한 것으로 추정되어 종속변수의 증감을 통계학적으로 가장 유의미하게 설명하는 것으로 나타났다. 이러한 추정 결과는 벙커유 가격의 변동은 직접적인 수급변수(원유 생산량, 해상물동량)로부터 큰 영향을 받고 있으며, 직접적 관계에 있는 변수가 아니고 간접변수인 선복량이나 세계 GDP로부터는 유의미한 영향을 받고 있지 않음을 시사하는 것이다.

벡터오차수정 모형 추정 결과, 오차항은 장기균형의 운임보다 크거나 작은 경우 모두 장기균형을 향해 수렴하는 것으로 나타났다. 장기균형 시점의 운임보다 1.0% 클 경우 운임은 차기에 1.24% 감소하며, 장기균형 시점 운임보다 1.0% 적을 경우 0.42% 증가하는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 벙커유 시장에서 시간이 경과하면 호 · 불황이 해소되면서 결국 장기균형에 수렴하므로 시장의 개입보다는 자연적으로 수급이 조정 될 필요가 있음을 시사하는 결과이다.

본 연구는 벙커유 가격에 미치는 주요 요인별 영향력을 추정하였는데 후속연구에서 분석대상 기간을 늘리고 보다 다양한 요인들을 포함시켜 연구를 수행한다면 변수 간의 보다 유의미한 결과를 도출 할 수 있을 것으로 기대된다.

References

Ahn, Y. G. and M. K. Lee (2018), “Factor Analysis Affecting on the Charterage of Cape Size Bulk Carriers”, *Korea Trade Review*, 43(3), 125-145.

Banumathy, K. and R. Azhagaiah (2015), “Long-run and Short-run Causality between Stock Price and Gold Price: Evidence of VECM Analysis from India”, *Management Studies and Economic Systems*, 1(4), 247-256.

Ghosh, S., L, H. Lee and S, H. Ng (2015), “Bunkering Decisions for a Shipping Liner in an Uncertain Environment with Service Contract”, *European Journal of Operational Research*, 244(3), 792-802.

Jin, I. (2014), “Analysis on the Relation between Exchange Rate and International Reserve: An Vector Error Correction Model”, *Journal of Money & Finance*, 28(4), 91-141.

Kim, J. D., S. M. Kim, S. K. Kim, J. K. Lee and S. H. Choe (2007), “An Analysis on the Structural Change of Domestic Petrochemical Industry by the Investment-entry in China: Mainly the Case of L Company’s ABS Business”, *Korea Trade Review*, 32(2), 311-329.

Kim, H. G. (2016), “Gasoline Price Determinants in Korean Market Using Panel Quantile Regression: Price Competition vs. Non-price Competition”, *Korean Energy Economic Review*, 15(1), 69-98.

Lee, C. B. and S. Y. Park (2007), “A Comparative Study on the Competitiveness of an Oil Logistics Hub among Northeast Asian Countries”, *Korea Trade Review*, 32(1), 37-63.

Notteboom, T. E. and B. Vernimmen (2009), “The Effect of High Fuel Costs on Liner Service Configuration in Container Shipping”, *Journal of Transport Geographyh*, 17(5), 325-337.

Pedrielli, G., L. H. Lee and S. H. Ng (2015), “Optimal Bunkering Contract in a Buyer-Seller Supply Chain under Price and Consumption Uncertainty”, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 77, 77-94.

Stefanakos, C. N. and O. Schinas (2014), “Forecasting Bunker Prices: A Nonstationary, Multivariate Methodology”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 38, 177-194.

Wang, Y., Q. Meng and H. Kuang (2018), "Jointly Optimizing Ship Sailing Speed and Bunker Purchase in Liner Shipping with Distribution-free Stochastic Bunker Prices", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 89, 35-52.

Yoo, B. J. and S. M. Jeon (2014), "An Empirical Analysis of the Regulation Effects on Webboard Games Using VECM", *Asia-Pacific Journal of Business Venturing and Entrepreneurship*, 9(6), 109-115.