

국내 석탄 수입 물동량과 해상운임지수의 동태적 관계 분석

이정우 · 최정석†

한국항공대학교(강사) · †국립목포해양대학교(교수)

Dynamic Analysis of the Relationship Between Domestic Coal Imports and Baltic Dry Index

ChongWoo LEE · JungSuk CHOI†

Korea Aerospace University(lecture) · †Mokpo National Maritime University(professor)

Abstract

This study empirically analyzed the causal relationship between the volume of domestic coal imports and the maritime freight index. To this end, monthly data for about 15 years from January 2010 to September 2024 were constructed, and the relationship between the maritime freight index and the volume of domestic coal was evaluated. The maritime freight index used the latest data from Clarkson, and the domestic coal volume data was analyzed based on SPOT bidding information of five power generation companies under the Korea Electric Power Corporation (KEPCO). As a result of analyzing the relationship between the volume of domestic coal imports and the maritime freight index, it was found that the international freight fluctuations had a large effect on the volume of domestic coal imports, but in the opposite case, the volume of goods was limited in predicting maritime freight rates. However, it was found that BPI acts as a Granger cause at the 1% significance level for PNO and PQTY, and on the contrary, PNO and PQTY also affect BPI at the 5% significance level.

Key words : Coal, BDI, VAR, Bidding

I. 서론

해상운송은 국제 무역에서 핵심적인 역할을 하며, 전 세계 수출입 화물의 약 80%가 해상을 통해 운송된다(Ko et al., 2020). 이 가운데 철광석, 석탄, 곡물, 보크사이트, 인광석은 대표적인 5대 건화물(Bulk Cargo)로서 부정기선 시장에서 중요한 위치를 차지한다(Ha et al., 2024). 특히, 석탄은 발전소, 제철소 및 시멘트회사에서 필수적인 원료 또는 연료로 사용되며, 천연자원이 부족한 우리나라에서는 대부분을 수입에 의존하고 있다.

이러한 배경으로, 한국은 세계 3~5위의 주요 석탄 수입국으로, 2023년 기준 약 1억 1,757만 톤의 석탄을 수입하고 있다(IEA, 2023, KIGMR, 2024). 특히 한국전력공사 산하 5개 발전사는 주요 석탄 구매자로서 매년 전용선 및 대규모 스팟(SPOT) 입찰을 통해 석탄을 조달하고 있다. 전용선은 선박 발주 비용, 해운회사의 일정 이익률을 보장하는 것을 전제로 정해진 운임에 따라 장기 운송계약이 이루어지므로 현재 시장과는 차이가 있다. 그러나, SPOT용선은 실시간으로 현재 시장 상황에 따라 운임이 결정되므로 해상운송 시장의 수

† Corresponding author: 061-240-7163, jschoi@mmu.ac.kr

요 측면에서 중요한 변수로 작용한다.

특히, 석탄 운송을 주로 담당하는 벌크선 중 Cape 선과 Panamax 선의 운임 지수에 영향을 줄 가능성이 크다. 또한 한국은 주요 석탄 수출국 중에서 미국 서부, 호주 동부, 인도네시아의 Kalimantan 섬, 러시아의 극동 그리고 남아프리카공화국으로부터 주로 석탄을 수입하며, 이런 이유로 태평양 항로를 주로 이용한다. 따라서, 이러한 SPOT 용선 입찰 활동은 해상 운임에 영향을 줄 수 있으며, 벌크선의 대표지수인 BDI(Baltic Dry Index), BCI(Baltic Cape Index), BPI(Baltic Panamax Index)와 각 그에 따른 세부 항로 지수에 영향을 미칠 수 있을 것으로 짐작할 수 있다. 특히, BCI의 C5 지수(서호주-중국 항로)와 BPI의 P3a 지수(호주-극동 항로)는 위에서 기술한 바와 같이 한국의 석탄 수입 항로와 밀접한 관계를 갖는 주요 운임 지표로서, 이들의 변동을 분석하는 것은 국내 석탄 물동량 변화량에 따른 해운 시장의 변동성에 대한 이해를 높이는 데 중요한 의미가 있다.

그러나, 기존 선행 연구에서는 우리나라 또는 전 세계의 석탄 물동량에 따른 해상운임지수에 관한 연구사례는 있었으나, SPOT 용선 활동에 따른 해상운임지수 변동성에 관한 연구사례는 없었다. 특히 국내 석탄 최대 수입처인 한국전력공사의 석탄수송 입찰 수와 화물량과 해상 운임 지수의 세부 항로 지수 간의 관계까지 실증적으로 분석한 사례가 없었다. 이는 입찰 관련 데이터가 제한적으로 공개되며, 오랜 시간 지속적인 자료 수집이 필요하기 때문이다.

따라서, 본 연구는 이러한 연구 공백을 보완하고, 해상 운임 지수 예측을 위한 새로운 접근을 시도하고자 한다. 이를 위해 한국전력공사의 석탄 SPOT 입찰 횟수 및 입찰 화물량 변화를 분석하고, 이를 BDI, BCI, BPI와의 인과관계를 검토한다. 또한, BCI 및 BPI의 세부 지수인 C5와 P3a를 추가로 분석함으로써, 한국의 석탄 수입 횟수와 화물량과 해당 선박 선형에 따른 운송경로 간

의 연관성을 더욱 정밀하게 규명하고자 한다. 본 연구의 결과는 해상 운임 예측의 정확성을 높이는 데 기여할 뿐만 아니라, 석탄 물류 및 해운 정책 수립에 유용한 시사점을 제공할 것으로 기대된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 국내 석탄 수입 현황 및 관련 선행 연구를 검토하며, 제 III장에서는 연구에 활용한 데이터, 분석 모형을 소개하며, 분석 결과를 서술하였으며, 마지막으로 제 IV장에서 결론 및 시사점을 제시하였다.

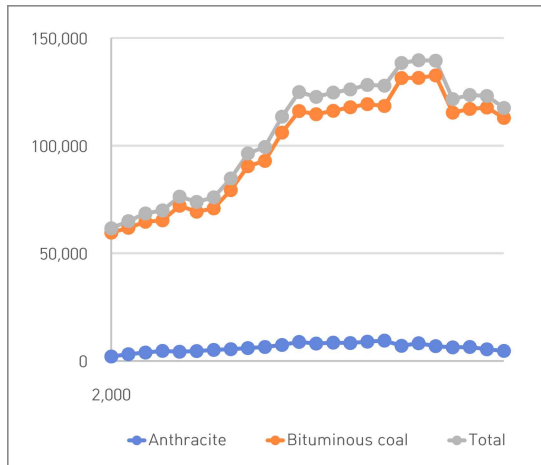
II. 연구 방법

1. 국내 석탄 물동량 현황

한국해양진흥공사(2023)의 보고서에 따르면 2021년 세계석탄 물동량은 약 12.26억 톤으로, 한국은 아래 [Fig. 1]과 같이 동일 년에 약 1억 235만 톤을 수입하였다. 이는 주요 석탄 수입국인 중국, 인도, 일본 이어 높은 수치에 해당한다. 이 중 2021년 기준 한국전력공사의 5개 발전사의 해외로부터의 유연탄 수송량은 연간 약 6,848만 톤으로 파악되었으며(Sohn, 2022). 같은 해 무연탄 수입량을 제외하더라도 국내 석탄 수입량의 대략 56%에 달한다. 또한, 광업·광산물 통계 연보(2024년)에 따르면, 국내의 석탄 수입처는 주로 태평양에 있는 국가들로 호주가 약 40% 내외를 차지하며, 뒤를 이어 러시아, 인도네시아, 캐나다, 남아프리카공화국이 따르고 있다. 이들 5개국에서의 수입량은 약 88%에서 90%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 타 대륙에서도 석탄 수입은 가능하지만, 석탄 가격(FOB)뿐만 아니라 선적지로부터 국내까지 운송비용에 따라 전체 비용을 절감하기 위한 것으로 짐작할 수 있다.

주목할 점은 2021년 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 미국의 제재로 러시아산 석탄 수입이 이전보다 제한 받았음에도 불구하고, 러시아의 석

탄 가격 인하 정책으로 인해 국내 러시아산 석탄 수입량은 소폭 증가하였다.



[Fig 1] Overview of domestic coal imports.

Source : Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(2024), Compiled by the author

2. 선행 연구

본 연구의 주제인 석탄 관련 선행 연구는 아래와 같이 조사되었다.

Bae et al.(2018)는 석탄 물동량, 중국의 대두 수입량, 철광석 및 석탄의 가격 그리고 중국 제조업과 서비스업 경기상황을 나타내는 구매관리자지수(PMI)의 5가지 변수를 활용하여 해상 운임의 변동성을 확인하였다. 분석 결과, BDI에 영향을 미치는 주요 요인으로 석탄 물동량과 중국의 대두 수입량으로 확인되었으며, BDI를 구성하는 세부 지수에 대한 분석 결과, 대두 수입량이 BCI에, 석탄 물동량과 대두 수입량이 BPI에, 석탄 물동량이 BSI에 영향을 주는 것을 확인하였다. 이 연구는 석탄 물동량이 해상 운임 지수에 크게 영향이 있다는 점을 강조하며, 석탄이 해상운임지수에 중요한 요인이라는 것을 확인할 수 있다.

Sohn(2022)은 유연탄 수입 변동이 해상 운임 지수에 미치는 영향을 다중회귀분석을 활용하여 검토하였다. 분석 결과에 따르면, 유연탄 수입량

이 해상운임지수 중에서 BCI에 미치는 영향이 가장 큰 것으로 해석하였으며, 유연탄 수입량 변수들이 BDI를 포함하여 해상 운임 지수의 예측에 중요한 요소로 작용하며, BDI 및 관련 지수에 미치는 영향력이 있다는 것을 확인하였다.

Oh(2024)는 2016년부터 2023년까지의 중국의 석탄 수입량과 아시아의 주요 석탄 수출국인 인도네시아의 수출량 자료를 활용하여 부정기선 해상 운임 지수에 미치는 영향력을 확인하였다. 분석 결과, 중국의 석탄 수입은 P5, S2, S10 지수에 부(-)의 영향을 주었으며, 인도네시아의 석탄 수출은 중국 석탄 수입량 변수와 반대로 정(+)의 영향을 준다는 것을 확인하였다. 이는 석탄 수입 증가는 물동량의 증가 및 운임의 상승으로 이어지며, 이에 따라 해운회사는 좀 더 많은 수익을 창출하기 위해 신조 선박 주문이 늘고, 해체 선박 수의 감소로 인하여 운임이 다시 낮게 되는 것이라고 설명하였다.

Ahn and Kim(2018)은 석탄 물동량을 포함한 총 6개의 독립변수와 벡터오차수정모형(VECM)을 활용하여 Cape 선의 운임 지수에 대한 영향력을 분석하였다. 연구 결과, 모든 독립변수가 Cape선 용선료에 유의미한 영향을 미치는 것을 확인하였으며, 그중에서도, 석탄 물동량이 용선료 변동의 주요 원인이며 구체적으로 석탄 물동량이 1% 증가하면, Cape선 용선료는 0.09% 상승한다고 주장하였다.

Choi and Kim(2022)은 2007년부터 2022년 3월까지의 3가지 해상운임지수와 에너지의 대표변수인 석유, 천연가스, 석탄과 곡물 가격 간의 연계성을 확인하였으며, 기존 선행 연구에서와같이 석탄이 해상운임지수에 영향을 주는 주요 요인임을 확인할 수 있었다.

위에서 살펴본 바와 같이, 기존 선행 연구에서는 주로 세계 석탄 물동량 또는 국내 석탄 물동량의 전체 물량에 관한 연구가 대부분을 차지하고 있다. 이에 본 연구에서는 전체 물동량이 아닌 국내 석탄 SPOT 입찰의 수와 입찰량의 변동

에 따른 해상운임지수의 예측 및 그 영향력을 살펴보고자 한다. 이에 따라, 국내에서 주요 석탄 수입처인 한국전력공사의 석탄 SPOT 입찰 횟수 및 화물량과 BDI, BCI, BPI 간의 인과관계를 분석하였다. 또한, C5와 P3a 지수를 추가 검토하여 석탄 수입과 주요 항로 운임 간 연관성을 규명함으로써 석탄관련 물류 기업 및 수입업체의 정책 수립에 도움을 제공하고자 한다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 자료설명

본 연구는 해상 운임 지수와 국내 석탄 SPOT 수입 물동량 간의 동태적 인과성을 분석하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 해상 운임 지수로는 클락슨(Clarkson Intelligence)에서 제공하는 BDI를 활용하였다.

석탄은 주로 벌크선으로 수송되며, BDI는 벌크선 시장 전체의 운임 변동을 반영하는 대표적인 지수로서 부정기선 시장 분석에 광범위하게 활용된다. 특히, BDI의 세부 지수인 BCI와 BPI는 각각 대형(Capesize) 및 중형(Panamax) 선박의 운임 변동을 측정하는 지수로, 선형별 운임 동향을 파악하는 데 유용하다. 또한, 본 연구에서는 태평양 지역의 석탄 운송에 직접적인 영향을 미치는 항로 운임을 반영하기 위해 C5(서호주-중국) 및 P3a(호주-FarEast) 지수를 추가로 활용하였다. 이를 통해 국내에서 주로 석탄을 수입하는 태평양 수역에서의 운임시장의 변동성을 더 세밀하게 분석하였다.

국내 석탄 물동량 지표로는 국내에서 석탄을 가장 많이 수입하는 한국전력공사 산하 5개 발전사의 SPOT 입찰 데이터를 활용하였다. 각 입찰 자료는 Cape 선과 Panamax 선의 입찰 수와 입찰량이 포함되어 있으며, 이러한 자료는 입찰 수와 그 화물량의 변동에 따라 해상운임지수의 변동성을 확인할 수 있을 것으로 예상된다.

변수는 <Table 1>과 같이 종속변수인 해상운임 지수를 BDI, BCI, BPI, C5, P3a 5개, 독립변수는 SPOT 총입찰 수(TNO), 총 입찰 화물량(TQTY), Cape선 입찰 수(CNO)와 입찰 화물량(CQTY), Panamax선 입찰 수(PNO)와 입찰 화물량(PQTY)으로 6개로 구성되었다.

<Table 1> Variable specification

category	variable description	variable name	data source
dependent variable	Baltic Dry Index	BDI	Clarkson Research Limited 2024 (created 23 Oct 2024)
	Baltic Cape Index	BCI	
	Baltic Panamax Index	BPI	
	Cape Pacific Index (West Australia to Qingdao)	C5	
	Panamax Pacific Index (Japan-S.Korea Transpacific rv)	P3a	
	ttl bidding number (Cape+Panamax)	TNO	
independent variable	ttl bidding qty (Cape+Panamax)	TQTY	Kepco's Electric Procurement System (SRM)
	panamax bidding number	PNO	
	panamax bidding qty	PQTY	
	coal qty	PQTY	
	cape bidding number	CNO	
	cape bidding qty	CQTY	

2. 단위근 검정

시계열 데이터는 일반적으로 비정상적인 특성을 가지며, 단위근(Unit Root)을 포함하면 평균과 분산이 시간에 따라 변할 수 있다. 이러한 비정상성을 가진 자료에 전통적인 회귀분석을 적용하면 허위회귀(spurious regression) 문제를 초래할 가능성이 크므로, 시계열의 정상성 여부를 사전에 검증하는 것이 필수적이다. 이를 위해 수행하는 통계적 검정을 단위근 검정(Unit Root Test)이

라고 하며, 대표적인 방법으로 Dickey-Fuller(DF) 검정, 확장된 Augmented Dickey-Fuller(ADF) 검정, Phillips-Perron(PP) 검정 등이 있다.

DF 검정은 자기회귀모형(auto-regressive model)을 기반으로 시계열 데이터가 단위근을 포함하는지를 검정하며, 귀무가설(null hypothesis)로서 자기회귀 계수가 1임을 가정한다. 그러나 시계열 데이터에 자기상관(auto-correlation)이 존재하면 검정의 신뢰도가 저하될 수 있다. 이를 보완하기 위해 제안된 ADF 검정은 추가적인 지연 차수(lagged terms)를 포함하여 자기상관의 영향을 보정함으로써 정확성을 향상시킨다. ADF 검정에서 귀무가설은 데이터가 단위근을 포함하여 비정상적이라는 것이며, 검정 통계량이 임계값보다 작으면 귀무가설을 기각하고 정상성을 가진다고 판단할 수 있다.

본 연구에서 분석하는 시계열 데이터는 시간적으로 인접한 관측값 간 높은 자기상관을 포함할 가능성이 있으므로, 이를 보정하지 않을 경우 검정 통계량이 임계값보다 작을 경우 귀무가설을 기각하고 정상성을 가진다고 판단할 수 있다. 본 연구에서 분석하는 시계열 데이터는 시간적으로 인접한 관측값 간 높은 자기상관을 포함할 가능성이 있으므로, 이를 보정하지 않고 검정 통계량이 임계값보다 작으면 결과의 신뢰성이 저하될 수 있다. 이러한 이유로 정밀한 검정을 수행하기 위해 ADF 검정을 적용하였으며, 검정 결과는 <Table 2>와 같으며, 모든 변수는 1.00% 범위에서 모두 정상성을 확보한 것으로 파악되었다.

3. 공적분 검정

공적분의 검정 방법으로 Engle-Granger 2단계 접근법, Phillips-Ouliaris 검정, Johansen 공적분 검정 등이 있다. 이 중에서, Johansen 공적분 검정은 다변량 시계열에서 공적분 벡터를 동시에 추정할 수 있어 복잡한 변수 간 상호작용을 분석하는 데 적합하다. 따라서, 본 연구에서는 Johansen

<Table 2> Unit root test results

var	Test	result	var	Test	result
TNO	test	-7.979	BDI	test	-3.682
	statistic			statistic	
	p-value	0.000*		p-value	0.0002*
TQTY	test	-7.778	BCI	test	-5.165
	statistic			statistic	
	p-value	0.000*		p-value	0.000*
PNO	test	-8.726	C5	test	-5.207
	statistic			statistic	
	p-value	0.000*		p-value	0.000*
PQTY	test	-8.416	BPI	test	-3.415
	statistic			statistic	
	p-value	0.000*		p-value	0.0004*
CNO	test	-8.357	P3a	test	-3.372
	statistic			statistic	
	p-value	0.000*		p-value	0.0005*
CQTY	test	-8.395			
	statistic				
	p-value	0.000*			

note) * : $p < 0.1$, ** : $p < 0.05$, *** : $p < 0.01$

공적분 검정을 적용하였다.

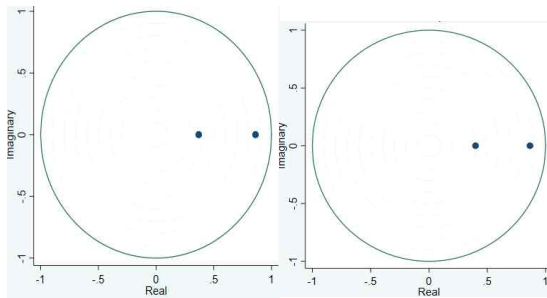
검정 결과, 석탄 입찰 수 및 입찰 화물량과 해상 운임 지수 간의 장기 균형 관계를 평가한 모든 변수 조합에서 1개의 공적분 관계가 확인되었다. 이는 Trace 통계량이 5% 유의수준에서 귀무가설($r=0$)을 기각하는 반면, $r \leq 1$ 에서는 기각되지 않아 공적분 관계가 1개로 제한됨을 의미한다. 일반적으로 변수 간 공적분 관계가 존재하면 VECM이 적합하지만, 앞서 실시한 단위근 검정 결과, 모든 변수에서 정상성이 확인되어 차분이 필요하지 않았으며, 오차수정항을 포함하면 불필요한 제약이 추가되어 모형의 자유도가 감소하고, 과적합(overfitting) 문제가 발생할 가능성이 있다.

따라서 본 연구는 VAR 모형을 적용하여 변수 간의 동태적 관계를 분석하였으며, 그랜저 인과검정을 수행하여 변수 간 영향력을 검토하였다.

4. VAR 안정성 검토

VAR 모형의 적용 전에 안정성 검증을 수행하는 것은 실증 분석의 타당성을 확보하는 중요한 과정이다. 따라서 본 연구에서는 VAR 모형 적용 전에 안정성을 검토 하였다.

VAR 모형의 안정성 검증은 특성방정식(Characteristic Equation)의 근이 단위원(Unit Circle) 내에 존재하는지 여부를 확인하는 방식으로 이루어진다. 이를 통해, VAR 모형의 고유값의 절대값이 모두 1보다 작은지를 확인하며 만약 일부 고유값이 1 이상이면 VAR 모형이 불안정한 것으로 간주한다.



[Fig 2] Stability test of TNO/TQTY with BDI.

분석 결과는 [Fig 2]와 같으며, TNO 및 TQTY와 BDI와의 관계에 모든 고유값이 1보다 작은 수로 단위 원 내에 위치하여, 안정성 조건을 만족하는 것을 확인하였다.

5. 그랜저 인과관계 분석 결과

가. 전체 석탄 물동량

국내 석탄 물동량의 지표인 TNO와 TQTY가 국제 해상운임지수와 인과관계를 그랜저 인과관계 분석을 통하여 확인하였다.

이를 통해 국내 석탄 물동량과 국제 해운 시장의 상호작용 방향성을 확인하였으며, 그 결과는 <Table 3>과 같다. 첫 번째 변수 TNO는 BDI가 TNO의 예측에 유의미한 영향을 주었으나, 그러

나, TNO는 BDI의 예측에 통계적으로 유의하지 않았다. 또한 BDI는 TQTY 예측에 유의미한 인과관계를 가지고 있으나, TQTY는 BDI 예측에 통계적으로 유의하지 않는 결과를 확인하였다. 이는 해상운임지수는 국내 spot 용선 입찰 변동에는 영향을 줄 수 있으나, 국내 Spot 용선 입찰에 따른 변동성은 해상운임지수에 영향을 주지 않는 것으로 해석된다.

<Table 3> Grandeur causality results (total)

variable pair	Direction	χ^2 stat	P-Val
TNO / BDI	BDI $\Rightarrow$ TNO	20.01	0.000**
	TNO $\Rightarrow$ BDI	1.1603	0.281
TQTY / BDI	BDI $\Rightarrow$ TQTY	15.725	0.000**
	TQTY $\Rightarrow$ BDI	0.19589	0.658

note) * : $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, *** : $p < 0.01$

나. Panamax선 물동량

Panamax선의 석탄 물동량을 나타내는 지표인 PNO와 PQTY를 중심으로, 해상운임지수(BDI, BPI) 및 BPI의 세부 지수인 P3a와의 인과관계를 분석하였다. 결과는 <Table 4>와 같다. BPI는 PNO와 PQTY에 대해 1% 유의수준에서 인과성을 가지며, 반대로 PNO와 PQTY도 5% 유의수준에서 BPI에 영향을 주는 것으로 나타나 양방향 관계가 성립하였다. 반면, P3a는 PNO와 PQTY에 대해 1% 유의수준에서 그랜저 원인이지만, PNO와 PQTY는 P3a에 영향을 주지 않는 일방향 관계를 보였다. 이러한 결과는 국내 입찰에서는 Panamax 선박이 기타 선형보다 많이 활용되기에 상호 간에 영향을 주는 것으로 확인되었다. 그러나, 국내에서의 대다수 석탄이 태평양 수역에서 많이 수입하기에, P3a 또한 BPI와 같이 양방향 관계가 형성될 것으로 예상했으나, P3a만 입찰 화물량에 영향을 주는 것으로 확인이 되었다.

<Table 4> Grandeur causality results (Panamax)

variable pair	Direction	χ^2 stat	P-Val
PNO / BPI	BPI $\Rightarrow$ TNO	24.063	0.000**
	PNO $\Rightarrow$ BPI	6.5232	0.011*
PNO / P3a	P3a $\Rightarrow$ PNO	20.596	0.000**
	PNO $\Rightarrow$ P3a	3.3732	0.066
PQTY / BPI	BPI $\Rightarrow$ PQTY	16.914	0.000**
	PQTY $\Rightarrow$ BPI	4.2069	0.040*
PQTY / P3a	P3a $\Rightarrow$ PQTY	16.08	0.000**
	PQTY $\Rightarrow$ P3a	1.864	0.172

note) * : $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, *** : $p < 0.01$

다. Cape선 물동량

Cape선의 물동량을 나타내는 지표인 CNO와 CQTY를 중심으로 BCI 및 그 세부 지수인 C5와 의 인과관계를 분석하였다. Cape 선은 대량의 원 자재를 수송하는 선형으로, 운송 가능한 화물이 제한적이다. 주로 철광석을 운송하지만, 석탄 또한 주요 화물로 취급된다. 이러한 특성으로 인해 한국전력공사의 석탄 관련 입찰 건수와 화물량은 Panamax 선에 비해 적지만, Cape 선은 대량 화물 운송 능력을 바탕으로 석탄 물동량에서도 중요한 역할을 수행하고 있다. 이에 따라, Cape 선이 국내 석탄 물동량 시장과 국제 해운 지수 간에 어떠한 상호작용을 가지는지 분석하고, 변수 간의 선후 관계를 파악하였다. 분석 결과는 <Table 5>와 같다. 검정 결과, BCI와 C5가 각각 Cape 선의 CNO 및 CQTY에 유의미한 영향을 미치지만, 반대로 CNO와 CQTY의 변동이 BDI나 C5의 변동을 설명하는 데는 한계가 있음을 보여준다. 이는 TNO와 TQTY와 같은 결과이며, Cape 선의 주요 화물이 철광석이며, 국내 입찰에서도 그 입찰 수와 화물량이 상대적으로 작기에 이러한 결과가 나온 것으로 해석된다.

<Table 5> Grandeur causality results (cape)

variable pair	Direction	χ^2 stat	P-Val
CNO / BCI	BCI $\Rightarrow$ CNO	5.7703	0.016*
	CNO $\Rightarrow$ BCI	0.31637	0.574
CNO / C5	C5 $\Rightarrow$ CNO	7.4104	0.006**
	CNO $\Rightarrow$ C5	0.12138	0.728
CQTY / BCI	BCI $\Rightarrow$ CQTY	5.9034	0.015*
	CQTY $\Rightarrow$ BCI	0.22503	0.635
CQTY / C5	C5 $\Rightarrow$ CQTY	7.1171	0.008**
	CQTY $\Rightarrow$ C5	0.01011	0.920

note) * : $p < 0.1$, **: $p < 0.05$, *** : $p < 0.01$

IV. 결 론

본 연구는 2010년 1월부터 2024년 9월까지의 한국전력공사의 석탄 SPOT 입찰 데이터와 해상 운임 지수를 활용하여 두 변수 간의 동태적 관계를 실증적으로 분석하였다. 기존의 선행 연구가 해상 운임 지수와 국내 및 글로벌 전체 물동량 간의 관계를 분석하거나 석탄 물동량이 해상 운임 지수의 변동요인의 한 부분으로 파악하는 것에 치우쳐 있었으나, 본 연구에서는 국내의 석탄 수입 SPOT 입찰에 따른 석탄 수요변동에 따라 해상 운임 지수가 실시간으로 변동되는 상호작용을 분석하였다. 이를 위해 국내 석탄 수입 물동량의 약 60%를 차지하는 한국전력공사의 SPOT 입찰 자료와 해상 운임 지수 간 영향력을 검증하였다.

분석 결과에 따르면, 국내 석탄 SPOT 입찰 변수는 Panamax 선의 PNO/BPI, PQTY/BPI 변수를 제외하고, 해상운임지수에 유의미한 영향이 없었으나, 다른 해상운임지수는 입찰 변수에 유의미한 영향을 미치는 것으로 확인되었다. BDI는 Cape 선과 Panamax 선의 입찰 물동량의 합인

TNO 및 TQTY에 대하여 Grandeur 원인으로 작용하며, BCI와 C5 역시 Cape 선의 입찰 수 CNO와 입찰 화물량 CQTY에 유의미한 영향을 주는 것으로 분석되었다.

그러나, BPI는 PNO와 QTY에 대해 1% 유의수준에서 인과관계를 형성하였으며, 반대로 PNO와 PQTY도 5% 유의수준에서 BPI에 영향을 주는 양방향으로 인과관계를 형성하는 것으로 나타났다. 이는 Panamax 선이 국내 석탄 입찰에서 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 실제 Panamax 선의 석탄수송이 실제 다른 선형보다 많은 부분을 차지하고 있는 것에 따른 것으로 유추된다.

이러한 결과는, 해상운임지수와 국내 석탄 입찰에 미치는 영향력은 선형별로 차별적인 것을 확인할 수 있으며, 이는 석탄 입찰에 참여하는 대다수의 해운회사 및 석탄 수입업체의 석탄수송 선형 선택 및 운임전략에 큰 영향을 줄 것으로 기대된다.

그러나, 본 연구는 국내 SPOT 입찰에 따른 해상운임지수의 인과관계 분석에 집중하였으며, 장기계약 및 다른 주요 석탄 수입국인 일본, 중국, 인도 등의 다른 입찰 및 요인들은 고려하지 않았다. 이러한 요인들이 운임 변동에 영향을 미칠 가능성이 있다고 판단되므로, 향후 이러한 장기계약 및 타 국가의 입찰 분석이 같이 진행된다면 석탄 물류에 관계되는 해운회사 및 국내 석탄 수입 업체의 석탄 도입 시기 결정에 기여 할 것으로 기대된다.

References

- An YG and Lee MK(2018). Factor Analysis Affecting on the Charterage of Capesize Bulk Carrier, Korea Trade Research Association, 43(3), 125~145
- An YG(2019). An Analysis of the Major Factors on the Secondhand Ship Sales Volume, Korea Logistics Review, 29(2), 58~94
DOI : 10.17825/klr.2019.29.2.85
- Bae SH, Ha YM and Park KS(2018). An Empirical Study on the Effect of the Factors Influencing on the Dry Bulk Freight Rate, Korea Logistics Review, 28(5), 117~132
<https://doi.org/10.17825/klr.2018.28.5.117>
- Choi KH and Kim BK(2022). Analysis of Dynamic Connectedness between Freight Index and Commodity Price. Journal of Korea Port Economic Association, 38(2), 109~124.
<https://doi.org/10.38121/kpea.2022.3.38.2.49>
- Chung SK and Kim SK(2011). A Study on the Effect of Changes in Oil Price on the Dry Bulk Freight Rates and Intercorrelations between Dry Bulk Freight Rates, Journal of Korea Port Economic Association, 27(2), 217~240
- Clarkson Intelligence Network
<https://sin.clarksons.net>
- David A. Dickey and Wayne A. Fuller(1979). Distribution of the estimators for autoregressive time Series with a Unit Root, Journal of American Statistical Association, 74(366), 427~431
<https://doi.org/10.2307/2286348>
- Dumitrescu EI and Hurlin C(2012). Testing for Granger non-causality in heterogenous panel, Economic Modeling, 29(2), 1450~1460
<https://doi.org/10.1016/j.econmod.2012.02.014>
- IEA(2023). Driving Down Coal Mine Methane Emission, A regulatory roadmap and toolkit
- Kim SH and Chang MH(2020). The Casual Relationship Test between Marine Business Cycle and Shipping Market Using Heterogeneous Mixed Panel Framework. Journal of Korea Port Economic Association, 36(2), 109~124
<https://doi.org/10.38121/kpea.2020.06.36.2.109>
- Ko BW, Choi KW, An YG, Hwang SJ and Kim BJ(2020). Forecasting Shipping Markets Using Time Series Analysis, Korea Maritime Institute, 1~2
- Korea Electric Power Corporation
<https://srn.kepco.net/index.do>
- Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources(2024). Yearbook of Mineral Statics.
- Korea Ocean Business Center
www.kobc.or.kr
- Lee CH, Kim TW and Park KS(2021). Factor Analysis Affecting on Changes in Handysize

- Freight Index and Spot Trip Charterage, Journal of Korea Port Economic Association , 37(2), 73~89
<https://doi.org/10.38121/kpea.2021.06.37.2.73>
- Lee CW, Jang CH and Choi JS(2022). A Study on Dynamic Casuality Analysis of Maritime Freight index and Secondhand Bulk Ship Price, The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 34(5), 765~774.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2022.10.34.5.765>
- Ministry of Trade, Industry and Energy, and Korea Energy Economics Institute(2024). Energy Stastics Monthly Report, 40(12), Seoul, Korea
- Oh HR(2024). A Study of Correlation Between China Coal Imports and Bulk Carrier Freight Indices : Focus on Panamax P5 and Supramax S2/S10, Master's thesis, Chung-Ang University
- Papailias F, Dimitris DK and Liu J(2017). The Baltic Dry Index : Cyclicalities, forecasting and hedging strategies,
- Park SR(2020). Applied Econometrics using Stata, PY book, Seoul, Korea
- Phillips PC. B and Perron P(1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression, Biometrika, 75(2), 335~346
<https://doi.org/10.2307/2336182>
- Son JJ(2022). A Study on the Relationship Between Bituminous Coal Transport and Baltic Dry-bulk Index, Master's thesis, Soongsil University.
-
- Received : 01 April, 2025
 - Revised : 21 April, 2025
 - Accepted : 28 April, 2025