

## 운송수단과 산업구조 간 동태적 인과관계 분석\*

송민주  
영남대학교 무역학부 박사

이희용  
영남대학교 무역학부 부교수

## The dynamic causal relationship between transportation modes and industrial structure

Min-Ju Song<sup>a</sup>, Hee-Yong Lee<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Ph.D, Department of International Economics and Business, Yeungnam University, South Korea.

<sup>b</sup>Associate Professor, Department of International Economics and Business, Yeungnam University, South Korea.

Received 01 October 2021, Revised 27 October 2021, Accepted 28 October 2021

### Abstract

The main purpose of this study is to analyze the causal relationship between import-export goods and transportation modes. To this end, five major commodity groups were selected from 2010 to 2018 such as Machinery and transport equipment (SITC 7), manufactured goods classified chiefly by material (SITC 6), chemicals and related products, n.e.s. (SITC 5), mineral, fuels, lubricants, and related materials (SITC 3), and miscellaneous manufactured articles (SITC 8). And using the panel VECM, the difference between transportation modes such as ports and airports was compared and analyzed through panel granger causality, Impulse response function, Forecasting error variance decomposition.

As a result, it is confirmed that the causal relationship between major product groups and transportation modes showed different causal relationships depending on the characteristics of port and air transportation.

**Keywords:** Port transport, Air Transport, Panel VECM, Panel Granger Causality, Impulse Response Function, Forecast Error Variance Decompositions

**JEL Classifications:** L91, F47 F10, F40

\* This paper is a summary of doctor's thesis of Department of International Economic & Business, Graduate School Yeungnam University

<sup>a</sup> First Author, E-mail: tomboysmj@ynu.ac.kr

<sup>b</sup> Corresponding Author, E-mail: ilugit@ynu.ac.kr

© 2021 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

## I. 서론

세계화에 따른 대내외 환경변화로 물류산업은 국가경쟁력을 판단하는 중요지표로 그 중요성이 강조되고 있으며(Shahbaz, Mallick, Kumar Mahalik and Loganathan, 2015), 사회적, 환경적, 경제적 요인을 포함한 물류환경에 영향을 받으며 다양한 산업구조와의 연관성으로 지속 가능한 발전을 중심으로 성장하고 있다(Lee and Wu, 2014; Liu, Yuan, Hafeez and Yuan, 2018; Schmidtke, Behrendt, Thater and Meixner, 2018). 실제 물류는 국가 및 지역의 산업구조와의 연관성으로 산업변화에 직간접적으로 영향을 받으며(Liu, Yuan, Hafeez, & Yuan, 2018), 단순 포장, 운송, 하역, 보관 등 물류의 기본적인 역할 뿐 아니라 고부가가치를 창출시키는 핵심 산업으로 인식되고 있다(Guner and Coskun, 2012; Christopher, 2016; Bensassi, Márquez-Ramos, Martínez-Zarzoso and Suárez-Burguet, 2015). 이와 함께 국가 간 교역과 글로벌 공급망의 확대 등 물류 관리능력의 필요성이 높아지면서 세계 각국에서는 물류효율성 향상을 위한 국가차원의 노력을 기울이고 있다.

물류의 기능 중 가장 큰 비중을 차지하는 운송은 제품생산부터 소비까지 제품 이동에 필요한 직간접적인 활동을 포함하며, 항만, 공항, 도로, 철도의 단순 운송수단의 개념이 아닌 운송의 효율적 운영을 위한 복합운송의 개념으로 주목을 받고 있다. 복합운송은 2가지 이상의 운송수단을 활용하여 제품을 운송하는 것으로 체계적이고 효율적인 물류네트워크 구축을 통해 국가 경쟁력을 제고할 수 있기 때문에 국가 물류경쟁력을 평가하는 핵심요인으로 활용되고 있다(Song and van Geenhuizen, 2014).

하지만 이러한 물류산업 성장에 따른 운송의 역할 증대는 경제성장을 통한 국가경쟁력 향상 뿐만 아니라 운송활동으로 인한 환경적, 사회적, 정치적 문제를 가속화 시키고 있다. 세계경기침체에 따른 경제성장 둔화, 지구온난화에 따른 환경문제 등의 문제가 대두되면서 물류와 운송의 기능과 역할이 확대되고 있으며(Lee Cheong-hun, 2018), 운송수단의 선택은

물류비용과 시간을 절감하고 물류효율성을 높이는 방법 중 하나로 인식되고 있기 때문이다(Abbasi and Nilsson, 2016). 결국 물류환경변화에 대응하기 위해서는 운송수단별 특성에 따른 차별화된 전략방안 수립이 필요하며, 이를 위해서는 거시적 관점의 접근보다 미시적 관점에서 좀 더 세분화된 분석이 필요할 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 우리나라를 기준으로 물류효율성 제고를 위해 고려해야할 산업구조와 운송수단별 인과관계를 확인하고자 한다. 우리나라는 수출주도형 경제성장 정책으로 국제무역과 밀접한 관계를 가지며 이를 바탕으로 높은 경제성장을 달성하였지만, 국가차원의 지속 가능한 발전을 위해서는 물류환경 변화의 새로운 패러다임에 대한 검토가 우선적으로 이루어져야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 변수 간 동태적 인과관계 분석에 사용되는 Panel VECM 모형을 활용하여 우리나라 산업구조와 운송수단 간 인과관계를 분석하고자 하였으며, 2010년부터 2018년까지 우리나라 주요 수출입품목에 대한 물동량을 중심으로 해상운송, 항공운송 간 차이점을 비교·분석하고자 한다.

본 연구의 구성은 서론에 이어 II장에서는 운송수단별 분석을 위한 기존 선행연구들을 살펴보고 III장에서는 분석자료와 연구모형에 대한 내용을 파악하고자 한다. 이후 IV장에서는 Panel VECM 모형의 분석절차에 따라 운송수단별 산업구조와의 동태적 인과관계를 분석하고 마지막 V장에서 결론 및 시사점을 제시한다.

본 연구의 주된 목적은 국가경쟁력 제고 및 경제성장을 위한 운송수단별 산업과의 연관성을 비교·분석하는데 있으며, 향후 본 연구의 결과를 통해 우리나라 물류효율성 향상을 통한 물류산업의 발전정책과 전략수립을 위한 이론적, 정책적 시사점을 제시할 수 있을 것이라 기대된다.

## II. 선행연구

물류효율성은 급변하는 글로벌 환경속에서 물류비용과 시간을 절감시키고 관련 서비스를

개선하는 등 무역활성화를 통한 국가경쟁력과 경제성장의 핵심요인으로 인식되고 있다(Liu, Yuan, Hafeez and Yuan, 2018; Mariano, Gobbo, Camioto and Rebelatto, 2017; Meersman and Nazemzadeh, 2017; Wang, Wood, Wang, Geng and Long, 2020).

특히, 경제활동으로 이루어지는 국제무역에서 화물 이동을 위한 운송의 중요성이 높아지면서 물류효율성에 대한 효율적 운영·관리가 필수적으로 요구되고 있다(Behar and Venables, 2011; Nasreen, Mbarek, and Atiq-ur-Rehman, 2020). 국가 간 교통과 정보통신의 발달로 물류 네트워크가 확대되고, 이에 따른 운송수단의 중요성이 커지면서 운송은 무역의 규모와 특성을 결정하는 중요한 요인으로 인식되고 있기 때문이다(Mirzaei and Parsa, 2019). 결국 경제성장을 촉진하는 운송의 역할이 증대되면서(Jaramillo, Freund, Arvis, Wiederer, Ojala and Kiiski, 2018; Kiracý and Akan, 2020, Tavasszy, 2020; Cho and Lee, 2020) 운송수단은 물류효율성 제고를 위한 필수요인으로 인식되고 효율성 제고의 관점에서 운송수단의 선택 문제를 포함하게 되었다(Hausman, Lee, Reis and Subramanian, 2013).

실제 물류와 운송인프라의 수용능력이 한계에 다다르고(Müller, Nazarian, Koch and Schatzker, 2012) 지구온난화에 따른 환경문제가 심화되는 상황에서 운송수단과 관련 인프라는 수직적, 수평적 협력을 통해 상호의존적으로 변화하고 있다(Ivanov and Dolgui, 2020a, Pan, Uddin, Saima, Jiao and Han, 2019a). 복잡하고 다양해지는 물류네트워크 환경 속에서 항만, 항공, 도로, 철도 등의 운송수단의 역할과 기능이 점차 확대되고(Macharis and Bontekoning, 2004; Maparu and Mazumder, 2020), 이에 따라 국제무역의 영향력 또한 크게 달라질 수 있기 때문이다(Song and van Geenhuizen, 2014; Wang, Kim and Kim, 2021). 최근의 연구 또한 기존의 물류비용과 리드타임, 효율성에 대한 연구에서 환경문제, 사회적 책임, 비즈니스 윤리 등 지속가능한 물류를 중심으로 주요 쟁점이 변화하고 있다(Thomson and Bebbington, 2013; Lee and Wu, 2014; Bask and Rajahonka,

2017). 지속가능한 물류를 위해서는 환경문제를 줄이고 경제적, 사회적 이익을 높이는 활동이 필요하며 이를 위해서는 물류에서 가장 큰 비중을 차지하는 운송수단의 효율적 운영·관리가 우선적으로 고려되어야 하기 때문이다.

이에 연구에서는 무역의존도가 높은 우리나라를 중심으로 물류효율성 제고를 위해 고려해야 할 운송수단과 산업구조 간 인과관계를 분석하고자 한다.

우리나라는 수출주력 품목에 대한 높은 의존도로 인해 대내외 환경변화에 민감하며 그 파급력 또한 높은 편이다. 국내 생산재화를 수출함과 동시에 국내 소비와 생산에 필요한 재화를 수입하기 때문에 경제활동의 대부분을 무역에 의존하고 있기 때문이다. 이러한 무역구조는 수출입물동량의 변화에 따라 글로벌 공급망 재편은 물론 운송수단의 기능과 역할의 변화를 촉진할 수 있기 때문에 물류효율성 제고를 위해 고려해야 할 산업이 무엇인지 관련 품목과 운송수단 간 연관성을 파악할 필요성이 높아지고 있다(Liljestr, Christopher and Andersson, 2015). 또한 수출시장의 다변화, 글로벌 공급망 변화 등으로 수출의존도 문제가 증가하고 있는 우리나라 물류산업에 대한 이해와 관련 대책 마련을 위해 품목별, 수출입별, 운송수단별 자료를 이용하여 구체화된 분석을 진행했다는 점에서 연구의 차별성을 가진다.

이를 위해 2010년부터 2018년까지 우리나라와 교역중인 161개의 국가를 대상으로 상위 5개 수출입 품목인 SITC 7(기계 및 운수장비), SITC 6(재료별 제조제품), SITC 5(화학물 및 관련제품), SITC 8(기타 제조제품), SITC 3(광물성연료, 운할유 및 관련물질) 교역액 자료를 활용하여 운송수단 간 인과관계를 분석하고자 한다. 국제운송은 해상, 항공, 도로, 철도 등의 다양한 운송수단을 통해 이루어지지만 우리나라의 경우 지리적 여건상 해상과 항공으로 제한되기 때문에 본 연구에서는 이러한 점을 반영하여 해상운송과 항공운송을 중심으로 분석의 수행하고자 한다.

Table 1. Descriptive Statistics

	Mean	Median	Maximum	Minimum	Std.Dev.
lnPort	12.962	13.020	8.940	1.609	2.671
lnAir	10.400	10.105	18.421	0.693	3.026
ln7TRA_US	11.967	12.080	18.772	-	2.930
ln6TRA_US	10.551	10.843	17.327	-	3.200
ln5TRA_US	10.501	10.513	17.624	0.693	2.775
ln8TRA_US	9.605	9.468	7.467	-	3.105
ln3TRA_US	7.882	7.817	17.465	-	5.339

### Ⅲ. 자료 및 분석방법

#### 1. 자료

우리나라 산업구조와 운송수단간 인과관계를 분석하기 위해 2010년부터 2018년까지 우리나라와 교역중인 161개 국가를 대상으로 수출입 상위 5개 품목과 해상운송, 항공운송의 교역액 자료를 활용하였다. 우리나라 연도별 수출입 현황을 분석한 결과 수출에서 가장 높은 비중을 차지하는 품목은 기계 및 운수장비(SITC 7)로 전체의 56.3% 비중을 차지하고 있으며, 수입에서는 기계 및 운수장비(SITC 7)와 광물성 연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3)로 각각 26.1%의 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 또한 주요 5개 품목인 SITC 7(기계 및 운수장비), SITC 6(재료별 제조제품), SITC 5(화학물 및 관련제품), SITC 3(광물성연료, 운할유 및 관련물질), SITC 8(기타 제조제품)이 전체 수출입의 80%이상을 비중을 차지하는 것으로 나타나 관련 품목을 중심으로 분석을 진행하고자 한다.

종속변수는 해상운송과 항공운송의 교역액, 독립변수는 기계 및 운수장비(SITC 7), 재료별 제조제품(SITC 6), 화학물 및 관련제품(SITC 5), 기타 제조제품(SITC 8), 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3)의 교역액으로 한국무역협회 수출입자료를 이용하였다.

분석에 사용된 변수의 기술통계량은 <Table 1>과 같으며 우리나라 해상운송 평균은 12.962, 항공운송 평균은 10.400으로 나타났다. 수출입품목별 평균은 기계 및 운수장비

(SITC 7)은 11.967, 재료별 제조제품(SITC 6)은 10.551, 화학물 및 관련제품(SITC 5)는 10.501, 기타 제조제품(SITC 8)은 9.605, 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3)은 7.882로 나타났다.

#### 2. 연구모형

운송수단별 산업구조와의 연관성을 비교·분석하기 위해 해상운송과 항공운송으로 나누어 분석을 진행하였다. 일반 회귀분석과 비슷한 형태를 가지고 있지만 분석모형 내 변수들간의 상호작용 및 인과관계 분석에 적합한 모형인 벡터자기회귀모형(Vector Autoregressive: VAR)과 벡터오차수정모형(Vector Error Correction model : VECM) 적합한 모형을 선정하여 분석을 진행하고자 한다.

분석을 위해 채택된 방정식의 일반적인 형태는 다음과 같이 구성된다.

$$\begin{aligned}
 PORT_{it} &= \int (ln7TRA\_US_{it} , \\
 &ln6TRA\_US_{it} , ln5TRA\_US_{it} , ln8TRA\_ \\
 &US_{it} , ln3TRA\_US_{it} ) \\
 AIR_{it} &= \int (ln7TRA\_US_{it} , ln6TRA\_ \\
 &US_{it} , ln5TRA\_US_{it} , ln8TRA\_US_{it} , \\
 &ln3TRA\_US_{it} )
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$PORT_{it}$ 는 우리나라 해상운송 수출입액,  $AIR_{it}$ 는 항공운송 수출입액을 나타내며,

**Table 2.** Panel unit root test

	LLC	ADF_Fisher	PP-Fisher	
Level	lnPORT	24.314	173.613	202.464
	lnAIR	4.559	196.512	231.253
	ln7TRA_US	1.911	218.475	245.395
	ln6TRA_US	2.763	271.185	328.036
	ln5TRA_US	10.315	123.511	124.232
	ln8TRA_US	9.056	157.689	171.484
	ln3TRA_US	0.773	216.004	232.740
First Difference	lnPORT	- 43.817***	1,515.550***	1,595.670***
	lnAIR	- 33.118***	1,350.430***	1,395.020***
	ln7TRA_US	- 43.380***	1,493.060***	1,540.390***
	ln6TRA_US	- 34.873***	1,377.020***	1,468.570***
	ln5TRA_US	- 36.371***	1,354.700***	1,441.040***
	ln8TRA_US	- 37.011***	1,381.140***	1,577.940***
	ln3TRA_US	- 55.772***	1,390.650***	1,452.090***

Notes: \*p<.1, \*\* p<.05; \*\*\* p<.01

ln7TRA\_  $US_{it}$  는 기계 및 운수장비(SITC 7), ln6TRA\_  $US_{it}$  는 재료별 제조제품(SITC 6), ln5TRA\_  $US_{it}$  는 화학물 및 관련제품(SITC 5), ln8TRA\_  $US_{it}$  는 기타 제조제품(SITC 8), ln3TRA\_  $US_{it}$  는 광물성연료, 운할유 및 관련 물질(SITC 3)을 나타낸다. 변수 단위의 표준화 문제와 분포의 안정화를 위해 자연로그를 적용하면 식(2)와 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \ln PORT_{it} &= \alpha_0 + \alpha_1 \ln 7TRA\_US_{it} \\
 &+ \alpha_2 \ln 6TRA\_US_{it} + \alpha_3 \ln 5TRA\_US_{it} \\
 &+ \alpha_4 \ln 8TRA\_US_{it} + \alpha_5 \ln 3TRA\_US_{it} \\
 &+ \varepsilon_{it} \\
 \ln AIR_{it} &= \beta_0 + \beta_1 \ln 7TRA\_US_{it} \\
 &+ \beta_2 \ln 6TRA\_US_{it} + \beta_3 \ln 5TRA\_US_{it} \\
 &+ \beta_4 \ln 8TRA\_US_{it} + \beta_5 \ln 3TRA\_US_{it} \\
 &+ \varepsilon_{it}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

여기서  $\alpha_0, \beta_0$ 는 해상운송과 항공운송의 절편항,  $\varepsilon_{it}$  는 오차항으로 모형에서 관측되지 않은 변수나 측정상의 오차 등 다양한 요인으로 발생하는 불확실성을 포함한다. 또한  $i$  는 우리나라와 교역중인 161개 국가,  $t$  는 2010년부터 2018년까지 분석년도를 나타낸다.

### III. 실증분석

#### 1. 패널 단위근 검정

패널 단위근 검정은 시계열과 횡단면 자료를 결합한 패널 데이터의 안정성 여부를 확인하는 검증방법으로 LLC검정(Levin-Lin-Chu test)의 t-통계량(Levin et al., 2002), ADF-F검정(Augmented Dickey-Fuller)(Dickey and Fuller, 1979), PP-F검정(Fisher Phillips-Perron)(PHILLIPS and PERRON, 1988)의 Chi-square검정을 적용하여 분석을 진행한다.

분석을 위해 우리나라 해상운송과 항공운송,

**Table 3.** Panel Co-integration test

	PORT Model	
	Statistic	Weighted Statistic
Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)		
Panel v-Statistic	- 4.610	- 7.058
Panel rho-Statistic	10.856	11.048
Panel PP-Statistic	- 10.756***	- 16.485***
Panel ADF-Statistic	- 7.740***	- 10.227***
Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)		
Group rho-Statistic	15.969	
Group PP-Statistic	- 30.579***	
Group ADF-Statistic	- 13.873***	

Notes: \* $\rho < 0.1$ , \*\*  $\rho < 0.05$ ; \*\*\*  $\rho < 0.01$

기계 및 운수장비(SITC 7), 재료별 제조제품(SITC 6), 화학물 및 관련제품(SITC 5), 기타 제조제품(SITC 8), 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3) 교역액에 대한 단위근 검정을 수행하였다.

패널 단위근 검정결과, 수준변수에서는 단위근이 존재한다는 귀무가설을 채택하면서 불안정한 자료임을 확인할 수 있었다. 하지만 1차 차분 이후에는 1%의 유의수준에서 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하면서 안정적인 자료로 변화되었음을 보여주고 있다.

## 2. 패널 공적분 검정

패널 공적분 검정은 변수 사이의 장기균형관계를 확인하는 검증방법으로 Pedroni검정(1999, 2004), Kao검정(1999), Fisher-type Johansen검정(Maddala-Wu(1999)) 등의 검정방법을 포함한다. 공적분이 존재한다는 것은 자료의 안정성은 만족하지 못하지만, 변수 간 선형결합으로 장기균형관계를 가지고 있다고 판단되는 경우를 의미한다. 만약 변수들 간의 단위근이 존재하고 이들의 공적분 관계가 확인된다면 장기적 오차가 더 이상 커지지 않도록 오차수정과정정이 필요하며, 이 경우 패널 VAR모

형 보다 패널 VECM 모형을 활용하는 것이 적합하다.

종속변수인 해상운송과 항공운송, 독립변수인 기계 및 운수장비(SITC 7), 재료별 제조제품(SITC 6), 화학물 및 관련제품(SITC 5), 기타 제조제품(SITC 8), 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3) 변수 모두 안정적인 자료임을 확인하였으며, 변수들 간 장기적인 균형관계 유무를 판단하기 위해 패널 공적분 검정을 실시하였다. Pedroni(1999, 2004)검정을 활용한 해상운송과 항공운송의 장기 균형관계 분석결과는 <Table 3>와 <Table 4>와 같다.

해상운송의 패널 공적분 검정 결과, 총 7개의 통계량 중 4개의 통계량에서 1%의 유의수준에서 공적분이 존재하지 않는다는 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택함으로써 변수 간 장기균형관계가 존재한다는 것을 확인할 수 있었다.

항공운송 또한 해상운송의 패널 공적분 검정결과와 마찬가지로 총 7개의 통계량 중 4개의 통계량에서 공적분이 존재한다는 대립가설을 채택하면서 변수 간 장기균형관계가 존재함을 확인할 수 있었다. 패널 공적분 검정결과, 해상운송과 항공운송 모두 변수들 간 장기적인 균형관계가 존재함을 확인할 수 있었다.

**Table 4.** Panel Co-integration test

	AIR Model	
	Statistic	Weighted Statistic
Alternative hypothesis: common AR coefs. (within-dimension)		
Panel v-Statistic	- 5.559	- 7.816
Panel rho-Statistic	11.105	11.332
Panel PP-Statistic	- 9.177***	- 19.051***
Panel ADF-Statistic	- 6.435***	- 10.553***
Alternative hypothesis: individual AR coefs. (between-dimension)		
Group rho-Statistic	16.412	
Group PP-Statistic	- 29.773***	
Group ADF-Statistic	- 12.328***	

Notes: \*p<.1, \*\* p<.05; \*\*\* p<.01

**Table 5.** Panel Granger causality analysis (Port)

	Short-run						Long-run
	D(lnPort)	D(ln7tra)	D(ln6tra)	D(ln5tra)	D(ln8tra)	D(ln3tra)	$ETC_{it-1}$
D(lnPORT)	-	1.294	69.847***	10.253***	11.756***	1.601	-0.040*** [-2.600]
D(ln7TRA_US)	5.975*	-	23.018***	2.818	9.699***	0.092	-0.017 [-0.948]
D(ln6TRA_US)	4.051	4.962*	-	7.401**	5.144*	5.971*	0.066*** [ 3.388]
D(ln5TRA_US)	12.820***	3.223	23.981***	-	8.618**	0.574	0.004 [-0.292]
D(ln8TRA_US)	6.922**	2.826	0.608	4.421	-	5.896*	-0.100*** [-5.771]
D(ln3TRA_US)	1.113	0.711	1.303	0.463	2.704	-	-0.138** [-2.234]

### 3. 패널 그랜저 인과관계

패널 그랜저 인과관계는 변수들 사이의 단기·장기 인과관계를 분석하는 것으로 변수들 간의 인과관계 방향성을 확인하여 원인과 결과를 확인하는 검정방법이다(Choi Bong-Ho and Kim Sang-Choon, 2010). 패널 그랜저 인과관계 분석결과 대립가설을 채택하게 되면 변수 간 인과관계가 존재하는 것으로 해석 할 수 있

다(Lee Hyum-Mi and Chun Hae-Jung, 2020).

이전 단계의 패널 공적분 검증을 통해 변수 간 장기균형관계가 있음을 확인하였으며 이에 패널 VECM모형을 활용하여 패널 그랜저 인과관계분석을 진행하였다. 운송수단별 패널 그랜저 인과관계 검정 결과는 <Table 5>과 <Table 6>와 같다.

먼저, 해상운송의 단기 인과관계 분석결과, 양방향 인과관계를 가지는 변수는 기계 및 운

**Table 6.** Panel Granger causality analysis (Air)

	Short-run						Long-run $ETC_{it-1}$
	D(lnAir)	D(ln7tra)	D(ln6tra)	D(ln5tra)	D(ln8tra)	D(ln3tra)	
D(lnAIR)	-	1.600	11.781***	6.885**	2.741	1.084	- 0.045*** [-2.713]
D(ln7TRA_US)	1.811	-	5.352*	0.067	1.238	1.064	0.043** [1.985]
D(ln6TRA_US)	9.004**	3.430	-	3.814	4.211	7.980**	- 0.053** [-2.370]
D(ln5TRA_US)	3.654	1.348	3.060	-	1.960	1.866	0.072*** [4.234]
D(ln8TRA_US)	13.353***	2.535	3.894	1.271	-	4.847*	0.100*** [4.820]
D(ln3TRA_US)	2.226	2.083	4.978*	2.633	8.836**	-	- 0.015 [-1.196]

수장비(SITC 7)↔재료별 제조제품(SITC 6), 재료별 제조제품(SITC 6)↔화학물 및 관련제품(SITC 5), 해상운송↔화학물 및 관련제품(SITC 5), 해상운송↔기타 제조제품(SITC 8)에서 단기 양방향 인과관계를 가지는 것으로 나타났다.

장기 인과관계 분석결과, 1%와 5% 유의수준에서 해상운송, 기타 제조제품(SITC 8), 광물성연료, 유탄유 및 관련물질(SITC 3)의  $ETC_{it-1}$  결과가 음수(-)로 나타나 변수 간 장기 인과관계가 있음을 확인할 수 있었다. 그 중 장기 양방향 인과관계를 가지는 변수는 해상운송↔기타 제조제품(SITC 8), 기타 제조제품(SITC 8)↔광물성연료, 유탄유 및 관련물질(SITC 3), 광물성연료, 유탄유 및 관련물질(SITC 3)↔해상운송과 장기 양방향 인과관계가 있음을 확인할 수 있었다.

항공운송의 단기 인과관계 분석결과, 양방향 인과관계를 가지는 변수는 항공운송↔재료별 제조제품(SITC 6), 재료별 제조제품(SITC 6)↔광물성연료, 유탄유 및 관련물질(SITC 3), 광물성연료, 유탄유 및 관련물질(SITC 3)↔기타 제조제품(SITC 8)로 양방향의 인과관계를 확인할 수 있었다.

장기 인과관계 분석결과에서는 1%와 5% 유

의수준에서 항공운송과 재료별 제조제품(SITC 6)의  $ETC_{it-1}$  결과가 음수(-)로 나타나 변수 간 장기 인과관계가 있음을 확인할 수 있었다. 그 중 장기 양방향 인과관계를 가지는 변수는 항공운송↔재료별 제조제품(SITC 6)에서 양방향 인과관계를 확인할 수 있었다.

#### 4. 충격반응함수

충격반응함수는 오차수정모형의 추정계수를 바탕으로 분석모형의 특정변수에 일정한 충격이 가해졌을 때 자체 변수와 다른 변수에 미치는 영향을 분석한 모형이다(AHN, Kyung-Ae, 2017; Chen Bin and Lee Ki-Seong, 2017). 이를 통해 특정변수의 변화로 시간에 따라 달라지는 모형 내 변수들의 방향과 지속성을 확인할 수 있다.

패널 그랜저 인과관계 검정의 경우, 모형 내 변수들 간 인과관계의 방향성에 대한 정보만을 제공하기 때문에 이들 변수에 미치는 동태적 영향에 대한 정보는 확인할 수 없다. 이에 변수 간 동태적 영향력을 확인하기 위해서는 변수 간 상호 연관관계나 파급효과를 파악하는데 용이한 충격반응함수를 살펴볼 필요가 있다.



이에 패널 VECM모형을 활용하여 충격반응 함수 분석을 실시하였으며, 해상운송과 기계 및 운수장비(SITC 7), 재료별 제조제품(SITC 6), 화학물 및 관련제품(SITC 5), 기타 제조제품(SITC 8), 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3)의 충격반응함수 추정 결과는 <Fig 1>와 같다.

1행 1열의 그래프는 해상운송과 나머지 변수들과의 관계를 나타내고 있으며 기계 및 운수장비(SITC 7) 충격에 대한 해상운송의 반응은 양(+)의 관계를 보이며 3기까지 증가하는 추세를 보이다 서서히 안정화되는 모습을 보이고 있다. 2행 1열은 기계 및 운수장비(SITC 7)와 나머지 변수들과의 관계를 나타내는 그래프로 재료별 제조제품(SITC 6)의 충격에 대한 기계 및 운수장비(SITC 7)의 반응은 양(+)의 관계를 나타내며 3기까지 증가하는 추세를 보이다 3기에서 4기까지 감소하였지만 4기부터 10기까지 서서히 안정화되는 것으로 나타났다. 재료별 제조제품(SITC 6)과 나머지 변수들과의 관계를 나타내는 1행 2열의 그래프는 재료별 제조제품(SITC 6)와 나머지 변수들과의 관계를 나타내고 있으며 해상운송 충격에 대한 재료별 제조제품(SITC 6)의 반응은 3기까지 감소하여 음(-)의 관계를 보였으나 4기까지 급격하게 상승하면서 5기부터는 점차 안정화되는 모습을 보이고 있다.

2행의 2열은 화학물 및 관련제품(SITC 5)과 나머지 변수들과의 관계를 나타내는 그래프로 해상운송의 충격에 따른 화학물 및 관련제품(SITC 5)의 반응은 3기까지 감소하는 추세를 보이다 3기부터 서서히 안정화 되는 것으로 나타났다.

1행 3열은 기타 제조제품(SITC 8)과 나머지 변수들과의 관계를 나타낸 그래프로 해상운송의 충격에 대한 기타 제조제품(SITC 8)의 반응은 서서히 감소하며 7기 이후부터는 음(-)의 관계를 나타내고 있다. 그 외 기계 및 운수장비(SITC 7), 재료별 제조제품(SITC 6), 화학물 및 관련제품(SITC 5)의 충격에 따른 기타 제조제품(SITC 8)의 반응은 증감의 추세를 반복하며 서서히 증가하는 양(+)의 효과를 보여주고 있다. 마지막으로 2행 3열은 운할유 및 관련물질(SITC 3)과 나머지 변수들과의 관계를 나타내

는 그래프로 해상운송의 충격에 대한 운할유 및 관련물질(SITC 3)의 반응은 양(+)의 관계로 3기까지 감소하는 추세를 보였으나 서서히 안정화 되는 추세를 나타내고 있다.

항공운송과 기계 및 운수장비(SITC 7), 재료별 제조제품(SITC 6), 화학물 및 관련제품(SITC 5), 기타 제조제품(SITC 8), 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3)의 충격반응함수 추정결과는 <Fig 2>와 같다.

1행 1열의 그래프는 항공운송과 나머지 변수들과의 관계를 나타내고 있으며 기타 제조제품(SITC 8)의 충격에 대한 해상운송의 반응은 3기까지 감소하여 음(-)의 관계를 나타내고 있으나 서서히 증가하여 4기부터 양(+)의 관계를 보여 주고 있다. 2행 1열의 그래프는 기계 및 운수장비(SITC 7)와 나머지 변수들과의 관계를 나타내고 있으며 기타 제조제품(SITC 8) 충격에 따른 기계 및 운수장비(SITC 7)의 반응은 서서히 감소하는 추세를 보이며 음(-)의 관계를 나타내고 있다. 반대로 재료별 제조제품(SITC 6)은 2기부터 3기까지 상승하는 추세를 보이다 양(+)의 관계를 나타내며 서서히 안정화되는 모습을 보이고 있다.

2행의 1열은 재료별 제조제품(SITC 6)와 나머지 변수들과의 관계를 나타내고 있는 그래프로 항공운송의 충격에 따른 재료별 제조제품(SITC 6)반응은 양(+)의 관계를 나타내고 있으며 2기부터 3기까지 증가하였다 4기까지 감소하는 추세를 보이고 있으며 이후 서서히 안정화되는 모습일 보이고 있다. 기계 및 운수장비(SITC 7)와 화학물 및 관련제품(SITC 5)의 충격에 대한 재료별 제조제품(SITC 6)의 추세는 동일하게 나타나고 있으며 2기까지 증가하는 추세를 보이다 3기에는 감소하는 모습을 나타내고 있다. 2행 2열의 그래프는 화학물 및 관련제품(SITC 5)에 대한 나머지 변수들과의 관계를 나타내고 있으며 항공운송과 재료별 제조제품(SITC 6)은 양(+)의 관계를 나타내며 2기에서 3기까지 감소하는 추세를 보이다 3기부터 10기까지 서서히 증가하는 추세를 나타내고 있다. 그 외 기계 및 운수장비(SITC 7), 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3), 기타 제조제품(SITC 8)은 음(-)의 관계를 나타내고 있다.

Fig. 1. Impulse response function (PORT)

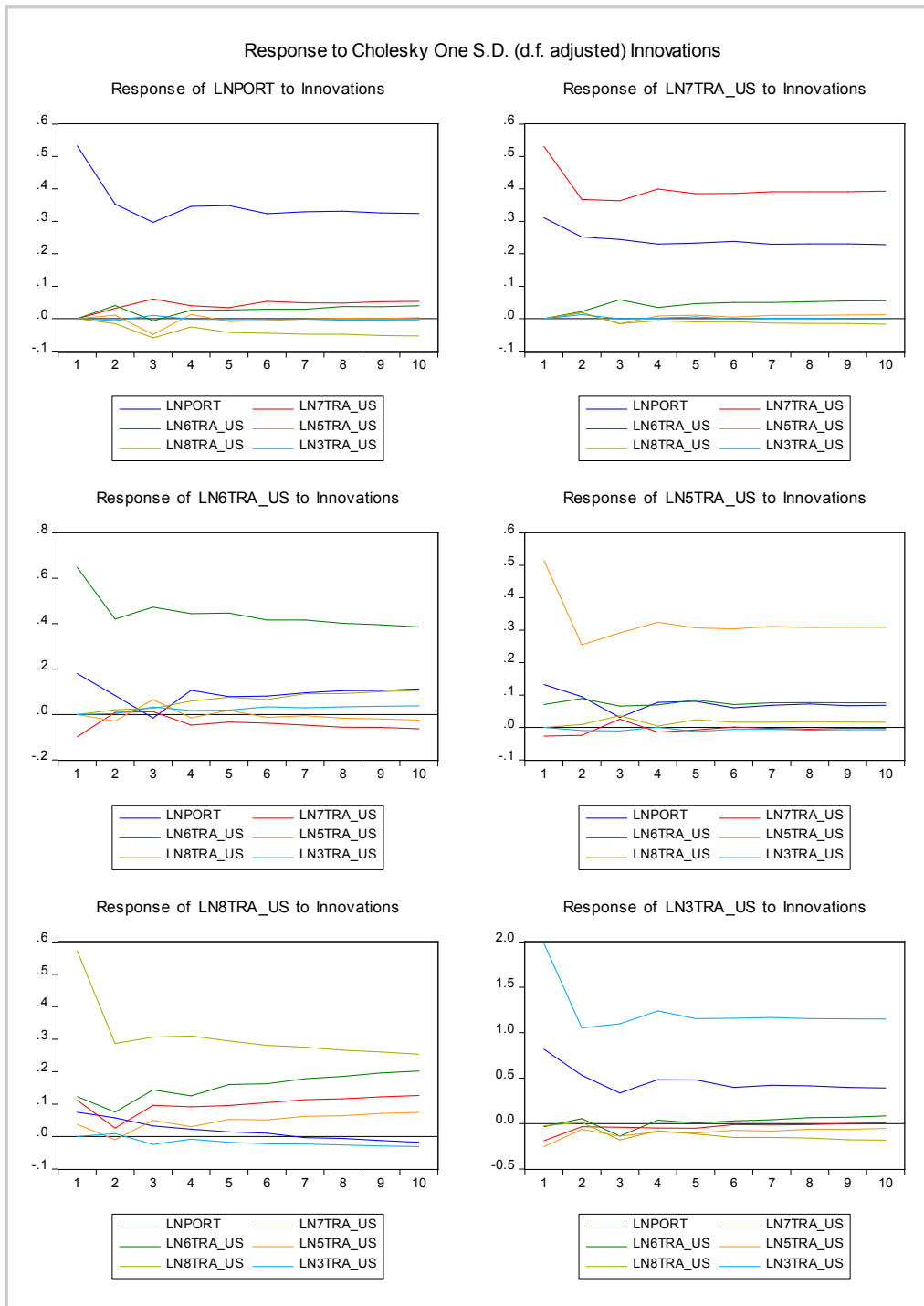
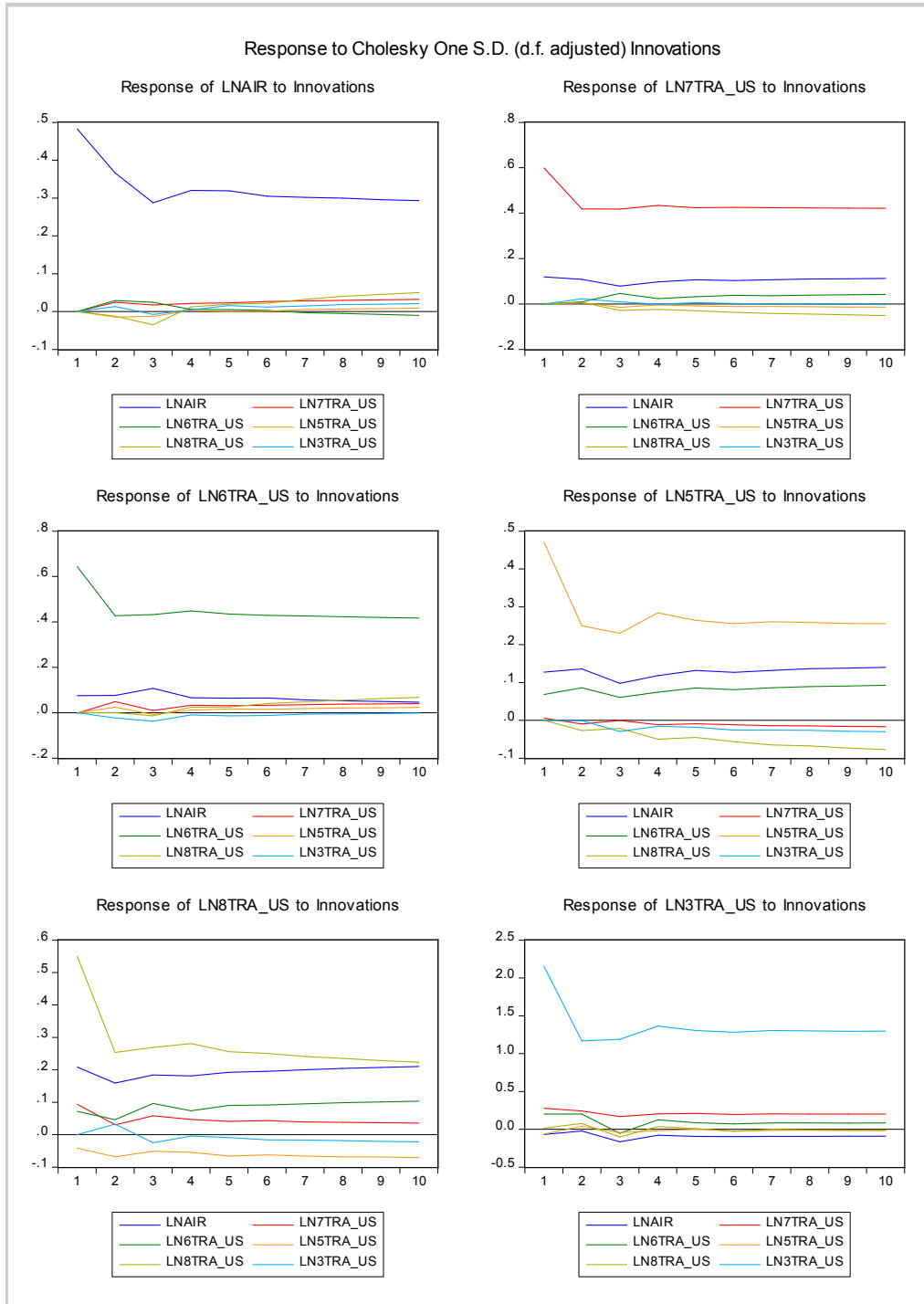


Fig. 2. Impulse response function (AIR)



**Table 7. Forecast Error Variance Decomposition (PORT)**

Period	lnPORT	ln7TRA_US	ln6TRA_US	ln5TRA_US	ln8TRA_US	ln3TRA_US
1	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	99.266	0.238	0.401	0.028	0.058	0.009
3	97.501	0.910	0.333	0.491	0.738	0.028
4	97.500	0.983	0.372	0.423	0.699	0.023
5	97.417	0.970	0.406	0.363	0.824	0.020
6	97.082	1.177	0.450	0.321	0.952	0.018
7	96.858	1.280	0.486	0.284	1.075	0.016
8	96.639	1.356	0.561	0.254	1.173	0.017
9	96.388	1.456	0.622	0.230	1.287	0.017
10	96.138	1.549	0.690	0.211	1.394	0.018

기타 제조제품(SITC 8)와 나머지 변수들과의 관계를 나타내는 1행 3열의 그래프에서 광물성 연료, 유탄유 및 관련물질(SITC 3)의 충격에 대한 기타 제조제품(SITC 8)의 반응은 2기까지는 증가하는 추세를 보이고 있지만 3기까지 감소하며 음(-)의 관계를 나타내고 있다. 재료별 제조제품(SITC 6)과 해상운송은 양(+)의 관계로 동일한 추세를 보이고 있으며 2기까지 감소하는 추세를 보였지만 3기까지 상승하며 이후 10기까지 서서히 증가하는 모습을 보이고 있다. 2행 3열의 그래프는 광물성연료, 유탄유 및 관련물질(SITC 3)과 나머지 변수들과의 관계를 나타내고 있으며 재료별 제조제품(SITC 6) 충격에 따른 화학물 및 관련제품(SITC 5)의 반응은 3기까지 감소하다 4기까지 증가하면서 점차 안정화되는 모습을 보이고 있다.

## 5. 예측오차분산분해

예측오차분산분해는 특정 변수에 대한 상대적 중요성을 파악하는 방법으로 자신과 다른 변수에 의해 설명되는 정도를 적정비율로 산정하여 나타낸 것이다. 이는 변수들 간의 인과관계를 확인할 수 없지만, 특정 변수의 충격이 다른 변수의 예측력에 장·단기적으로 얼마나 설

명하고 있는지 확인할 수 있다(Park Chuh-wan and Han Jinmi, 2008).

해상운송의 경우 1기에는 자체교란에 의해 100%로 설명되고 있으며, 그 외 변수들에 대해서는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 10기에서의 자체 설명력은 96.138%, 기계 및 운수장비(SITC 7)은 1.549%, 기타 제조제품(SITC 8)은 1.394% 순으로 높은 설명력을 나타내고 있다. 그 중 기계 및 운수장비(SITC 7)은 해상운송에 대한 영향력이 가장 높은 변수로 나타났다. 기계 및 운수장비(SITC 7)과 기타 제조제품(SITC 8) 모두 시간의 흐름에 따라 그 영향력이 높아지고 있는 것으로 확인되었다.

항공운송 또한 1기에는 자체교란에 의해 100%로 설명되고 있으며, 그 외 변수들에 대해서는 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 10기에서의 자체 설명력은 98.208%, 기타 제조제품(SITC 8)은 0.850%, 기계 및 운수장비(SITC 7)은 0.555% 순으로 높은 설명력을 나타내고 있다. 그 중 기타 제조제품(SITC 8)은 항공운송에 대한 영향력이 가장 높은 변수로 나타났으며, 기타 제조제품(SITC 8)과 기계 및 운수장비(SITC 7) 모두 시간의 흐름에 따라 꾸준히 그 영향력이 높아지고 있는 것으로 확인되었다.

**Table 8.** Forecast Error Variance Decomposition (AIR)

Period	lnAIR	ln7TRA_US	ln6TRA_US	ln5TRA_US	ln8TRA_US	ln3TRA_US
1	100.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	99.458	0.161	0.232	0.060	0.041	0.048
3	99.044	0.198	0.323	0.084	0.301	0.051
4	99.100	0.244	0.268	0.070	0.272	0.046
5	99.065	0.285	0.230	0.059	0.285	0.075
6	99.006	0.343	0.203	0.052	0.312	0.084
7	98.871	0.398	0.181	0.050	0.400	0.100
8	98.677	0.450	0.166	0.049	0.531	0.127
9	98.455	0.504	0.157	0.051	0.681	0.152
10	98.208	0.555	0.154	0.054	0.850	0.179

## V. 결론 및 시사점

본 연구는 물류효율성 제고를 위해 고려해야 할 산업과 운송수단 간 인과관계를 분석하여 국가경쟁력 향상을 위한 전략적 시사점을 제공하는데 목적이 있다. 이를 위해 2010년부터 2018년까지 우리나라와 교역중인 161개 국가를 대상으로 항공운송, 해상운송 그리고 우리나라 수출입 상위 5개 품목인 기계 및 운수장비(SITC 7), 재료별 제조제품(SITC 6), 화학물 및 관련제품(SITC 5), 기타 제조제품(SITC 8), 운할유 및 관련물질(SITC 3) 교역액에 대한 패널 자료를 구축하였다. 이후 패널 VECM모형을 활용하여 패널 그랜저 인과관계, 충격반응함수, 예측오차분산분해 등을 진행하였으며 이들 변수 간 연관성을 확인하였다.

패널 그랜저 인과관계 분석결과, 주요 수출입품목과 운송수단 간 인과관계 분석에서 해상운송과 항공운송은 관련 산업들과 서로 다른 연관성을 보이는 것으로 나타났다.

패널 VECM 모형을 활용한 패널 그랜저 인과관계 분석결과, 단기 양방향 인과관계에서 해상운송은 기계 및 운수장비(SITC 7)↔재료별 제조제품(SITC 6), 재료별 제조제품(SITC 6)↔화학물 및 관련제품(SITC 5), 해상운송↔화학

물 및 관련제품(SITC 5), 해상운송↔기타 제조제품(SITC 8), 항공운송은 항공운송↔재료별 제조제품(SITC 6), 재료별 제조제품(SITC 6)↔광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3), 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3)↔기타 제조제품(SITC 8)로 양방향의 인과관계를 확인할 수 있었다.

장기 양방향의 인과관계 분석에서는 해상운송↔기타 제조제품(SITC 8), 기타 제조제품(SITC 8)↔광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3), 광물성연료, 운할유 및 관련물질(SITC 3)↔해상운송, 항공운송에서는 항공운송↔재료별 제조제품(SITC 6)에서 양방향 인과관계를 확인할 수 있었다.

우리나라에서 가장 큰 비중을 차지하는 수출입 품목은 기계 및 운수장비(SITC 7)로 일반기계, 석유화학, 선박 등의 주요 공급원으로 이들 산업은 타 산업에 판매되는 비중도 크지만 관련 재화를 필요로 하는 부분도 큰 산업이다. 이러한 이유로 모든 품목에서 단기 인과관계의 영향을 받는 품목으로 나타났으며, 재료별 제조제품(SITC 6)과는 단기 양방향 인과관계를 가지는 것으로 확인할 수 있었다. 재료별 제조제품(SITC 6)에 포함되는 철강 산업의 경우, 관련 산업의 경쟁력을 좌우하는 핵심 기초소재

산업으로 자동차, 조선, 전자 등 전방산업과 원료, 에너지 등 후방산업의 생산을 유발시키는 산업간 연관효과가 큰 산업군으로 기계 및 운수장비(SITC 7)와 동일하게 모든 품목에서 단기 인과관계를 받는 것으로 나타났다. 재료별 제조제품(SITC 6)과 단기 양방향 인과관계를 가지는 화학물 및 관련제품(SITC 5)은 석유화학, 반도체 등의 관련 재화를 필요로 하는 산업을 포함하는 품목으로 해상운송의 패널 그랜저 인과관계 분석을 통해 이를 반영한 결과를 확인할 수 있었다.

항공운송은 무선통신기기, 일반기계, 섬유, 자동차부품 등의 품목을 포함하는 재료별 제조제품(SITC 6)과 장·단기 양방향 인과관계를 가지는 것으로 나타났으며, 이는 항공운송을 통해 반도체, 자동차부품, 신선식품 등 가볍고 부가가치가 높은 제품들의 수출이 증가하고 해상운송의 운임급등, 컨테이너 부족 등의 문제가 반영된 결과로 해석할 수 있다.

예측오차분산분해 결과를 통해서도 해상운송은 기계 및 운수장비(SITC 7), 항공운송은 기타 제조제품(SITC 8)이 가장 높은 영향력을 미치는 품목임을 확인할 수 있었다. 결과적으로 우리나라 주요 수출입 품목과 운송수단 간 동태적 인과관계는 운송수단이 취급하는 품목의 특성에 따라 서로 다른 연관성을 가지는 것을 확인할 수 있었으며, 이러한 분석 결과를 통해 다음과 같은 시사점을 제시하고자 한다.

물류효율성은 물류서비스와 운송 인프라의 효율적 운영·관리를 통해 국가 경제성장은 물론 지속가능한 물류성 성과를 보여주는 중요한 지표로 인식되고 있다(S. A. R. Khan, Zhang, Golpîra, Kumar and Sharif, 2019). 이러한 물

류의 지속가능한 발전은 경제적, 사회적 이익을 창출하는 동시에 부정적인 영향을 줄이는 활동을 추구하지만, 물류환경요인 간 높은 연관성과 이질성으로 장기적 어려움에 직면할 수밖에 없다. 결국 물류환경구조와 산업 간 영향력을 분석하기 위해서는 물류에서 가장 큰 비중을 차지하는 운송의 관점에서 운송수단별 특성과 이에 따른 영향력을 비교·분석하고 이에 대한 정확한 이해가 우선적으로 이루어져야 한다(Abbasi and Nilsson, 2016).

이 외에도 물류효율성은 사회·경제적 여건, 도시화, 산업화 수준, 에너지 자원, 국가정책 등 다양한 요인에 따라 달라질 수 있기 때문에 해당 국가의 대내외환경 요인을 고려하여 분석을 진행하여야 한다. 물류경쟁력 제고를 위한 정책수립을 위해서는 산업구조와 물류 네트워크 변화에 따른 차별화된 정책제안이 우선시 되어야 하는 만큼(Önsel Ekici, Kabak and Ülengin, 2016), 물류산업 전반에 대한 이해를 통해 운송수단 및 관련 활동의 효율적인 운영·관리를 바탕으로 통합된 인프라 구축이 필요할 것이라 판단된다(Yavas and Ozkan-Ozen, 2020).

본 연구는 우리나라 해상운송, 항공운송의 관점에서 수출입 품목별 연관성을 분석했다는 점에서 기존 연구와의 차별성을 가지고 있지만 분석범위가 우리나라로 제한되어 있고 내부 요인을 중심으로 분석을 했다는 점에서 한계점을 가지고 있다. 이에 향후 연구에서는 사회적, 환경적, 경제적 요인에 대한 거시적 관점에서의 분석을 추가적으로 진행한다면 경제성장의 경제적 가치와 지속가능성의 무역 가치를 함께 개선할 수 있는 물류산업 전반에 대한 전략방안을 제시할 수 있을 것이라 판단된다.

## References

- Ahn, Kyung-Ae (2017), "Analysis of the Effect of Exchange Rate Volatility on Export & Import Container Volumes in Korea", *THE INTERNATIONAL COMMERCE & LAW REVIEW* 75, 95-116
- Abbasi, M. and Nilsson, F. (2016), "Developing environmentally sustainable logistics. Exploring themes and

- challenges from a logistics service providers' perspective", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 273-283.
- Bask, A. and Rajahonka, M. (2017), "The role of environmental sustainability in the freight transport mode choice: A systematic literature review with focus on the EU", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 47(7), 560-602.
- Behar, A., & Venables, A. J. (2011), *Transport costs and international trade*. In *A handbook of transport economics*, Edward Elgar Publishing.
- Bensassi, S., Márquez-Ramos, L., Martínez-Zarzoso, I. and Suárez-Burguet, C. (2015), "Relationship between logistics infrastructure and trade: Evidence from Spanish regional exports", *Transportation research part A: policy and practice*, 72, 47-61.
- Cho, H. and Lee, J. (2020), "Does transportation size matter for competitiveness in the logistics industry? The cases of maritime and air transportation", *Asian Journal of Shipping and Logistics*, 36(4), 214-223.
- Choi Bong-Ho and Kim Sang-Choon (2010), "An Empirical Study on Causality among Trading Volume of Busan, Kawangyang and Incheon port", *Journal of Korea Port Economic Association*, 26(1), 61-82
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. Pearson UK.
- Guner, S. and Coskun, E. (2012). "Comparison of impacts of economic and social factors on countries' logistics performances: a study with 26 OECD countries", *Research in Logistics&Production*, 2, 330-343.
- Hausman, W. H., Lee, H. L. and Subramanian, U. (2013). "The impact of logistics performance on trade. *Production and Operations Management*", *Production and Operations Management*, 22(2), 236-252.
- Ivanov, D. and Dolgui, A. (2020), "Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak", *International Journal of Production Research*, 58(10), 2904-2915.
- Jaramillo, C. F., Freund, C., Reis, J. G., Arvis, J. F., Wiederer, C. K., Ojala, L. M. and Kiiski, T. M. (2018), *Connecting to compete 2018: trade logistics in the global economy-the logistics performance index and its indicators* (No. 128355, pp. 1-82). The World Bank.
- Kayani, G. M., Ashfaq, S. and Siddique, A. (2020), "Assessment of financial development on environmental effect: Implications for sustainable development", *Journal of Cleaner Production*, 261, 120984.
- Khan, S. A. R., Jian, C., Zhang, Y., Golpîra, H., Kumar, A. and Sharif, A. (2019), "Environmental, social and economic growth indicators spur logistics performance: From the perspective of South Asian Association for Regional Cooperation countries", *Journal of Cleaner Production*, 214, 1011-1023.
- Kiraci, K. and Akan, E. (2020), "Aircraft selection by applying AHP and TOPSIS in interval type-2 fuzzy sets", *Journal of Air Transport Management*, 89, 101924.
- Lee, Cheong-hun (2018), *Formation of Logistics Networks an Differential Growth in the Logistics Industry by Industrial Restructuring* (Doctoral Dissertation), Seoul:Seoul National University
- Lee, Hyum-Mi and Chun Hae-Jung (2020), "Dynamic Characteristics of Housing Price in Seoul Using Panel VAR Model", *RESIDENTIAL ENVIRONMENT : JOURNAL OF THE RESIDENTIAL ENVIRONMENT INSTITUTE OF KOREA*18(2), 27-42
- Lee, K. H. and Wu, Y. (2014), "Integrating sustainability performance measurement into logistics and supply networks: A multi-methodological approach", *British Accounting Review*, 46(4), 361-378.

- Liljestrand, K., Christopher, M. and Andersson, D. (2015), "Using a transport portfolio framework to reduce carbon footprint", *International Journal of Logistics Management*, 26(2), 296–312.
- Liu, J., Yuan, C., Hafeez, M. and Yuan, Q. (2018), "The relationship between environment and logistics performance: Evidence from Asian countries", *Journal of Cleaner Production*, 204, 282–291.
- Macharis, C. and Bontekoning, Y. M. (2004), "Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review", *European Journal of Operational Research*, 153(2), 400–416.
- Maparu, T. S. and Mazumder, T. N. (2020), "Investigating causality between transport infrastructure and urbanization: A state-level study of India (1991–2011)". *Transport Policy*.
- Mariano, E. B., Gobbo, J. A., Camiato, F. de C. and Rebelatto, D. A. do N. (2017), "CO2 emissions and logistics performance: a composite index proposal", *Journal of Cleaner Production*, 163, 166–178.
- Meersman, H. and Nazemzadeh, M. (2017), "The contribution of transport infrastructure to economic activity: The case of Belgium", *Case Studies on Transport Policy*, 5(2), 316–324.
- Mirzaei, M. and Parsa, H. (2019), "Effects of oil price shocks and economic fluctuations of trading partners on Iran's ports throughput", *Transactions on Maritime Science*, 8(1), 5–17.
- Müller, M. E., Nazarian, S., Koch, P., & Schatzker, J. (2012). *The comprehensive classification of fractures of long bones*. Springer Science & Business Media.
- Nasreen, S., Mbarek, M. Ben and Atiq-ur-Rehman, M. (2020), "Long-run causal relationship between economic growth, transport energy consumption and environmental quality in Asian countries: Evidence from heterogeneous panel methods", *Energy*, 192, 116628.
- Önsel Ekici, Ş., Kabak, Ö. and Ülengin, F. (2016), "Linking to compete: Logistics and global competitiveness interaction" *Transport Policy*, 48, 117–128.
- Pan, X., Uddin, M. K., Saima, U., Jiao, Z. and Han, C. (2019), "How do industrialization and trade openness influence energy intensity? Evidence from a path model in case of Bangladesh", *Energy Policy*, 133, 110916.
- Park Chuh-wan and Han Jinmi (2008), "A Study for the Co-Relationship among Birth, Women Employment, and Economic Growth by the VAR Approaches", *Quarterly Journal of Labor Policy* 8(1), 1–26.
- Schmidtke, N., Behrendt, F., Thater, L. and Meixner, S. (2018), Technical potentials and challenges within internal logistics 4.0. In 2018 4th International Conference on Logistics Operations Management (GOL) (pp. 1–10). IEEE.
- Shahbaz, M., Mallick, H., Kumar Mahalik, M. and Loganathan, N. (2015), "Does globalization impede environmental quality in India?", *Ecological Indicators*, 52, 379–393.
- Song, L. and van Geenhuizen, M. (2014), "Port infrastructure investment and regional economic growth in China: Panel evidence in port regions and provinces", *Transport Policy*, 36, 173–183.
- Tavasszy, L. A. (2020). "Predicting the effects of logistics innovations on freight systems: Directions for research", *Transport Policy*, 86, A1–A6.
- Thomson, I. H. and Bebbington, J. (2013), "Sustainable development, management and accounting: Boundary crossing", *Management Accounting Research*, 24(2013), 277–283.
- Wang, C., Kim, Y. S. and Kim, C. Y. (2021), "Causality between logistics infrastructure and economic development in China", *Transport Policy*, 100(October 2020), 49–58.
- Wang, C., Wood, J., Wang, Y., Geng, X. and Long, X. (2020), "CO2 emission in transportation sector across 51 countries along the Belt and Road from 2000 to 2014", *Journal of Cleaner Production*, 266, 122000.