

공급망 리스크가 항만 컨테이너 물동량에 미치는 영향에 관한 연구: 부산항 사례를 중심으로*

김성기** · 김찬호***

Effect of Supply Chain Risk on Port Container Throughput: Focusing on the Case of Busan Port

Kim, Sung-Ki · Kim, Chan-Ho

Abstract

As the scope of supply chains expands globally, unpredictable risks continue to arise. The occurrence of these supply chain risks affects port cargo throughput and hinders port operation. In order to examine the impact of global supply chain risks on port container throughput, this study conducted an empirical analysis on the impact of variables such as the Global Supply Chain Pressure Index (GSCPI), Shanghai Container Freight Index (SCFI), Industrial Production Index, and Retail Sales Index on port traffic using the vector autoregressive(VAR) model. As a result of the analysis, the rise in GSCPI causes a short-term decrease in the throughput of Busan Port, but after a certain point, it acts as a factor increasing the throughput and affects it in the form of a wave. In addition, the industrial production index and the retail sales index were found to have no statistically significant effect on the throughput of Busan Port. In the case of SCFI, the effect was almost similar to that of GSCPI. The results of this study reveal how risks affect port cargo throughput in a situation where supply chain risks are gradually increasing, providing many implications for establishing port operation policies for future supply chain risks.

Key words: port cargo throughput, supply chain risk, vector autoregressive model, impulse-response function

▷ 논문접수: 2020. 03. 08. ▷ 심사완료: 2023. 03. 28. ▷ 게재확정: 2023. 03. 29.

* 본 연구는 한국해양수산개발원의 「해양수산 미래 리스크 발굴 및 파급효과 분석(II)」의 내용 중 일부를 학술지 목적에 맞게 수정 및 보완하여 작성하였습니다.

** 경상국립대학교 국제통상학부 조교수, 제1저자, skkim0706@gnu.ac.kr

*** 한국해양수산개발원 항만연구본부 연구위원, 교신저자, chkim@kmi.re.kr

I. 서론

현대의 공급망은 전 세계가 연결된 '글로벌 공급망'의 형태로 나타난다. 이러한 공급망의 글로벌화는 과거보다 공급망의 복잡성을 증대시켰으며, 이는 결국 우리가 예측하기 힘든 리스크의 형태로 나타났다. 특히, 코로나19 팬데믹으로 인한 중국 생산시설의 운영 중단, 우크라이나-러시아 전쟁으로 인한 원자재 수급의 어려움 등은 글로벌 공급망에 심각한 리스크로 작용하였으며, 공급망 관리 전략의 흐름을 적시생산(Just-in-time)에서 비상대비(just-in-case)로 변화시키는 계기가 되었다(Brakman et al., 2020). 이러한 공급망에 대한 리스크는 해운 및 항만산업에 대해서도 컨테이너 운송수요 변동, 선대 공급 변동, 항만노동자 및 트럭운전자의 공급부족으로 인한 내륙 물류 지연, 항만의 병목현상 등 다양한 형태로 영향을 주었다.

공급망 리스크로 인해 발생한 여러 사건들은 항만 물동량에도 많은 영향을 미치게 된다. 항만 내에서 대기하고 있는 선박의 컨테이너 물량을 나타내는 항만 혼잡지수가 코로나19가 시작된 2019년 말부터 급격한 증가 추세를 보인 것은 공급망 리스크가 항만 물동량에 큰 영향을 미친다는 것을 보여준 사례이다. 또한, 코로나19로 인해 발생한 공급사슬의 단절은 선사들의 기항 횟수 감소를 유발하였으며, 이는 미 서부 항만의 근로자 부족으로 인한 화물 처리능력 감소와 맞물려 해운 운임의 폭증으로 이어져 화주들의 부담이 가중되는 결과를 초래하였다(나진성, 2022). 부산항도 글로벌 공급망 리스크의 영향에서 자유롭지 못하여 2021년에 있었던 중국 내 코로나19 확산으로 인한 선전항, 닝보-저우산항 폐쇄 사건과 2022년 3월 상하이시 봉쇄 사건은 단기적으로 부산항 물동량의 소폭 감소를 유발하였으며 봉쇄가 장기화될 경우 상하이항 가동률의 저하로 부산항 물동량 또한 큰 영향을 받는 것으로 분석되었다(이기열 등, 2022). 이외에도 LA/LB항에서 발생한 항만적체 현상

으로 인해 물류가 지연되면서 부산항 장치장은 포화 상태에 육박하여 생산성 유지에 어려움을 겪었으며, 글로벌 선사들이 부산에 기항하지 않고 바로 중국으로 직기항하는 현상이 발생하여 수출입 물류 지원에 어려움을 겪었다.

항만은 우리나라 수출입의 대부분을 지원하는 국가기간시설이며, 항만 물동량은 우리나라 경제성장을 위한 중요한 지표로 물동량의 예측과 추정에는 항만의 계획과 개발에 있어서 매우 중요한 과제라 할 수 있다(이재득, 2013). 코로나19와 같이 물동량에 영향을 줄 수 있는 공급망 리스크로 인해 신속한 물류 대응과 글로벌 리스크 분산의 필요성이 증대되고 있는 현실을 고려하면(하영규와 우수환, 2020), 공급망 리스크가 항만 물동량에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 중요한 과제이나 관련 연구는 아직 많지 않은 실정이다. 특히 부산항은 우리나라의 중심 항만 이면서 동북아 지역의 허브항만으로 글로벌 공급망 리스크는 우리나라 뿐만 아니라 동북아 지역의 수출입 경제활동과 밀접하게 영향을 미치기 때문에 공급망 리스크가 부산항 물동량에 미치는 영향에 관한 연구의 필요성이 있다.

본 연구의 목적은 글로벌 공급망 리스크가 항만 물동량에 미치는 영향을 부산항 사례를 중심으로 실증 분석하는 것이다. 이를 위해 공급망 리스크를 나타내는 대표적인 지표인 글로벌 공급망 압력지수(GSCPI, Global Supply Chain Pressure Index)가 항만 물동량, 특히 컨테이너 물동량에 미치는 영향에 대해 알아보았다. GSCPI는 뉴욕연방준비은행에서 세계 공급망 상태를 측정하여 발표하는 지수로 전 세계 원자재 운송비용을 나타내는 BDI(Baltic Dry Index), 컨테이너 용선료 지수인 Harpex index, 미국 출도착 항공화물 운임을 대표하는 미국 노동통계국 항공화물지수와 구매 관리자 지수(PMI, Purchasing Managers Index)를 활용하고 있다. 분석은 벡터자기회귀(VAR)모형을 활용하여 부산항 사례를 중심으로 시행하였으나, 국가 간 차이를 알아보기

위해 중국의 상하이항과 미국의 LA/LB항을 비교군으로 분석을 시행하였다. 상하이항은 부산항과 환적화물 처리 측면에서 경쟁 관계에 있으며(조삼현과 이광배, 2006) 부산항 물동량에 많은 영향을 미치고 있으므로 비교군으로 선정하였으며, LA/LB항은 아시아발 컨테이너의 최종 수요처로 부산항과 깊은 관계에 있으며, 코로나 팬데믹 시기 화물 적체 현상이 가장 크게 나타난 항만 중 하나이기 때문에 비교군으로 활용하였다. 또한, GSCPI가 대표적인 공급망 리스크 지표이지만 한계점도 분명히 있으므로 보완을 위해 공급망의 운송, 생산, 소비 측면을 대표하는 지표로 상하이 컨테이너 운임지수(SCFI, Shanghai Containerized Freight Index)와 산업생산지수, 소매 판매지수가 부산항 물동량에 미치는 영향에 대해 추가로 분석을 시행하였다.

연구 결과, GSCPI의 상승은 단기적으로 부산항 물동량의 감소를 유발하지만, 일정 시점 후에는 물동량 증가요인으로 작용할 수 있는 것으로 나타났으며, 이는 상하이항에서도 동일하게 나타났다. 다만 LA/LB항 분석 결과에서는 GSCPI가 물동량에 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 또한 산업 생산지수와 소매 판매지수는 부산항 물동량에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, SCFI의 경우 GSCPI가 물동량에 미치는 영향과 거의 유사한 것으로 분석되었다. 본 연구의 분석 결과는 전 세계적으로 공급망 리스크를 유발하는 사건들이 점차 증가하는 시점에서 이러한 리스크가 항만 물동량에 어떠한 형태로 영향을 미치는지를 밝혔다는 점에서 향후 항만 정책 수립에 많은 시사점을 제공하고 있다.

II. 문헌연구

본 장에서는 여러 변수와 항만 물동량 간의 관계를 분석한 선행연구를 살펴보았다. 특정 변수가 항만 물동량에 미치는 영향에 대한 분석은 기본적으로 항

만 물동량 예측 연구와 깊은 관련이 있다. 물동량 예측 연구는 크게 ARIMA, SARIMA, LSTM 모형 등 물동량 변수만을 활용하여 예측을 시행하는 연구와 VAR, 시스템 다이내믹스 모형과 같이 다양한 변수의 영향을 고려하여 예측을 시행하는 연구로 분류할 수 있으며, 본 연구는 다양한 변수의 영향을 고려한 선행연구에 기반을 두었다. 모수원(2009)은 환율, 국내 경기와 같은 경제변수의 변동이 광양항의 수입 컨테이너 물동량이 미치는 영향을 분석하여 광양항이 우리나라 다른 항만보다 환율과 경기의 변동에 더 민감하게 반응함을 보였다. 모수원(2013)은 VAR 모형을 활용하여 항만 물동량과 지역 경기 간의 인과관계를 연구하였으며, 물동량 증가 충격이 지역 경기 상승을 유도하며, 부산에서 이러한 반응이 더 크게 일어남을 밝혔다. 김현석과 장명희(2015)는 우리나라 수출입 컨테이너 물동량 예측을 위해 일반적인 VAR 모형과 Bayesian VAR 모형을 적용하여 예측력을 비교하였으며, 내생변수로는 BDI, 환율을 활용하였다. 정성환과 강경우(2015)는 우리나라 총 화물물동량에 대해 통상최소자승모형, 부분조정모형, 축소된 자기회귀분포시차모형, VAR 모형, 시간변동계수모형(TVP)의 다섯 가지 모형을 적용하여 예측정확도를 비교하였으며, 설명변수로는 광공업생산지수를 활용하였다. 연구 결과, VAR 모형은 예측 기간 동안 점진적인 변화 추세가 나타나는 경우 우수한 예측 성능을 가지는 것으로 나타났다. 최봉호와 이기환(2016)은 브렉시트가 우리나라 컨테이너 물동량에 미치는 영향에 관해 연구하였으며, EU와 영국의 경기 및 환율과 같은 주요 거시경제변수를 활용하여 VAR 모형을 기초로 한 분석을 수행하였다. 오진호와 우수환(2018)은 제주도의 지역내총생산, 인구수, 건축허가면적 등과 국내 관광객, 중국인 관광객, 중국 GDP와 같은 변수들을 활용하여 시스템 다이내믹스 시뮬레이션을 시행하여 제주항 물동량을 예측하였다. Wu(2020)는 그레이 상관이론(grey correlation theory)과 VAR 모형을 통해 항만 물동량과 국제무역

량 간의 관계를 분석하였으며, 그 결과 무역량과 항만 전체 물동량 및 컨테이너 물동량 사이에 안정적인 균형 관계가 존재한다고 주장하였다. 이성윤과 안기명(2020)은 ARIMA와 VAR, VEC 모형을 활용하여 부산항 물동량 예측을 시행하고 그 성과를 비교하였으며, VAR 모형의 내생변수로는 부산항 컨테이너 물동량 및 우리나라, 중국, 세계의 경제성장 규모, 리보금리 등의 변수를 활용하였다. Zhou 등(2021)은 VAR 모형을 사용하여 중국 랴오닝성을 대상으로 항만과 지역경제 간의 관계를 연구하였다. 그 결과, 랴오닝성에서는 항만 물동량이 지역경제 발전에 긍정적인 영향을 준다고 주장하였다. 리원장 등(2022)은 항만물류와 지역경제 간의 연관성을 조사하기 위해 VAR 모형을 활용한 분석을 시행하였다. 선박 입출항, 항만 물동량, 경기종합지수 등의 변수를 활용하였으며, 연구 결과 경기종합지수가 항만 물동량에 긍

정적인 방향으로 유의미한 영향을 미친다고 주장하였다. 표 1은 지금까지 살펴본 주요 선행연구의 내용을 연구 방법과 활용 변수를 위주로 정리한 것이다. 선행연구를 살펴보면, VAR 모형을 활용하여 항만 물동량과 다른 변수 간의 관계를 연구하고 이를 통해 물동량 예측을 시행한 연구는 다수 존재하나 대부분 환율, 경기지수, GDP 등의 거시경제 변수를 활용하여 경기의 변동이 물동량에 미치는 영향에 관한 내용이 대부분이다. 본 연구는 공급망의 중요성이 점차 커지는 상황에서 거시경제변수보다는 글로벌 공급망 리스크를 대변할 수 있는 변수를 선정하고, 공급망에서 발생하는 리스크가 항만 물동량에 어떠한 영향을 미치는지 연구하였다는 점에서 기존 연구와의 차이점이 있다.

표 1. 주요 선행연구 정리

저자 및 연도	연구 방법	주요 활용 변수
모수원(2009)	VAR(충격반응분석)	환율, 산업생산지수
모수원(2013)	VAR	지역 내 총생산
김현석과 장명희(2015)	VAR, Bayesian VAR	BDI, 환율
정성환과 강경우(2015)	VAR, TVP	광공업생산지수
최봉호와 이기환(2016)	VAR	환율, 산업생산지수
오진호와 우수환(2018)	시스템 다이내믹스	지역 내 총생산, GDP
Wu(2020)	VAR	국제무역량
이성윤과 안기명(2020)	ARIMA, VAR, VEC	리보금리, GDP, 경기변동
Zhou 등(2021)	VAR	지역 내 총생산
리원장 등(2021)	VAR	경기종합지수, 선박 입출항

III. 데이터 및 연구 모형

본 연구에서는 공급망 리스크가 컨테이너 물동량에 미치는 영향을 분석하기 위해 벡터자기회귀(Vector Auto-Regression, VAR) 모형을 활용하였다.

VAR 모형은 다변량 자기회귀 모형으로 내생변수 변화에 따른 영향 분석을 위해 많이 사용한다. 엄밀한 이론적 기반에 의해 분석을 시행하는 것이 아니라는 단점이 존재하지만, 시계열 자료의 정보를 최대한 활용하여 분석을 시행한다는 점에서 다양한 경제 현상

의 분석에 많이 활용되고 있는 모형이다. 또한, 충격 반응분석을 시행하여 한 변수의 변화가 내생변수에 미치는 영향에 대해 동태적으로 분석할 수 있다는 장점이 존재한다(문권순, 1997). VAR 모형은 일반적으로 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$y_t = \sum_{m=1}^p A_m y_{t-m} + u_t \quad (\text{식 1})$$

여기서, A_m 은 자기회귀 계수를 의미하며, k차원 일 경우 $k \times k$ 행렬로 나타난다. u_t 는 평균이 0, 분산이 σ^2 인 k차원 벡터의 백색잡음(white noise)을 의미한다. 또한 y_t 는 시계열 자료로 이루어진 $n \times 1$ 행렬이다,

VAR 모형은 선행연구에서 물동량 예측과 여러 변

수의 변화에 따른 물동량 변화를 분석하기 위해 가장 많이 활용한 방법론이다. 또한, 공급망 리스크가 물동량에 미치는 영향에 관한 연구가 많이 진행되지 않은 상태로 기반 이론을 적용하여 분석하기가 어려운 상황에서 GSCPI와 같이 본 연구에서 선정한 공급망 리스크를 대변하는 지표들이 물동량에 미치는 동태적인 영향 분석이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 본 연구에서는 VAR 모형을 활용하여 공급망 리스크가 항만의 컨테이너 물동량 변화에 미치는 영향에 대해 분석을 수행하였다. 모든 분석에는 대표적인 통계 분석 프로그램인 R 4.2.1 버전의 vars 패키지를 활용하였다. 분석에 활용한 시계열 자료의 경우 GSCPI는 데이터 생산자인 뉴욕연방준비은행에서 제공하는 자료를 활용하였다. 표 2에 본 연구에서 활용한 주요 자료의 기초통계량 값을 요약하였다.

표 2. 기초통계량

변수	평균	표준편차	중앙값	최솟값	최댓값
GSCPI	0.4	1.2	0.0	-1.0	4.3
SCFI	1363.6	1069.0	1017.8	414.1	5066.8
우리나라 산업생산지수	103.0	7.0	101.7	84.5	121.2
우리나라 소매 판매지수	104.3	12.7	103.4	76.3	128.5
중국 산업생산지수	104.0	26.2	103.8	56.6	156.8
중국 소매 판매지수	101.7	31.8	102.3	43.5	165.2
미국 산업생산지수	98.0	4.1	98.6	84.2	103.9
미국소매판매지수	105.0	18.6	101.2	76.7	153.3
부산항 물동량(만TEU)	157.4	27.2	161.0	81.0	201.7
상하이항 물동량(만TEU)	315.2	53.8	310.0	188.0	435.0
LA/LB항 물동량(만TEU)	134.5	21.4	130.1	91.4	191.9

SCFI는 영국의 해운 시황 분석업체인 클락슨리서치에서 제공하는 자료를 사용하였으며 우리나라, 중국, 미국의 산업생산지수와 소매 판매지수는 글로벌

시장조사기관이며 각종 경제 지표에 대한 데이터를 제공하는 업체인 IHS Markit에서 수집하였다. 물동량 자료의 경우, 부산항 물동량은 우리나라의 항만운

영정보시스템이자 항만물류통계를 제공하고 있는 Port-MIS 시스템에서 수집하였으며, 상하이항 물동량 자료는 중국교통운수부의 공식적인 통계자료를, LA/LB항 물동량은 해당 항만당국에서 발표한 물동량 통계자료를 활용하였다. 수집한 모든 데이터는 월별 자료이며, 2009년 10월부터 2022년 7월까지의 152기의 자료를 활용하여 분석을 시행하였으며, 이는 수집한 데이터 중 길이가 가장 짧은 SCFI에 맞춰 분석을 시행하기 위함이다.

IV. 분석 결과

1. 공급망 압력지수의 영향

먼저 GSCPI가 항만 물동량에 미치는 영향에 대해 분석을 시행하였다. VAR 모형을 적용하여 분석하기 위해서는 먼저 단위근 검정을 수행하여 시계열 자료의 정상성을 확인해야 한다. 표 3은 1차 차분한 자료의 검정 결과를 나타낸 것이다.

표 3. 단위근 검정 결과

	GSCPI	부산항 물동량	상하이항 물동량	LA/LB항 물동량
t-stat	-6.258	-7.805	-6.981	-6.990
p-value	0.000***	0.000***	0.000***	0.000***

주 : ***: $p < .01$

본 연구에서는 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정을 시행하여 단위근의 존재 여부를 확인하였다. 검정 결과, GSCPI와 부산항, 상하이항, LA/LB항 물동량 자료에 모두 단위근이 존재하는 것으로 나타났다. 따라서 각 변수를 1차 차분하여 다시 검정을 시행한 결과 모두 안정적인 시계열임을 확인할 수 있었다.

VAR 모형을 활용한 분석에는 적절한 시차의 선정

이 중요하다. 시차를 넓게 선정하면 잔차항의 자기상관은 줄어들지만, 분석의 효율성이 하락할 수 있기 때문이다(김철현과 남종오, 2015). 표 4는 GSCPI-부산항, GSCPI-상하이항, GSCPI-LA/LB항 각각의 분석 모형에 대한 적정 시차를 결정하기 위해 많이 사용하는 네 가지 검정을 시행한 결과를 나타낸 것이다. 따라서 상하이항에 대한 분석에는 적정 시차를 3 시차로, LA/LB항의 경우는 1 시차로 결정하였다. 부산항은 4 시차와 2 시차로 검증 결과가 같았으나, VAR 분석의 효율성을 고려하여 최종적으로 2 시차로 분석을 시행하였다.

표 4. 적정 시차 분석 결과

모형	AIC	HQ	SC	FPE
부산항	4	2	2	4
상하이항	3	3	1	3
LA/LB항	1	1	1	1

주 : AIC(Akaike Information Criterion), HQ(Hannan-Quinn Information Criterion), SC(Schwarz Criterion), FPE(Final Prediction Error)

표 5는 부산항 컨테이너 물동량(BU)에 대한 VAR 모형 분석 결과를 정리한 것이다. 분석 결과를 살펴보면 2 시차 전의 GSCPI와 1 시차, 2 시차 전의 부산항 컨테이너 물동량이 현재의 물동량에 95% 수준 하에서 유의미한 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 계수의 부호는 모두 마이너스로 나타난다. 즉, GSCPI의 상승으로 인한 충격은 2 시차 후의 부산항 물동량에 부정적인 영향을 미친다는 의미로 해석할 수 있다. 또한, 이전 2기의 부산항 물동량 증가도 마찬가지로 현재의 부산항 물동량에 부정적인 영향을 미치는 것으로 분석된다.

표 5. GSCPI-부산항 물동량 영향 분석 결과

변수	계수	표준오차	p-value	유의성
GSCPI (-1)	-0.292	1.575	0.853	유의하지 않음
BU (-1)	-0.598	0.079	0.000***	유의
GSCPI (-2)	-3.916	1.568	0.013**	유의
BU (-2)	-0.244	0.080	0.002***	유의
Constant	0.984	0.595	0.101	유의하지 않음

R-Squared : 0.300, Adjusted R-Squared : 0.280

주 : ***: $p < .01$, **: $p < .05$

다음으로 각 변수에 주어지는 충격에 대한 부산항 컨테이너 물동량의 반응을 알아보기 위해 충격반응 분석을 시행하였다. 물동량의 충격반응이란, GSCPI와 부산항 물동량 각 변수의 예측오차에 1단위 표준편차만큼의 충격이 주어졌을 때 물동량이 변화하는 동태적인 반응을 나타내는 것이다.

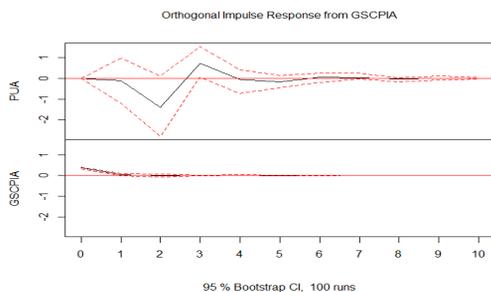


그림 1. GSCPI의 충격반응분석 결과(부산항)

그림 1은 GSCPI에 주어지는 충격이 부산항 물동량과 GSCPI에 미치는 동태적인 영향을 그림으로 나타낸 것으로 위쪽과 아래쪽에 있는 점선은 각각 95% 신뢰구간을 나타내며, 가운데에 있는 실선은 내생변수의 충격반응함수를 나타낸 것이다.

그림을 살펴보면, GSCPI가 물동량에 미치는 동태적인 영향은 대략 5 시차 정도 후까지 나타나며, 이

후에는 영향이 거의 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 또한 3 시차에서는 부산항 물동량에 오히려 긍정적인 영향을 주어 전체적으로 보았을 때 파동 형태로 동태적인 영향이 나타남을 관찰할 수 있다. GSCPI가 상승한다는 것은 공급망 압력이 증가함을 의미한다. 즉 공급망 압력이 증가하면 단기적으로는 물동량에 부정적인 영향을 미치게 되지만, 장기적으로 보면 공급망을 정상 상태로 회복시키려는 다양한 활동으로 인해 항만 물동량에 긍정적인 영향을 줄 수도 있다는 것으로 해석할 수 있다. 다만, 모든 시차의 영향을 전체적으로 합산하여 보았을 때는 부정적인 영향이 긍정적인 영향보다 더 크게 나타나는 것으로 추정된다.

표 6. 부산항 컨테이너 물동량 예측치(만TEU)

연도	부산항	
	물동량	전년 대비 성장률
2018	2,166.3	
2019	2,199.2	1.5%
2020	2,182.4	-0.8%
2021	2,339.5	7.2%
2022(예측)	2,348.9	0.4%
2023(예측)	2,478.1	5.5%
2024(예측)	2,564.8	3.5%

표 6은 VAR 모형 분석을 통해 예측한 월별 부산항 컨테이너 물동량을 연도별로 집계하여 나타낸 것이다. 예측 결과, 2022년 물동량은 전년(2021년)에 비해 0.4% 성장하는 것으로 나타났다. 2023년과 2024년의 전년 대비 성장률은 각각 5.5%와 3.5%로 분석되었다. 이는 2022년은 공급망 압력지수의 상승이 물동량에 부정적인 영향을 미치지만, 2022년 이후에는 서서히 회복되기 시작하여 물동량 상승률이 어느 정도 회복세를 보인다는 것으로 해석할 수 있을 것이다.

다음으로 비교군으로 설정한 상하이항과 LA/LB항에 대한 분석을 부산항 분석과 동일한 방법으로 시행하였다. 표 7은 상하이항 물동량(SH)에 대한 VAR 모형 분석 결과를 정리한 것이다.

표 7. GSCPI-상하이항 물동량 영향 분석 결과

변수	계수	표준오차	p-value	유의성
GSCPI (-1)	-1.168	6.021	0.846	유의하지 않음
SH (-1)	-0.743	0.081	0.000***	유의
GSCPI (-2)	-3.767	5.852	0.521	유의하지 않음
SH (-2)	-0.357	0.102	0.001***	유의
GSCPI (-3)	19.598	5.933	0.002***	유의
SH (-3)	-0.225	0.085	0.009***	유의
Constant	2.047	2.225	0.359	유의하지 않음

R-Squared : 0.434, Adjusted R-Squared : 0.411
 주 : *** p < .01

분석 결과를 살펴보면, 2 시차 전의 GSCPI 및 1 시차, 2 시차, 3 시차 전의 상하이항 컨테이너 물동량이 현재의 물동량에 99% 수준 하에서 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이전 시차의 물동량이 현재의 상하이항 물동량에 주는 영향의 계수는 모두 마이너스로 나타났으나, 3 시차 전의 GSCPI가 미치는 영향 계수는 플러스로 나타났다. 이는 GSCPI의 상승이 3 시차 후의 상하이항 물동량에 긍정적인 영향을 미친다는 것으로 해석할 수 있다. 또한, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되긴 하였으나 1 시차, 2 시차 전의 GSCPI는 상하이항 물동량에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 이 결과는 부산항 물동량의 분석 결과와 유사하다.

그림 2는 GSCPI에 주어지는 충격에 대한 상하이항 물동량의 충격반응분석 결과를 나타낸 것이다.

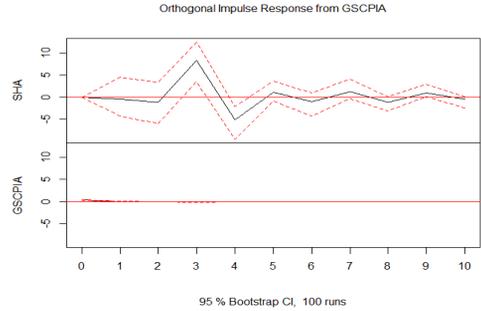


그림 2. GSCPI의 충격반응분석 결과(상하이항)

그래프 형태는 부산항의 분석 결과와 거의 유사하게 나타나나 충격의 영향이 부산항보다 훨씬 오래 지속되어 거의 10 시차 이후까지 영향이 나타나는 것을 볼 수 있다. 다만, 1 시차와 2 시차에 나타나는 부정적인 영향보다 3 시차에 나타나는 긍정적인 영향이 훨씬 더 큰 것으로 보여 부산항과는 다르게 전체적으로 긍정적인 영향이 더 크게 나타나는 것으로 보인다. 공급망 압력의 상승은 발생 초기에는 상하이항 물동량에 부정적인 영향을 미치게 되나, 그 이후에는 오히려 더 큰 긍정적인 영향을 미친다는 것으로 볼 수 있다. 즉, GSCPI에 주어지는 충격의 파장은 부산항과 유사하게 나타나나, 충격의 크기는 다르게 나타나는 것이다.

표 8은 LA/LB항 물동량(LALB)에 대한 VAR 모형 분석 결과를 정리한 것이다.

표 8. GSCPI-LA/LB항의 물동량 영향 분석 결과

변수	계수	표준오차	p-value	유의성
GSCPI (-1)	0.048	0.080	0.602	유의하지 않음
LALB (-1)	-0.007	0.003	0.007***	유의
Constant	0.018	0.030	0.607	유의하지 않음

R-Squared : 0.052, Adjusted R-Squared : 0.039
 주 : *** p < .01

SCFI와 우리나라, 중국, 미국의 산업 생산지수 및 소매 판매지수 시계열 자료의 정상성 분석을 위해 ADF 검정을 시행한 결과, 모두 단위근이 존재하는 것으로 분석되었다. 따라서 안정적인 시계열로 변환하기 위해 각 변수에 로그를 취하고 1차 차분하여 재검정을 시행한 결과 모두 안정적인 시계열로 나타났다. 표 9는 로그 차분한 각 변수의 검정 결과를 나타낸 것이다.

다음으로, 적정 시차를 산정하기 위해 분석을 시행한 결과를 표 10에 정리하였다.

표 10. 적정 시차 분석 결과

모형	AIC	HQ	SC	FPE
부산항	2	1	1	2
상하이항	2	2	2	2
LA/LB항	2	1	1	2

주 : AIC(Akaike Information Criterion), HQ(Hannan-Quinn Information Criterion), SC(Schwarz Criterion), FPE(Final Prediction Error)

상하이항의 경우는 모두 2 시차가 최적인 것으로 나타났으나, 부산항과 LA/LB항의 경우는 2 시차와 1 시차로 다르게 나타났다. 실제 분석은 가장 많이 활용하는 AIC 결과를 참고하였으며, 분석의 효율성을 고려하여 세 항만 모두 2 시차로 분석을 시행하였다. 또한 여러 변수를 활용한 VAR 모형 분석을 시행할 경우, 변수의 순서가 결과에 영향을 미칠 수 있다(김철현과 남종오, 2015). 따라서 변수의 외생성 여부를 파악하기 위해 그랜저 인과검정(Granger causality test)을 통해 변수의 순서를 결정하여(문권순, 1997), 외생성이 강한 순서대로 산업생산지수, 소매 판매지수, 부산항 물동량, SCFI의 순으로 모형을 구성하였다.

표 11은 네 변수를 활용한 VAR 모형 분석 결과를 정리한 것이다.

표 11. 네 변수 모형 부산항 물동량 영향 분석 결과

변수	계수	표준오차	p-value	유의성
산업생산지수(-1)	0.260	0.324	0.424	유의하지 않음
소매판매지수(-1)	-0.282	0.227	0.216	유의하지 않음
부산항물동량(-1)	-0.571	0.084	0.000***	유의
SCFI(-1)	-17.167	6.712	0.012**	유의
산업생산지수(-2)	0.106	0.324	0.745	유의하지 않음
소매판매지수(-2)	0.184	0.228	0.423	유의하지 않음
부산항물동량(-2)	-0.199	0.084	0.019**	유의
SCFI(-2)	0.556	6.853	0.935	유의하지 않음
Constant	0.965	0.614	0.118	유의하지 않음

R-Squared : 0.317, Adjusted R-Squared : 0.279

주: *** p < .01, ** p < .05

결과를 살펴보면 1 시차와 2 시차 전의 부산항 물동량 및 1 시차 전의 SCFI가 부산항 물동량에 95% 수준 하에서 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 분석되었으며, 계수의 부호는 모두 마이너스로 나타났다. 즉, 1 시차, 2 시차 전의 부산항 물동량은

현재의 부산항 물동량에 부정적인 영향을 준다는 의미로 해석할 수 있다. 또한 1 시차 전의 SCFI는 부산항 물동량에 부정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 산업 생산지수는 모든 시차에서 부산항 물동량에 긍정적인 영향을 주며, 소매 판매지수의 경우 1 시차

전에는 부정적인 영향을, 2 시차 전에서는 긍정적인 영향을 주는 것으로 나타났다. 하지만 산업생산지수와 소매 판매지수의 영향은 모두 통계적으로 유의하지 않은 것으로 분석되었다.

표 12. 네 변수 모형 상하이항 물동량 영향 분석 결과

변수	계수	표준오차	p-value	유의성
산업생산지수(-1)	2.563	1.189	0.032**	유의
소매판매지수(-1)	2.198	0.665	0.001***	유의
상하이항물동량(-1)	-0.689	0.083	0.000***	유의
SCFI(-1)	-73.14	22.82	0.001***	유의
산업생산지수(-2)	-1.097	1.107	0.323	유의하지 않음
소매판매지수(-2)	-1.217	0.803	0.132	유의하지 않음
상하이항물동량(-2)	-0.096	0.085	0.257	유의하지 않음
SCFI(-2)	11.14	23.27	0.632	유의하지 않음
Constant	0.927	2.135	0.664	유의하지 않음

R-Squared : 0.532, Adjusted R-Squared : 0.505

주: *** p < .01, ** p < .05

다음으로, 비교를 위해 상하이항과 LA/LB항 물동량에 대해 같은 분석을 시행하였다. 표 12는 상하이항 대상 분석 결과를 정리한 것이다. 1 시차 전의 중국 산업 생산지수와 소매 판매지수가 물동량에 미치는 영향은 95% 수준 하에서 통계적으로 유의미하게 긍정적인 영향을 주는 것으로 분석되었다. 또한 1 시차 전의 SCFI는 부정적인 방향으로 통계적으로 유의

미한 영향을 주는 것으로 분석되었다. 즉, 상하이항 컨테이너 물동량은 중국의 생산, 소비, 운송, 세 측면의 영향을 모두 받는다는 것으로, 부산항과는 약간 다른 방향의 분석 결과가 나타났다. 이는 부산항이 환적 중심의 항만인 데 비해 상하이항은 중국 공급망의 관문 역할인 게이트웨이 항만의 성격을 지니고 있기 때문으로 추정된다.

표 13 네 변수 모형 LA/LB 물동량 영향 분석 결과

변수	계수	표준오차	p-value	유의성
산업생산지수(-1)	0.392	0.520	0.451	유의하지 않음
소매판매지수(-1)	0.270	0.367	0.469	유의하지 않음
LA/LB항물동량(-1)	-0.258	0.082	0.002***	유의
SCFI(-1)	10.071	10.691	0.347	유의하지 않음
산업생산지수(-2)	0.194	0.518	0.707	유의하지 않음
소매판매지수(-2)	-0.284	0.366	0.438	유의하지 않음
LA/LB항물동량(-2)	-0.097	0.083	0.246	유의하지 않음
SCFI(-2)	-22.86	10.740	0.034**	유의
Constant	0.614	0.986	0.534	유의하지 않음

R-Squared : 0.063, Adjusted R-Squared : 0.010

주: *** p < .01, ** p < .05

다음으로, LA/LB항 물동량에 대한 분석 결과를 표 13에 정리하였다. 결과를 살펴보면, 1 시차 전 LA/LB항 물동량과 2 시차 전 SCFI의 두 변수만이 95% 수준 하에 통계적으로 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났으며, 미국 산업 생산지수와 소매 판매지수는 물동량에 통계적으로 유의미한 영향을 주지 않는 것으로 분석되었다. 이는 부산항의 분석 결과와 유사하나, 부산항과 상하이항 물동량을 대상으로 한 분석에 비해 모형의 설명력(R-Squared)이 매우 낮아, LA/LB항 물동량에 대한 공급망 리스크의 영향을 살펴보기 위해서는 좀 더 다양한 변수를 고려하여 분석을 시행할 필요성이 있다.

그림 4는 부산항 물동량에 대한 네 가지 변수의 충격반응분석 결과를 나타낸 것이다. 왼쪽 위부터 시계방향으로 각각 산업생산지수, 소매 판매지수, SCFI, 물동량의 충격반응분석 결과를 나타낸 그래프이다. 산업생산지수는 약 5 시차 정도 후까지, 소매 판매지수는 약 4 시차 정도까지 영향이 나타나는 것으로 나타났다. 또한 초기에는 산업생산지수에 가해지는 충격에 민감하게 반응하나 2 시차 후부터는 소매 판매지수에 더 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 다음으로 SCFI에 충격이 가해지면 물동량은 1, 2 시차에서 매우 강한 반응을 나타내나, 3 시차 후부터는 반응이 거의 사라지는 것을 관찰할 수 있다. 1 시차에서는 부정적인 반응을, 2 시차에서는 긍정적인 반응을 보여 파동의 형태로 반응하는 것도 특징적인 결과이다. 즉, SCFI가 상승하면, 운임 상승으로 인해 단기간의 물동량은 하락하게 되지만, 억눌렸던 수요가 회복되면서 물동량이 다시 상승하는 반응을 보인다는 의미이다. 이는 항만 운송이 공급망 운영에 있어 필수적이기 때문에 나타나는 특성으로 추정된다. 컨테이너 운임이 상승하면 수출입 기업은 단기적으로 운송을 줄일 수는 있겠지만, 계속해서 운송하지 않는 것은 불가능하다. 따라서 초기에는 물동량이 하락하는 추세를 보이지만, 억눌렸던 물동량이 다음 기로 이전되어 이후에는 오히려 물동량이 상승하는 추

세를 보이는 것이라고 추론할 수 있다.

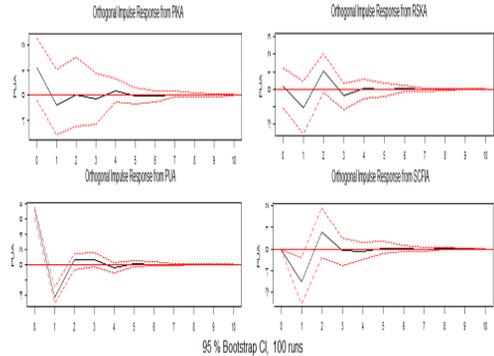


그림 4. 네 변수 모형의 부산항 충격반응분석 결과

전체적인 분석 결과를 정리해보면, 우리나라 산업 생산지수와 소매 판매지수가 부산항 컨테이너 물동량에 미치는 영향은 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 부산항이 허브항으로서 환적 중심 항만의 성격을 지니고 있기 때문으로 보이며, 상하이항 물동량이 중국 산업생산지수와 소매 판매지수에도 유의한 영향을 받는 것으로 나타난 결과는 이를 지지해주는 것으로 생각할 수 있다. 다음으로, SCFI에 가해지는 충격은 부산항 컨테이너 물동량에 유의미한 영향을 주는 것으로 분석되었다. 단기적으로는 운송에 대한 운임이 상승한 만큼 물동량에 부정적인 영향을 주지만, 이후에는 오히려 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 다만, 충격에 대한 반응이 오래 지속되지는 않는 것으로 분석되었다. 즉, 부산항 컨테이너 물동량은 공급망의 운송 측면에 가해지는 충격에 가장 민감한 반응을 보이게 되며, 우리나라의 생산과 소비 부문에 가해지는 충격의 영향은 통계적으로 검증되지 않았다.

IV. 결론 및 시사점

본 연구에서는 글로벌 공급망 리스크가 항만 컨테이너 물동량에 미치는 영향에 대해 분석하였다. 먼저 공급망 리스크를 나타낼 수 있는 변수들을 선정하고, 공급망 리스크가 컨테이너 물동량에 미치는 영향을 분석하기 위해 부산항 물동량을 중심으로 하여 VAR 모형 분석을 시행하였다. 그 결과, 글로벌 공급망 압력을 나타내는 GSCPI는 부산항 물동량에 통계적으로 유의미한 영향을 주는 것으로 분석되었다. 즉 GSCPI가 상승하면 단기적으로는 부산항 물동량의 감소를 유발하지만, 일정 시점 후에는 물동량 증가요인으로 작용하게 된다. 이러한 결과는 상하이항 컨테이너 물동량을 대상으로 한 분석에서도 거의 같이 나타났다. 다만 LA/LB항을 대상으로 한 분석에서는 GSCPI가 물동량에 미치는 영향이 검증되지 않았다. 이로 미루어 볼 때 공급망 리스크가 항만 물동량에 미치는 영향은 각 국가가 글로벌 공급망에서 맡은 역할이나 위치에 따라 다르게 나타나는 것으로 보인다. 글로벌 공급망에서 유사한 역할을 수행하며 경쟁 관계에 있는 부산항과 상하이항의 분석 결과는 유사하게 나타났으나, 미 서부의 중심 항만인 LA/LB항의 분석 결과가 다르게 나타난 것은 이를 뒷받침하는 것이다. 즉, 공급망 리스크가 항만 물동량에 일관적으로 부정적인 영향을 미치는 것이 아니기 때문에 공급망 리스크에 대처하기 위해서는 항만과 항만이 위치한 국가가 글로벌 공급망에서 담당하는 역할을 고려한 신중한 분석이 필요하다. 추가로 공급망의 생산, 소비, 운송 측면 각각의 영향을 분석하기 위해 SCFI, 산업 생산지수 및 소매 판매지수가 부산항 물동량에 미치는 영향에 대해 분석을 시행하였다. 산업 생산지수와 소매 판매지수는 부산항 물동량에 통계적으로 유의미한 영향을 미치는 못하는 것으로 나타났다. SCFI의 영향은 GSCPI가 분석 결과와 거의 유사한 형태로 나타났다. 결과를 종합해보면, 글로벌 공급망 중 운송 부문에 가해지는 충격이 부산항 물

동량에 가장 크고 직접적인 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다. 우리나라의 경우 중국이나 미국에 비해 무역의존도와 해상운송 의존도가 높으며, 특히 부산항의 경우 환적화물의 비중이 다른 두 항만에 비해 높아서 생산이나 소비 측면보다는 운임 상승과 같은 운송 측면의 충격에 더 민감하게 반응하는 것이다.

공급망에 리스크를 유발하는 사건의 빈도는 점차 빠르게, 더욱 많이 발생하는 경향을 보인다. 2020년부터 본격화된 코로나 팬데믹 이후 2021년에는 수에즈 운하 통항 불능, 중국 선전항 및 닝보-저우산항의 일시 폐쇄와 같은 사건 등이 연속으로 발생하였다. 2022년에도 영국, 독일, 벨기에 등 유럽에서의 노동자 파업, 가뭄에 따른 라인강 운송 차질 등이 발생하고 있으며, 이러한 사건들로 인한 공급망 리스크 발생은 세계 운송시장과 항만 운영에 악영향을 주게 된다. 비록 공급망 리스크가 물동량에 주는 영향이 장기적으로 지속되지는 않는다고 해도, 리스크를 유발하는 사건이 계속해서 발생하면 그 영향이 중첩될 수 있으며, 항만 수요에 기본적으로 내재된 과동성을 심화시켜 항만 운영에 큰 지장을 초래할 수 있다. 이러한 상황에서 본 연구는 글로벌 공급망 리스크를 대표할 수 있는 변수이지만 기존 연구에서는 많이 활용하지 않았던 GSCPI를 활용하여 항만 물동량에 미치는 영향을 분석하여 리스크를 고려한 항만 관리에 시사점을 제공하였다는 점에서 학술적 의의를 지닌다. 또한 부산항, 상하이항, LA/LB항에 관한 결과 비교를 통해 공급망의 어떠한 측면이 항만 물동량에 영향을 미치는지를 분석하여, 항만의 성격과 공급망에서 담당하고 있는 역할을 고려한 리스크 관리의 필요성을 보였다는 점에서 중요한 정책적 시사점을 제시하고 있다.

본 연구의 한계점을 보완한 미래 연구를 제안하면, 먼저 본 연구에서 활용한 GSCPI의 경우 공급망 리스크의 발생을 살펴볼 수 있는 유용한 지수이지만, 미국 항공화물 운임을 활용하는 등 미국 중심의 공급

망 압력을 측정하는 변수라는 단점이 존재한다. 따라서 우리나라를 중심으로 한 공급망 리스크의 발생을 측정할 수 있는 지수를 개발하여 미래 연구에 활용하는 것이 필요하다. 더불어 본 연구의 중심 사례로 다룬 부산항의 공급망 리스크 현황과 미래 과제에 대한 정리도 필요할 것이다. 다음으로 공급망의 생산과 소비 부문을 대표하는 변수로 각 국가의 산업 생산지수와 소매 판매지수를 활용하였는데, 이외에 글로벌 공급망 리스크를 대변할 수 있는 변수의 탐색이 필요할 것이다. 또한, 분석방법 측면에서도 VAR 모형 외의 다른 시계열 모형을 활용한 분석을 시행하여 결과를 비교하는 작업이 필요할 것이다. VAR 모형이 시계열의 정보를 최대한으로 활용한 영향 분석에 장점을 가지고 있는 것은 사실이지만, 경제이론에 기반을 둔 분석 모형이 아니라 자료의 기간이나 변수 배열에 의해 결과가 달라질 수 있다는 단점이 있다. 따라서 공급망 리스크의 영향에 대한 풍부한 시사점을 얻기 위해서는 VAR 외에 다양한 시계열 모형과 머신러닝 기반의 분석 등을 활용하여 분석 결과를 비교해보는 것이 필요하다.

참고문헌

- 김철현 · 남종오(2015), VAR 모형을 이용한 유통단계별 가치가격의 인과성 분석, *수산경영론집*, 제46권, 제1호, 93-107.
- 김현석 · 장기명(2015), VAR 모형과 Bayesian VAR 모형의 물동량 예측력 비교 연구, *해운물류연구*, 제31권, 제2호, 449-466.
- 나진성(2022), 코로나19 팬데믹 이후 컨테이너선 운임 상승 요인분석: 텍스트 분석을 중심으로, *한국산업정보학회논문지*, 제 27권, 제1호, 111-123.
- 리원장 · 이열 · 최태영(2022), 항만물류와 지역경제 간의 연계성에 관한 연구: 부울경 메가시티를 중심으로, *한국항만경제학회지*, 제38권, 제3호, 1-13.
- 모수원(2009), 경제변수의 변동이 광양항 수입컨테이너 물동량에 미치는 효과, *한국항만경제학회지*, 제25권, 제3호, 269-282.
- 모수원(2013), 항만 물동량과 지역경기의 인과관계: VAR 접근, *해운물류연구*, 제29권, 695-714.
- 문권순(1997), 벡터자기회귀(VAR)모형의 이해, *통계분석연구*, 제2권, 제1호, 23-56.
- 오진호 · 우수환(2018), 시스템 다이내믹스를 활용한 제주항 물동량 예측, *물류학회지*, 제28권, 제3호, 29-40.
- 이기열 · 최석우 · 이나영 · 김가현(2022), 부산항, 중국 상하이시 봉쇄 장기화에 선제적 대비해야, *KMI 동향분석*, 제182호
- 이성윤 · 안기명(2020), ARIMA와 VAR·VEC 모형에 의한 부산항 물동량 예측과 관련성 연구, *한국항해항만학회지*, 제44권, 제1호, 44-52.
- 이재득(2013), 승법계절 ARIMA 모형에 의한 부산항 컨테이너 물동량 추정과 예측, *한국항만경제학회지*, 제29권, 제3호, 1-23.
- 정성환 · 강경우(2015), 계량경제모형간 국내 총화물물동량 예측정확도 비교 연구, *대한교통학회지*, 제33권, 제1호, 61-69.
- 조삼현 · 이광배(2006), 부산항과 상하이항의 물류중심항만 경쟁력 비교에 관한 고찰, *산업경제연구*, 제19권, 제5호, 1817-1837.
- 최봉호 · 이기환(2016), 브렉시트(Brexit)의 한국 컨테이너 물동량에 대한 영향, *한국항만경제학회지*, 제32권, 제3호, 67-81.
- 하영규 · 우수환(2020), 코로나 19로 인한 자동차 산업 영향과 글로벌 공급망 다변화에 대한 효과 분석, *국제상학*, 제35권, 제3호, 149-169.
- Brakman, S., Garretsen, H. and van Witteloostuijn, A.(2020), The turn from just-in-time to just-in-case globalization in and after times of COVID-19: An essay on the risk re-appraisal of borders and buffers, *Social Sciences & Humanities Open*, 2(1), 100034.
- Wu, J.(2020), The Relationship between Port Logistics and International Trade Based on VAR Model, *Journal of Coastal Research*, 103(SI), 601-604.
- Zhou, B. G., Yang, B. and Li, G(2021), Interaction between coastal ports and regional economy in Liaoning province, *Resources & Industries*, 23(6), 23-30.

공급망 리스크가 항만 컨테이너 물동량에 미치는 영향에 관한 연구: 부산항 사례를 중심으로

김성기 · 김찬호

국문요약

사회가 고도화되면서 복잡성은 증가하고 예측하기 어려운 리스크도 계속적으로 발생하고 있다. 특히 최근 코로나19 및 러시아-우크라이나 전쟁으로 인한 글로벌 공급망에 대한 리스크도 한 예라 할 수 있다. 공급망에 대한 리스크는 항만 물동량에 영향을 주어 항만운영과 항만산업 발전에 지장을 주게 된다. 본 연구는 글로벌 공급망 리스크가 항만 물동량, 특히 컨테이너 물동량에 주는 영향을 알아보기 위해 부산항 사례를 중심으로 글로벌 공급망 압력지수(GSCPI), 상하이 컨테이너 운임지수(SCFI), 산업생산지수, 소매 판매지수 등의 변수들이 물동량에 주는 영향에 대해 벡터자기회귀(VAR) 모형을 활용하여 실증분석을 시행하였다. 분석 결과, GSCPI의 상승은 단기적으로 부산항 물동량의 감소를 유발하지만, 일정 시점 후에는 물동량 증가요인으로 작용하는 파동의 형태로 영향을 주는 것으로 분석되었는데, 이는 비교군인 상하이항에서도 동일하게 나타났다. 다만 LA/LB항에서는 GSCPI가 물동량에 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 또한 산업 생산지수와 소매판매지수는 부산항 물동량에 통계적으로 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났으며, SCFI의 경우 GSCPI가 물동량에 미치는 영향과 거의 유사한 것으로 분석되었다. 본 연구의 결과는 공급망 리스크가 점차 증가하고 있는 상황에서 리스크가 항만 물동량에 어떠한 형태로 영향을 미치는지를 밝혀 향후 공급망 리스크에 대비한 항만운영 정책 수립에 많은 시사점을 제공하고 있다.

주제어: 항만물동량, 공급망 리스크, 벡터자기회귀 모형, 충격반응분석