

글로벌 공급망 압력이 Sea&Air 물동량에 미치는 영향에 관한 연구

정현주* · 김울성** · † 심민섭

*국립한국해양대학교 KMI-KMOU 학연협동과정 석사과정, **국립한국해양대학교 물류시스템공학과 교수,

† 국립한국해양대학교 해양콘텐츠융복합협동과정 물류시스템전공 박사과정

A Study on the Impact of Global Supply Chain Pressure on Sea&Air Freight

Hyeon-Ju Jeong* · Yul-Seong Kim** · † Min-Seop Sim

*Researcher, KMI-KMOU Cooperation Course, National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**Professor, Logistics System Engineering, National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† Doctoral Researcher, Department of Convergence Interdisciplinary Education, National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : Covid-19 팬데믹, 미·중 무역 분쟁과 같이 특수한 상황에서 글로벌 공급망 관리의 중요성이 중요해지고 있다. Sea&Air 복합운송은 항공운송에 비해 비용이 저렴하고 해상운송에 비해 신속하게 운송이 가능하다는 장점을 가진다. 글로벌 공급망의 불확실성에 대응하여 안정적인 Sea&Air 복합운송을 이어나가기 위해서는 글로벌 공급망 압력이 국내 Sea&Air 물동량에 미치는 영향을 파악하고 구체적인 대응방안을 수립할 필요가 있다. 이에 본 연구에서는 Sea&Air 물동량의 99% 이상을 취급하는 주요 항만(인천항, 군산항, 평택항)과 인천국제공항을 중심으로 벡터자기회귀모형 분석, 충격반응함수, 예측오차 분산분해 분석을 통해 글로벌 공급망 압력지수와 항만 물동량, 항공 물동량, Sea&Air 물동량 간의 관계를 파악하였다. 분석결과, Sea&Air 물동량은 항만 물동량 및 항공 물동량과 비교하여 글로벌 공급망 압력에 더 민감하게 반응하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 국내 Sea&Air 복합운송의 운영체제와 관련된 다양한 시사점을 도출하였다.

핵심어 : 글로벌 공급망 압력지수, 인천국제공항, Sea&Air 물동량, 복합운송, 벡터자기회귀모형, 충격반응함수

Abstract : Global supply chain management has become increasingly important in special circumstances, such as the Covid-19 pandemic and the U.S.-China trade dispute. Sea&Air intermodal transportation offers advantages of lower costs compared to air transportation and faster delivery than ocean transportation. To maintain stable Sea&Air intermodal operations in response to the uncertain global supply chain, it is essential to understand the impact of global supply chain pressures on Sea&Air volumes. This study analyzed the relationship between the global supply chain pressure index, port volume, air volume, and Sea&Air volume using vector autoregressive model analysis, impulse response function, and forecast error variance decomposition analysis, focusing on three main domestic ports (Incheon Port, Gunsan Port, and Pyeongtaek Port) as well as Incheon International Airport. The analysis revealed that Sea&Air volumes are more sensitive to global supply chain pressures compared to port volumes and air volumes. Based on these findings, various implications for domestic Sea&Air intermodal transportation have been identified.

Key words : global supply chain pressure index, incheon international airport, sea&air freight, intermodal transportation, vector autoregressive model, impulse response function

1. 서 론

2020년부터 시작된 COVID-19 팬데믹, 미·중 무역 분쟁과 같이 특수한 상황이 세계 경기 침체, 계절적 수요 변동, 무역 흐름의 불균형, 공장 폐쇄, 항만 봉쇄 등의 결과를 초래하였다(Ryu and Nam, 2024). 공급망 교란 범위는 개별기업에서 글로벌 수준으로 확대되었다. 주요 수출입 국가의 글로벌 공급망이 단절되면서 국가별 필수 재화, 물자, 정보 등에 대한 글로벌 공급망 리스크 관리(Global supply chain risk management)는 산업경쟁력에 직접적인 영향을 미치게 되었다(Lee, 202

2). 이와 같이 글로벌 공급망 관리의 복잡성이 증가하게 되면서, 공급망 리스크 관리의 중요성이 높아지고 있다. 글로벌 공급망은 퍼스트 마일(First-mile), 미들 마일(Middle-mile), 라스트 마일(Last-mile) 3가지로 구분할 수 있다. 퍼스트 마일은 제품이 생산지에서 물류센터로 이동하는 초기 단계를 의미한다. 미들 마일은 물류센터에서 고객에게 전달되기 전의 중간 단계로 항만, 공항, 철도와 같은 운송수단을 통해 다른 물류센터로 이동한 뒤 지역 내 유통센터로 이동하는 과정을 포함한다. 라스트 마일은 고객에게 물품이 최종적으로 전달되는 단계를 의미한다. 글로벌 공급망 내 미들 마일과 라스트 마일 간

† Corresponding author : 정희원, tla6355@g.kmou.ac.kr 051)410-4890

* 정희원, hyeonju@g.kmou.ac.kr 051)410-4890

** 중신희원, logikys@kmou.ac.kr 051)410-4332

물류 프로세스가 많은 주목을 받고 있다.

국경 간 운송의 경우, 물동량 기준 약 80% 이상의 물동량이 해상운송을 통해 이루어지고 있다(Ferrai et al., 2023). 하지만, 팬데믹 상황에서 항만의 운영 중단, 선박 부족, 컨테이너 병목 현상 등으로 인해 해상운송은 심각한 지연을 겪었다. 이러한 문제로 인하여 많은 기업들이 높은 비용에도 불구하고 불가피하게 항공운송을 대안으로 선택하였다. 한편, 해상운송과 항공운송의 장점을 결합한 Sea&Air 복합운송이 미들 마일의 중요한 대안으로 주목받고 있다. Sea&Air 복합운송은 해상운송과 항공운송을 결합한 제3의 국제복합운송 방식으로, 항공운송에 비해 비용이 저렴하고 해상운송에 비해 신속한 특성을 가진다. 또한, 일반적으로 출발지로부터 중계지까지 선박에 의해 해상운송되고, 중계지에서 최종 목적지까지 항공기로 운송되고 있다. 이 과정에서 화주가 요구하는 비용, 운송조건 등의 최적 조합에 따라 운송 서비스를 제공할 수 있으며, 서비스 다양성을 확보하고 품질을 강화할 수 있다는 장점이 있다.

국의 Sea&Air 복합운송의 경우 싱가포르와 두바이가 대표적인 사례로 언급되고 있다. 싱가포르는 싱가포르항과 창이국제공항을 연계하여 Sea&Air 복합운송을 제공하고 있다. 이를 통해 중국과 동남아시아의 주요 제조업체에서 발생하는 화물을 미국과 유럽 등 글로벌 시장으로 효과적으로 운송할 수 있는 네트워크를 구축하고 있다. 글로벌 3자 물류업체 D사의 경우 싱가포르를 중계지로 하는 Sea&Air 복합운송 서비스를 제공하고 있다. 홍콩에서 집화하여 선박을 통해 싱가포르로 이동한 후 전 세계의 최종 목적지(북미, 남미, 유럽, 오세아니아 등)로 항공을 통해 운송한다. 주요 목적지별 소요시간은 북미 10-13일, 남미 11-14일, 유럽 9-12일, 오세아니아 8-10일로 감축되어 화주의 요구에 따른 높은 수준의 서비스를 제공하고 있다. 두바이의 경우, 제벨알리항과 알막툼 국제공항을 연계하여 공항과 항만의 거리가 24km이며, 우수한 물류 인프라가 구축되었다고 평가받고 있다. 글로벌 종합물류기업들은 인프라 활용을 통해 물류비 절감, 이송 시간 절감 효과를 누리기 위하여 항만 인근 제벨알리 자유무역지대에 물류센터를 건설하고 있다. 특히, 글로벌 3자 물류업체 A사의 경우 홍콩과 중국에서 해상운송으로 두바이에 도착하면, 북미, 남미, 유럽 등 최종 목적지까지 항공으로 운송하고 있다. 홍콩에서 최종 목적지별 소요시간은 북미 23-28일, 남미 24-28일, 유럽 22-25일이 소요되며 화주에게 높은 만족도를 얻고 있다.

국내 Sea&Air 복합운송의 경우 인천국제공항에서 독점 제공하고 있다. 국내 주요항만(인천항, 부산항, 평택항 등)에 화물이 입항한 후 인천국제공항으로 이동되어 항공운송이 진행된다. 인천연구원(2023)에 따르면, 인천국제공항을 경유하는 Sea&Air 복합운송 물동량은 2004년부터 2010년까지 지속적인 성장세를 보이다가 2011년 크게 감소한 뒤 다시 성장세를 보이고 있다. 2021년 기준 국내 Sea&Air 물동량의 주요 출발지는 중국이 60,740톤(99.3%)으로 가장 높고, 주요 도착지는 미국 36,953톤(60.4%), 룩셈부르크 4,592톤(7.5%), 일본 2,668

톤(4.4%) 순으로 확인되었다. 2021년 기준 항만의 Sea&Air 물동량 처리실적의 경우, 인천항 25,183톤(41.1%), 군산항 18,822톤(30.7%), 평택항 16,768톤(27.4%) 순이며, 군산항이 무서운 성장세로 Sea&Air 물동량을 확보하고 있다. 이처럼 국내 Sea&Air 복합운송은 중국 의존도가 매우 높아 중국발 공급망 리스크가 발생할 경우 물동량에 큰 타격을 받을 수 있다는 특징을 지니고 있다. 중국발 화물의 높은 의존도는 인천국제공항이 주요 화물 허브로서 기능하며, 중국과 지리적으로 가까운 인천항과의 물류 연계가 강하게 구축된 결과로 볼 수 있다. 인천국제공항이 글로벌 물류 네트워크의 중심지로 자리잡으면서, 자연스럽게 중국발 물동량의 비중이 높아진 것이다. 그러나 이러한 구조는 중국발 공급망 리스크에 취약할 수 있다는 한계를 지닌다.

한편, 정부는 2019년 9월 17일 시행된 가덕도신공항 건설을 위한 특별법에 따라 2029년 12월 개항을 목표로 부산광역시 강서구 가덕도 일원에 가덕도신공항을 건설 중에 있다. 가덕도신공항이 건설되면, 물류 포트폴리오를 효과적으로 분산할 수 있는 새로운 Sea&Air 복합운송 거점이 마련될 것이다. 가덕도신공항은 부산항 및 내륙 물류와의 연계를 통해 24시간 운영 가능한 여객·복합물류 중심의 남부권 관문공항으로 자리매김할 것으로 기대된다. 그리고 이는 Sea&Air 복합운송의 중요성을 한층 더 강화하게 되는 계기가 될 것이다.

본 연구의 목적은 불확실한 글로벌 공급망 압력이 차세대 미들 마일 운송방식으로 주목받고 있는 Sea&Air 복합운송에 미치는 영향을 확인하는 것이다. 또한, 글로벌 공급망 압력이 항만 물동량, 항공 물동량, Sea&Air 물동량에 미치는 영향을 동시에 파악하여 미들 마일 운송수단별 영향을 다각적으로 분석하고자 한다. 이를 위하여 Sea&Air 물동량의 99% 이상을 취급하는 주요 항만(인천항, 평택·당진항, 군산항)과 인천국제공항의 Sea&Air 물동량을 중심으로 벡터자기회귀모형(Vector Auto-Regression Model, VARM) 분석을 진행하였다. 글로벌 공급망 압력은 Federal Reserve Bank of New York에서 발표하는 글로벌 공급망 압력지수(Global Supply Chain Pressure Index, GSCPI)를 사용하였다. 분석에 앞서, GSCPI의 추이와 세부 구성요인에 대하여 알아보고, GSCPI 관련 국내외 선행 연구를 고찰하였다. 그리고 2004년부터 2023년까지 주요 항만 물동량, 인천국제공항 수출입 물동량, 국내 Sea&Air 복합운송 물동량을 조사하였다. 이후 시계열 데이터에 대한 단위근 검정 및 공적분 검정을 진행한 뒤 VARM 분석을 진행하였다. 또한, 충격반응함수(Impulse-Response Function, IRF)와 예측오차 분산분해 분석(Forecast Error Variance Decomposition, FEVD)을 통해 GSCPI가 Sea&Air 물동량에 미치는 영향을 다각적인 측면에서 통계적으로 알아본다.

2. 선행연구 고찰

2.1 글로벌 리스크 공급망 관련 선행연구

Kim and Kim(2023)은 산업생산지수, 소매 판매지수, 상하이 컨테이너 운임지수(Shanghai Containerized Freight Index, SCFI), GSCPI가 컨테이너물동량에 미치는 영향을 부산항, 상하이항, LA/LB항을 중심으로 알아보고자 VARM 분석을 진행하였다. 분석결과, 글로벌 공급망 리스크 상승은 단기적으로 부산항과 상하이항의 물동량에 감소를 유발하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 글로벌 공급망 리스크에 따른 항만 운영 정책 수립에 다양한 시사점을 준다는 점에서 의의가 있다.

Kim and Noah(2023)는 국내 인플레이션과 경제성장률 사이에 글로벌 공급망 압력 상승이 미치는 영향을 VARM 분석을 통해 파악하였다. GSCPI에 상승 충격이 발생할 때, 국내 인플레이션의 경우 1-2기에 걸쳐 유의적인 상승 반응이 나타났다. 특히, 경제성장률의 경우 즉각적이고 단기적인 반응을 보이며 충격 시점부터 향후 1기까지 유의적인 하락 반응이 발생하였다. 따라서 글로벌 공급망 충격의 파급효과를 감소하기 위하여 효율적인 공급망 관리가 뒷받침되어야 한다고 밝혔다.

Park and Kim(2023)은 COVID-19로 인한 글로벌 공급망 사슬의 구조적 변화와 글로벌 가치사슬(Global Value Chain, GVC) 교란 현상(disruption)이 국내 경제에 미치는 영향을 파악하고자 하였다. 이에 따라, 국내 무역 및 거시경제에 대한 월별 자료(2000-2023)를 바탕으로 국내 인플레이션 증감률에 영향을 미치는 국내·외 요인에 대한 시계열 실증분석을 진행하였다. 최종재 수출·입 대비 중간재 수출·입 비중과 GSCPI를 중심으로 분석한 결과, GSCPI는 팬데믹 이전 기간 인플레이션에 정(+의) 영향을 미치며 팬데믹 발생 이후 영향력이 감소한 것으로 나타났다. 이러한 결과를 기반으로 국내 물가 안정화 정책 수립, 국내 자본 이탈 현상 등에 대한 정책적 시사점을 도출하였다.

Kim and Kim(2023)은 복잡해진 국제 컨테이너 운송 시스템과 구성원 간의 불완전한 관계로 인하여 해운 공급망 리스크 관리의 중요성이 급증하여, 공급망 리스크의 영향을 정량적으로 평가하였다. 한국과 유럽 국가들의 해운 공급망 성과를 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 통해 측정하고, 토빗 회귀분석(Tobit regression)을 이용하여 공급망 리스크가 국가 공급망 성과에 미치는 영향을 평가하였다. 또한, 공급망의 주요 품질 요인들과 공급망 리스크에 따른 각국의 공급망 성과를 비교하여 해운 공급망 성과에 대한 공급망 리스크의 영향을 다각적으로 살펴보았다. 분석결과, 공급망 리스크가 해운 물류 효율성 및 물동량에 음(-)의 영향을 미치는 것을 확인하였다.

Noah and Kim(2023)은 2001년부터 2021년까지의 국내 상장 제조기업을 대상으로 글로벌 공급망 충격이 기업 투자에

미치는 영향을 알아보았다. 기업 수준의 주요 변수로는 총자산 대비 투자 비율, 토빈의 Q, 총자산 대비 현금흐름 비율을 사용하고, 글로벌 공급망 현황을 측정하는 변수로는 한국의 글로벌 공급망 압력지수(Global Supply Chain Pressure Index Korea, GSCPIK)를 사용하였다. 글로벌 공급망 압력이 한국 기업의 투자 결정에 미치는 영향을 실증분석한 결과, GSCPIK와 기업의 투자 간 비선형관계가 존재하여 역U자형의 형상을 확인하였다. 이는 글로벌 공급망 충격이 수출기업의 특정 임계치를 지나게 되면 기업의 투자 결정에 부정적인 영향을 미치는 것을 의미한다. 해당 연구는 글로벌 공급망 환경 악화에 대한 정책의 대응방안을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.

Abdullah Açık(2023)는 글로벌 스케줄 신뢰성(Global Schedule Reliability, GSR)과 글로벌 공급망 압력지수(GSCPI)를 활용하여 컨테이너 운송 선박 지연이 글로벌 공급망 압력에 미치는 영향을 알아보았다. 2017년 1월부터 2023년 4월까지 76개 관측치를 바탕으로 비타칭 인과관계 방법론을 사용하였다. 분석결과, GSR은 GSCPI에 유의미한 영향을 미치며, 선박 도착 지연의 증가는 글로벌 공급망 압력을 증가시키는 것으로 나타났다. 하지만, 선박 도착 지연이 줄어들었을 때는 글로벌 공급망 압력에 유의미한 영향을 미치지 않았다. 이는 선박 지연으로 인한 글로벌 공급망의 혼잡과 압력은 지속적으로 누적되지만, 선박이 제시간에 도착하기 시작하더라도 그 영향이 즉각적으로 해소되지 않는 '점착 효과(sticky effect)'가 발생함을 의미한다. 그리고 선박 지연에 대한 개선전략으로는 허브항만의 장비 최적화를 통한 대량 화물 처리, 혼잡한 항만이 발생할 경우 대체 항만 협력 등을 제안하였다. 동 연구는 선박 지연과 글로벌 공급망 압력의 비타칭적 인과관계를 도출하고 선박 지연 방지 전략을 제안하였다는 의미가 있다.

Ascari et al.(2024)은 글로벌 공급망 압박이 유럽의 인플레이션과 통화정책에 미치는 영향을 살펴보았다. 이를 위해 2000년부터 2023년까지의 유로존 거시경제 지표와 글로벌 공급망 압력 지수(GSCPI)를 바탕으로 베이저안 벡터자기회귀모델(Bayesian Vector Autoregression, BVAR) 분석을 하였다. 분석결과, GSCPI 충격이 2022년 유로존 인플레이션의 주요 원인으로 작용했으며, 그 영향은 장기적이고 점진적으로 나타났다. 특히, 글로벌 가치사슬(GVC) 참여도가 높은 국가일수록 공급망 충격이 생산과 인플레이션에 상반된 영향을 미쳐 통화정책의 어려움을 가중시킨 것으로 나타났다. 이는 글로벌 공급망 충격이 일부 국가에서 인플레이션을 자극하는 동시에 생산을 위축시켜 인플레이션과 경기 침체 간의 정책적 딜레마를 유발한 것이라 설명하였다. 따라서, GVC 참여도가 낮을 경우에는 인플레이션 억제를 위해 긴축적 통화정책이 필요하지만, 참여도가 높을 경우에는 경제활동 위축을 최소화하기 위해 완화된 통화정책이 바람직하다고 주장하였다. 동 연구는 글로벌 공급망 충격이 인플레이션과 통화정책에 미치는 영향을 재조명하며, 글로벌 공급망 병목 현상을 고려한 정책적 대응이 필수적임을 강조하였다.

2.2 Sea&Air 물동량 관련 선행연구

Park(2024)은 한중간 Sea&Air 복합운송의 활성화를 위해 전문가 인터뷰를 통해 8개의 제약요인을 식별하고 해석적 구조모형(Interpretive Structural Modeling, ISM) 분석을 진행하였다. 구조적 자기-상호작용 매트릭스(Structure Self-Interaction Matrix, SSIM), 초기도달성 매트릭스(Initial Reachability, IRM), 최종도달성 매트릭스(Final Reachability, FRM)를 개발하여 수준 분할을 진행한 결과, 최종 다이그래프와 ISM 기반 모델을 완성하여 제약요인 중 최상위 수준 3개로 ‘한-중간 Sea&Air 복합운송의 낮은 인지도’, ‘RFS 환적화물 외 적체화물의 제한’, ‘세관절차 등의 지연’이 도출되었다. 이후 요인별 직·간접 영향관계를 파악하고 제약요인을 계층화한 다이그래프를 제시하며, 한중간 복합운송의 전체적인 구조를 파악하였다. 특히, 제약요인의 개선방안을 제시하여 한중간 Sea&Air 복합운송의 실질적인 활성화 방안을 제안하였다.

Kim and Choi(2023)는 국제전자상거래(CBEC) Sea&Air 복합운송화물 유치 활성화를 위한 환적 항만 선택의 요인 분석을 하고자 학계 및 산업계 전문가 설문문을 통한 AHP분석을 진행하였다. 분석을 통해 상위 요인 기준과 하위 요인 기준의 중요도를 도출하였으며, 인천항을 포함한 서해권역 3개 항만의 매력도 평가 결과는 인천항, 평택항, 군산항 순으로 나타났다. 이에 따라 인천항이 전자 상거래 특화 항만으로서 경쟁력을 갖기 위해서는 신속성과 가시성을 갖추어 고객만족도를 높일 수 있는 인프라와 환경을 구축해야 한다고 밝혔다.

Park et al.(2023)은 우리나라 전체의 항공 및 해상화물을 대상으로 다중선형회귀모형 분석을 실시하여 화물 품목의 가격 변화에 따른 항공화물 및 해상화물의 물동량에 미치는 영향을 파악하였다. 분석결과, 항공 수출입화물이 해상 수출입화물보다 가격민감도가 높으며, 항공에서 해상으로 전환할 수 있는 품목이 항공에서 해상으로 전환하는 품목보다 많은 것으로 나타났다. 동 연구는 해상에서 항공으로, 항공에서 해상으로 전환이 가능한 품목을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.

Park and Kim(2021)은 BCG Matrix를 통해 한-중간 복합운송의 시장 환경을 파악하고, Seasonal ARIMA모형을 통한 Sea&Air 장래 물동량을 예측하였다. 또한, 최적의 Sea&Air 복합운송방법을 찾고자 하였다. 이에 따라 중국발 Sea&Air 복합운송 활성화 방안으로 기존 피견인 트레일러 방식 대비 시간 및 비용이 절감되는 RFS를 도입하여 체계를 구축해야 한다고 주장하였다.

Choi(2020)는 국경 간 전자상거래 시장에서 운송 수단의 선택 요인이 다양해지며 구매자의 항공·해상 운송 선택 과정에 대한 연구의 필요성을 제기하였다. 한-중 전자상거래를 중심으로 관련 정책 및 제도, 비즈니스 관행, 실제 포워더의 운송 데이터 등을 통해 국경 간 전자 상거래 운송 수단인 항공·해상을 선택하는 요인과 일반적 화물 운송 선택 요인을 비교 분석하고자 하였다. ‘중량’, ‘금액’, ‘품목’, ‘운송배송 기간’, ‘선택

주체’를 요인으로 선정하여 카이 제곱 적합도 검정을 진행한 결과, 일반화물을 운송할 때 가장 중요한 선택요인은 ‘중량’이며 품목에 따라 ‘구매금액’ 역시 운송수단 선택에 유의미한 영향을 끼치는 것으로 나타났다. 운송수단의 선택 요인에서 고정적으로 큰 영향을 끼치는 요인은 확인되지 않았으며 구매자의 특성, 구매 시점의 우선 고려 순위에 따라 다양하게 나타난다고 밝혔다.

Jung et al.(2012)은 운송 일수 단축과 운임 절감 효과가 있는 Sea&Air 운송이 한-중간 교역의 지속적인 성장패턴과는 상이한 형태를 보이는 것에 집중하여, Sea&Air 물동량 예측치와 활성화 방안을 제시하였다. 인천항만공사의 내부자료(2007-2012)를 바탕으로 자기회귀누적이동평균(Auto-regressive Moving Average, ARIMA) 모형을 이용하여 Sea&Air 물동량을 예측한 결과, 2012년 약 4만 톤에서 2015년 약 3만 3천 톤으로 감소하는 추세를 보였다. 따라서, 물동량 증대를 위한 활성화 요인을 도출하고자 퍼지계층분석법(Fuzzy-AHP)을 이용하여 가중치를 분석하였다. 분석결과, 가장 중요한 요인은 ‘Sea&Air 운송 관련 정보시스템 구축 정책’이며 세부 분류 활성화 요인 중 가장 중요한 요인은 ‘혼재가능 물류센터 건설’인 것으로 나타났다. 본 연구는 Sea&Air 운송 물동량을 예측하고 활성화 요인 도출, 활성화 방안을 제시하였다는 점에서 의의가 있다.

Ishihara et al.(2024)은 Sea&Air 운송이 짧은 운송시간, 비용 절감, 환경 부담 감소와 같은 최신 물류 요구에 대응하며 국제운송의 경쟁력을 강화할 수 있다고 밝혔다. 동 연구에서는 일본 공항의 국제화가 진행됨에 따라 일본을 경유한 Sea&Air 운송 가능성을 비용 측면에서 분석하였다. 해상 운송, 항공 운송, 고베 Sea&Air 운송, 오사카 Sea&Air 운송을 비교분석한 결과, 항구와 공항 간 짧은 거리, 해상운송 대기시간이 짧은 오사카 Sea&Air 운송이 가장 좋게 나타났다. 또한, Sea&Air 운송의 효과를 극대화하기 위해서는 화물 대기시간 단축과 통관 절차의 개선이 필요하며, 효율적인 복합운송 네트워크 설계가 필수적이라고 주장하였다.

2.3 선행연구와의 차별점

글로벌 공급망 리스크가 심화되면서 물류 경로의 혼잡과 변동이 커지며 운송 비용 상승과 항만·항공 물류 병목 현상을 초래하고 있다. 항만과 항공 각각 글로벌 공급망 교란에 취약하지만, Sea&Air 복합운송은 두 운송 방식의 리스크가 중첩되며 교란 상황에서 더 큰 타격을 받을 수 있어 관련 연구가 필요한 상황이다. 또한, 기존 연구에서는 주로 GSCPI가 항만 물동량에 미치는 영향을 파악하였으나, 항공 물동량과 Sea&Air 복합운송 물동량에 대한 실증 연구는 비교적 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 VARM, IRF, FEVD 분석을 통해 GSCPI가 Sea&Air 물동량에 미치는 효과를 파악하여, 글로벌 공급망 리스크가 해상 및 항공 복합운송에 미치는 영향을 구체적으로 살펴보고자 한다.

3. 조사설계 및 분석방법

3.1 GSCPI 개요

미국 뉴욕 연방준비은행(Federal Reserve Bank of New York)의 Beningo et al.(2022)은 2022년 1월 GSCPI를 발표하였다. GSCPI는 글로벌 공급망에 잠재적으로 영향을 미치는 장애를 종합적으로 평가할 수 있는 지표이다. GSCPI의 구성요인을 살펴보면, 국제운송 비용을 반영하기 위하여 발틱 건화물 운임지수(Baltic Dry Index, BDI), 하펙스 지수(Harpex Index), 미국 노동통계청의 수출입 항공화물 지수(Airfreight cost indices the U.S. Bureau of Labor Statistics)를 사용하고 있다. 또한, GSCPI는 7개 경제권(한국, 중국, 일본, 대만, 미국, EU, 영국)의 제조업체를 중심으로 진행된 구매관리자지수(Purchasing Managers' index, PMI) 설문결과에 따른 다양한 공급망 관련 요인(주문인도시간, 수주잔고, 구매재고)을 사용하고 있다. 글로벌 운임지수, 공급망 관련 요인에 따른 GSCPI의 구성요인은 <Table 1>과 같다. 즉, 선행연구 고찰을 통해 알 수 있듯이 GSCPI는 항만과 항공의 주요 운임지수와 다양한 공급망 관련 요인을 포함하고 있어, 글로벌 공급망 압력이 Sea&Air 물동량에 미치는 영향을 파악하기 적합한 지표라고 판단하였다.

Table 1 The components of GSCPI

Type	Index
Global transportation costs	Baltic Dry Index
	Harpex index
	U.S. Bureau of Labor Statistics
Supply chain-related components	Delivery times
	Backlogs
	Purchased stocks

본 연구에서 사용한 2004년부터 2023년까지 GSCPI 추이는 <Fig. 1>과 같다. GSCPI는 2004년 1월 -0.50을 기록하였지만, COVID-19 발생 이후 2021년 12월 4.33을 기록하며 글로벌 공급망 압력이 크게 상승하였다. 뉴욕 연방준비은행은

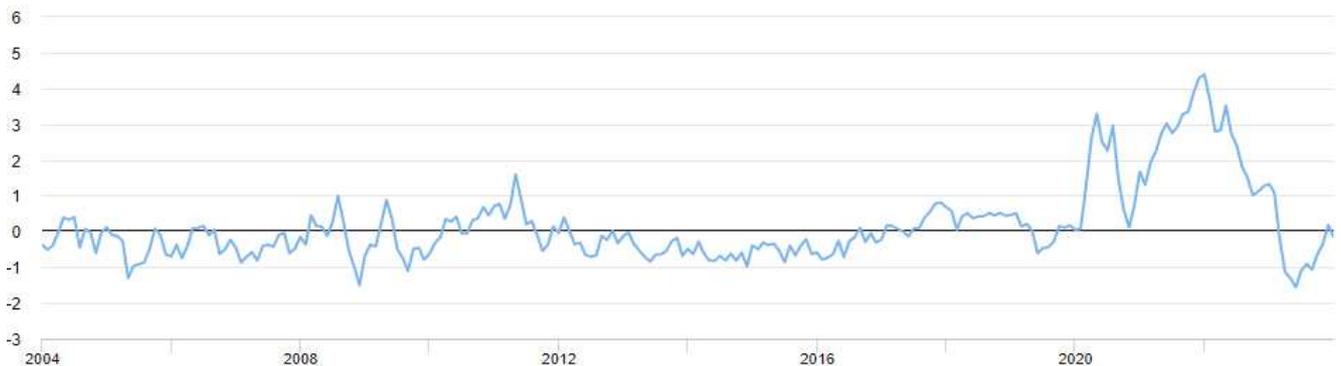


Fig. 1 Global supply chain pressure index (2004-2023)

COVID-19 발생 이후 아시아 공장의 폐쇄 및 이동 제한으로 인하여 물류 네트워크 전반의 혼란이 가중되었다고 설명하였다. 특히, 글로벌 가치사슬에서 중요한 역할을 수행하고 있는 중국 공장의 폐쇄는 다양한 국가들의 생산에 부정적인 충격을 발생시켰다.

3.2 분석방법

본 연구에서는 Sea&Air 물동량의 주요 취급항만과 인천국제공항 사례를 통해 GSCPI가 항만 물동량, 항공 물동량, Sea & Air 물동량에 미치는 영향을 VARM 분석을 통해 파악하고자 한다. 2004년부터 2023년까지 각 변수들의 안정성 여부를 확인하고자 일반적으로 많이 활용되는 단위근 검정인 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정을 진행하였다. 그리고 VARM을 진행하기에 앞서 변수들 간의 장기적인 관계에 관한 정보 유실을 확인하고자 요한슨 공적분 검정(Johansen Cointegration Test)의 Trace 통계량을 확인하였다. 이때 주의해야 할 것은 원데이터의 최적 시차길이가 p로 결정된 경우, 차분된 자료의 시차길이는 p-1로 설정해야 한다.

이후 변수들 간의 공적분 유무에 따라 VARM과 VECM 분석을 통해 Sea&Air 물동량과 GSCPI 간 관계를 알아본다. 하지만, VARM에서 추정된 계수 값을 기초로 한 가설검정은 큰 의미를 부여할 수 없다. 따라서, 충격반응함수(IRF)와 예측오차 분산분해 분석(FEVD)을 추가로 진행하고자 한다. IRF는 VARM의 추정계수를 기반으로 모형 내의 어떤 변수에 대하여 일정한 크기의 충격을 가할 때 시간의 흐름에 따라서 어떻게 반응하는지를 나타낸다. 이를 통해 어느 정도의 시차를 두고 변수 간에 영향을 미치는지 파악할 수 있으며, 변수의 시차 변화에 따른 과급효과를 분석할 수 있다. 한편, FEVD는 예측오차의 분산이 그 변수 자신 및 다른 변수의 분산에 의해서 어느 정도 설명되는지를 분석한다. 이를 통해 특정 변수의 움직임에 대하여 각 변수의 상대적인 중요도를 파악할 수 있다. FEVD의 결과는 VARM의 추정계수로 인한 IRF의 결과를 뒷받침한다는 특징이 있다. 이러한 과정을 통해 GSCPI가 Sea&Air 물동량에 미치는 영향을 심도 있게 해석하고자 하였으며, 본 연구의 흐름도는 <Fig. 2>와 같다.

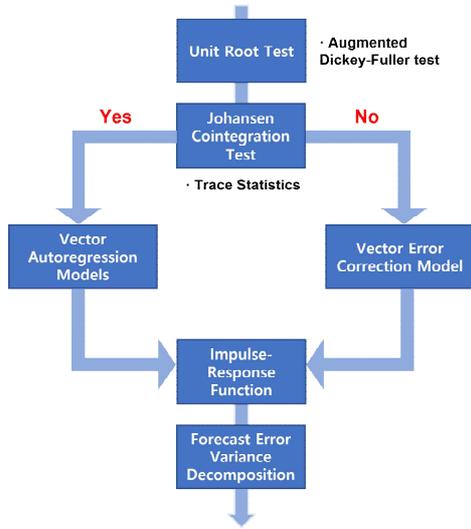


Fig. 2 Process of research

4. 실증 분석

4.1 분석개요

글로벌 공급망 리스크 지수(GSCPI)와 Sea&Air 물동량 간의 관계를 확인하기 위하여 시계열 분석을 진행한다. GSCPI는 데이터 생산자인 뉴욕연방준비은행(Federal Reserve Bank of New York)에서 제공하는 자료를 활용하였다.

2004년부터 2023년까지 항만 물동량은 Sea&Air 물동량의 99% 이상을 취급하는 인천항, 평택·당진항, 군산항에 대한 처리 물동량을 해운항만물류정보시스템(Port-mis)을 통해 수집하였다. 인천국제공항의 처리 물동량은 한국공항공사에서 발표하는 자료를 사용하였다. 마지막으로, 인천국제공항을 통한 Sea&Air 물동량은 인천연구원(2023)에서 발표한 「인천시 Sea&Air 복합운송 활성화 방안에 관한 연구」, TRASS 자료, 인천국제공항공사 보도자료를 취합하여 수집하였다. 또한, 4가지 변수(GSCPI, 항만 물동량, 인천국제공항 물동량, Sea&Air 물동량) 모두 2004년부터 2023년까지 연 단위의 자료를 분석데이터로 선정하였다.

GSCPI의 기초통계량은 평균 약 0.163, 중앙값 약 -0.221, 최댓값 약 2.973, 최솟값 약 -0.648, 표준편차 약 0.975, 왜도 약 1.737, 첨도 약 3.085로 나타났다. 항만 물동량의 기초통계

량은 평균 약 255,951,748톤, 중앙값 약 276,453,136톤, 최댓값 약 297,723,828톤, 최솟값 약 171,848,009톤, 표준편차 약 43,977,445톤, 왜도 약 -0.739, 첨도 약 -1.028로 나타났다. 인천국제공항 물동량의 기초통계량은 평균 약 3,198,597톤, 중앙값 약 3,157,715톤, 최댓값 약 3,917,931톤, 최솟값 약 2,497,813톤, 표준편차 약 398,503톤, 왜도 약 0.075, 첨도 약 -0.546으로 나타났다. Sea&Air 물동량의 기초통계량은 평균 약 49,005톤, 중앙값 약 45,446톤, 최댓값 약 98,560톤, 최솟값 약 30,079톤, 표준편차 약 16,596톤, 왜도 약 1.310, 첨도 약 2.840으로 나타났다. 아래 <Table 1>은 본 연구에서 활용한 주요 자료의 기초통계량 값이다.

4.2 단위근 검정결과

2004년부터 2023년까지 시계열의 안정성(Stationarity) 여부를 확인하기 위하여 일반적으로 많이 활용되는 단위근 검정 방법인 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정을 진행하였다. ADF 검정의 귀무가설은 '시계열에 단위근이 존재한다'이며, 대립가설은 '시계열이 정상성을 만족한다'이다. 시계열의 원데이터(Raw data)에 대한 단위근 검정결과 GSCPI는 대립가설을 채택하였지만, 항만 물동량, 항공 물동량, Sea&Air 물동량은 귀무가설을 채택하였다. 이는 대부분의 변수에서 단위근이 존재하여, 시계열이 불안정(Non-stationarity)한 상태임을 나타낸다.

다음으로 시계열 자료의 안정성을 확보하기 위하여 각 시계열을 1차 차분하여 ADF 검정을 재수행하였다. 분석결과, ADF 검정과 모든 시계열은 대립가설을 채택하여 안정적인 형태로 나타났다. 구체적으로, GSCPI, 항만 물동량, 항공 물동량은 유의수준 99% 수준에서 대립가설을 채택하였으며, Sea&Air 물동량은 유의수준 95% 수준에서 대립가설을 채택하였다. 따라서 본 연구에서는 각 시계열을 1차 차분한 값을 VARM 분석에 활용하고자 한다. ADF 검정 분석결과에 대한 자세한 내용은 <Table 2>와 같다

Table 2 ADF(Augmented Dickey Fuller) test results

Index	Raw data (T-value, P-value)	1 st Difference data (T-value, P-value)
GSCPI	-3.539712[0.0189]	-3.439971[0.0240]
Seaport	-2.104715[0.2451]	-4.212833[0.0049]
Airport	-1.933155[0.3113]	-4.784586[0.0015]
Sea&Air	-0.113837[0.9581]	-3.117174[0.0432]

Table 1 Descriptive statistics of data(2004~2023)

Index	Mean	Median	Max	Min	Std.Dev	Skewness	Kurtosis	Sum
GSCPI	0.163	-0.221	2.973	-0.648	0.975	1.737	3.085	3.253
Seaport(Ton)	255,951,748	276,453,136	297,723,828	171,848,009	43,977,445	-0.739	-1.028	5,119,034,968
Airport(Ton)	3,198,597	3,157,715	3,917,931	2,497,813	398,503	0.075	-0.546	63,971,935
Sea&Air(Ton)	49,005	45,446	98,560	30,079	16,596	1.310	2.840	980,097

4.3 공적분 검정결과

공적분 관계에 있음에도 불구하고 차분 시계열을 이용하여 분석을 진행한다면, 과잉 차분되어 변수들 간의 장기적인 관계에 관한 정보 유실이 발생할 수 있다(허익구·김경수, 2006). 따라서, 공적분 관계에 있을 경우 벡터오차수정모형(Vector Error Correction Model, VECM), 공적분 관계에 없을 경우 벡터자기회귀모형(VARM)을 사용하게 된다. 본 연구에서는 공적분 여부를 판별하고자 요한슨 공적분 검정을 통해 Trace 통계량을 확인하였다.

공적분 검정에 앞서, 벡터자기회귀모형(VARM)을 통해 적정 시차를 결정하고 활용하게 된다. 각 시계열의 과거 어느 시점까지 VARM 분석 시 포함할 것인지에 대하여 원데이터의 최근 3시점까지의 AIC(Akaike information criterion) 결과값을 기준으로 설정하였다. 최적 시차를 확인해본 결과, 항만 물동량, Sea&Air 물동량은 GSCPI에 대하여 최적 시차 개수는 2로 나타났다. 그리고 항공 물동량은 GSCPI에 대하여 최적 시차 개수는 3으로 나타났다. 이때 주의해야 할 것은 원데이터의 최적 시차길이가 p로 결정된 경우, 차분된 자료의 시차 길이는 p-1로 설정해야 한다.

요한슨 공적분 검정 Trace 통계량 분석결과, 항만 물동량, 항공 물동량, Sea&Air 물동량 모두 GSCPI와 GPR 사이에 공적분이 없는 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 변수들 간 공적분이 없는 것으로 간주하여 벡터자기회귀모형(VARM) 분석을 진행하였다. 요한슨 공적분 검정 Trace 통계량의 결과는 <Table 3>과 같다.

Table 3 The results of cointegration test

Index	Null Hypothesis	Trace Statistic	P-value
GSCPI ↔ Seaport	None	12.46225	0.1361
	At most 1	4.154614	0.0415
GSCPI ↔ Airport	None	12.18422	0.1483
	At most 1	3.389590	0.0656
GSCPI ↔ Sea&Air	None	13.23014	0.1066
	At most 1	2.804757	0.0940

4.4 VARM 분석결과

4.4.1 항만 물동량

GSCPI와 항만 물동량 간 최적 시차 1에 대한 VARM 분석 결과는 <Table 4>와 같다. GSCPI의 후행시차 1시점 전 항만 물동량에 대한 계수는 818701.7, t값은 0.15274로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 또한, 항만 물동량의 후행시차 1시점 전 GSCPI에 대한 계수는 -1.36E-08, t

값은 -0.77170으로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

Table 4 The effect of GSCPI to Seaport freight

Index	GSCPI	Seaport
GSCPI(-1)	-0.383274 [1.07482]	818701.7 [0.15274]
Seaport(-1)	-1.36E-08 [-0.77170]	-0.065583 [-0.24763]
C	0.041971 [0.16820]	6046554.0 [1.61206]

다음으로 IRF를 통해 항만 물동량에 대한 자기충격과 GSCPI가 미치는 영향을 <Fig. 3>과 같이 나타내었다.

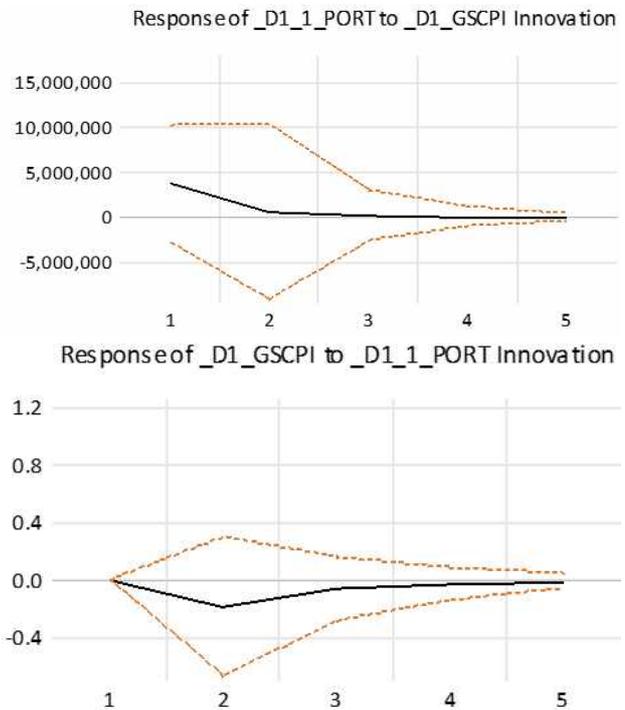


Fig. 3 IRF result of VARM(1) in Seaport freight

FEVD 분석결과, GSCPI에 충격이 발생하였을 때 장기(5년 후)에는 자체충격이 96.29%, 항만 물동량이 3.71%를 설명하는 것으로 나타났다. 즉, 장기적으로 항만 물동량은 3.71%의 크기로 GSCPI에 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 한편, 항만 물동량에 충격이 발생하였을 때 장기(5년 후)에는 자체충격이 92.71%, GSCPI가 7.29%를 설명하는 것으로 나타났다. 즉, 장기적으로 GSCPI는 7.29%의 크기로 항만 물동량에 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다.

Table 5 FEVD result of VARM(1) in Seaport freight

Index	Period	GSCPI	Seaport
GSCPI	1	100.00	0.00
	2	96.62	3.38
	3	96.33	3.67
	4	96.30	3.70
	5	96.29	3.71
Seaport	1	7.17	92.83
	2	7.27	92.73
	3	7.29	92.71
	4	7.29	92.71
	5	7.29	92.71

4.4.2 항공 물동량

GSCPI와 항공 물동량 간 최적 시차 2에 대한 VARM 분석 결과는 <Table 6>과 같다. GSCPI의 후행시차 1시점 전 항공 물동량에 대한 계수는 37792.49, t값은 0.26529로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. GSCPI의 후행시차 2시점 전 항공 물동량에 대한 계수는 -54848.81, t값은 -0.43424로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 또한, 항공 물동량의 후행시차 1시점 전 GSCPI에 대한 계수는 -5.89E-07, t값은 -0.76514로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 항공 물동량의 후행시차 2시점 전 GSCPI에 대한 계수는 -7.57E-07, t값은 -0.82866으로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

Table 6 The effect of GSCPI to Airport freight

Index	GSCPI	Airport
GSCPI(-1)	-0.159317 [0.42539]	37792.49 [0.26529]
GSCPI(-2)	-0.878826 [-2.64649]	-54848.81 [-0.43424]
Airport(-1)	-5.89E-07 [-0.76514]	-0.186523 [-0.63716]
Airport(-2)	-7.57E-07 [-0.82866]	-0.047703 [-0.13734]
C	0.173109 [0.74044]	63213.36 [0.71084]

다음으로 IRF를 통해 항공 물동량에 대한 자기충격과 GSCPI가 미치는 영향을 <Fig. 4>와 같이 나타내었다.

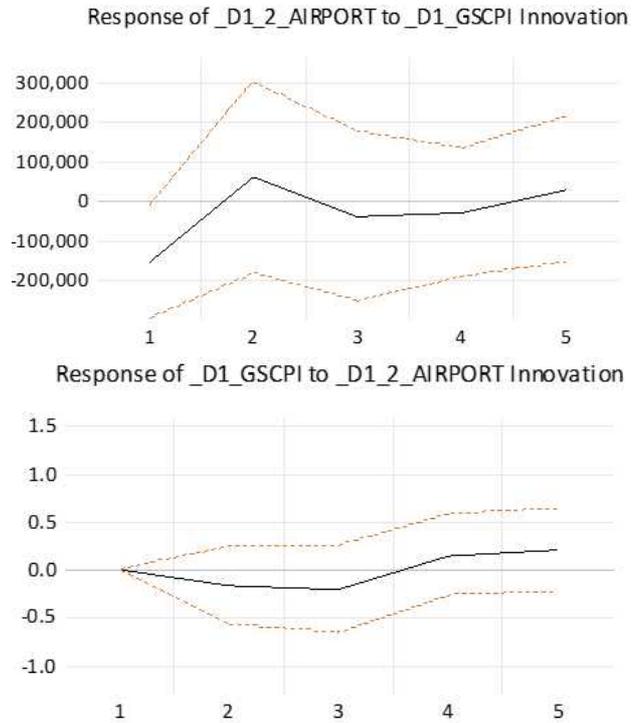


Fig. 4 IRF result of VARM(2) in Airport freight

FEVD 분석결과, GSCPI에 충격이 발생하였을 때 장기(5년 후)에는 자체충격이 91.77%, 항공 물동량이 8.23%를 설명하는 것으로 나타났다. 즉, 장기적으로 항공 물동량은 8.23%의 크기로 GSCPI에 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 한편, 항공 물동량에 충격이 발생하였을 때 장기(5년 후)에는 자체충격이 71.56%, GSCPI가 28.44%를 설명하는 것으로 나타났다. 즉, 장기적으로 GSCPI는 28.44%의 크기로 항공 물동량에 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다.

Table 7 FEVD result of VARM(2) in Airport freight

Index	Period	GSCPI	Airport
GSCPI	1	100.00	0.00
	2	96.58	3.42
	3	94.27	5.73
	4	92.99	7.01
	5	91.77	8.23
Airport	1	24.20	75.80
	2	26.21	73.79
	3	27.33	92.67
	4	27.95	92.05
	5	28.44	71.56

4.4.3 Sea&Air 물동량

GSCPI와 Sea&Air 물동량 간 최적 시차 1에 대한 VARM 분석결과는 <Table 8>과 같다. GSCPI의 후행시차 1시점 전 Sea&Air 물동량에 대한 계수는 -7532.804, t값은 -1.78757로 나타났으며, 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 또한, Sea&Air 물동량의 후행시차 1시점 전 GSCPI에 대한 계수는 1.61E-05, t값은 0.67747로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다.

Table 8 The effect of GSCPI to Sea&Air freight

Index	GSCPI	Sea&Air
GSCPI(-1)	0.304177 [0.86505]	-7532.804 [-1.78757]
Sea&Air(-1)	1.61E-05 [0.67747]	0.104912 [0.36922]
C	-0.063043 [-0.27449]	3682.218 [1.33778]

이후 IRF를 통해 Sea&Air 물동량에 대한 자기충격과 GSCPI가 미치는 영향을 <Fig. 5>와 같이 나타내었다.

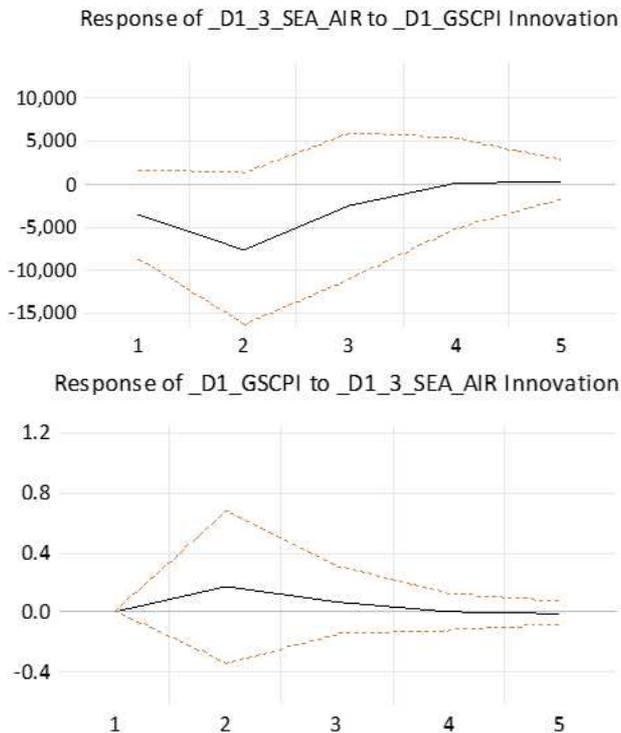


Fig. 5 IRF result of VARM(1) in Sea&Air freight

FEVD 분석결과, GSCPI에 충격이 발생하였을 때 장기(5년 후)에는 자체충격이 96.45%, Sea&Air 물동량이 3.55%를 설명하는 것으로 나타났다. 즉, 장기적으로 Sea&Air 물동량은 3.55%의 크기로 GSCPI에 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 한편, Sea&Air 물동량에 충격이 발생하였을 때 장기(5년

후)에는 자체충격이 61.43%, GSCPI가 38.57%를 설명하는 것으로 나타났다. 즉, 장기적으로 GSCPI는 38.57%의 크기로 Sea&Air 물동량에 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다.

Table 9 FEVD result of VARM(1) in Sea&Air freight

Index	Period	GSCPI	Sea&Air
GSCPI	1	100.00	0.00
	2	96.93	3.07
	3	96.45	3.55
	4	96.46	3.54
	5	96.45	3.55
Sea&Air	1	9.52	90.48
	2	36.78	63.22
	3	38.60	61.40
	4	38.52	61.48
	5	38.57	61.43

5. 결 론

5.1 연구결과의 요약 및 결론

COVID-19, 기상이변 및 자연재해, 러시아-우크라이나 전쟁 등으로 발생한 글로벌 공급망 리스크가 심화되고 있는 가운데 GSCPI를 활용한 다양한 연구가 진행되고 있다. 하지만, GSCPI와 Sea&Air 물동량 간 영향을 조사한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 글로벌 공급망 압력이 항만 물동량, 항공 물동량, Sea&Air 물동량에 미치는 영향을 벡터 자기회귀모형(VARM), 충격반응함수(IRF), 예측오차 분산분해(FEVD) 분석을 통해 비교분석하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 항만 물동량에 대한 벡터자기회귀모형(VARM) 분석 결과, GSCPI의 후행시차 1에서 항만 물동량에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 그리고 항만 물동량의 후행시차 1에서 GSCPI에 미치는 영향도 동일하게 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 또한, 충격반응함수(IRF)에서는 GSCPI로 인하여 1년 뒤 양(+)의 영향을 받지만, 2년부터 그 영향이 0으로 수렴하게 나타났다. 그리고 예측오차 분산분해(FEVD)에서는 항만 물동량에 충격이 발생하였을 때 장기적으로 자체충격이 92.71%, GSCPI가 7.29%를 설명하는 것으로 나타났다.

둘째, 항공 물동량에 대한 벡터자기회귀모형(VARM) 분석 결과 GSCPI의 후행시차 1, 2에서 항공 물동량에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 그리고 항공 물동량의 후행시차 1, 2에서 GSCPI에 미치는 영향도 동일하게 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 또한, 충격반응함수(IRF)에서는 GSCPI가 항공 물동량에 대해 초기(1년 후)에 음

(-)의 영향을 주지만, 3년 이후부터는 그 영향이 미비한 것으로 나타났다. 그리고 예측오차 분산분해(FEVD)에서는 항공 물동량에 충격이 발생하였을 때 장기적으로 자체충격이 71.56%, GSCPI가 28.44%를 설명하는 것으로 나타났다.

셋째, Sea&Air 물동량에 대한 벡터자기회귀모형(VARM) 분석결과 GSCPI의 후행시차 1에서 Sea&Air 물동량에 음(-)의 영향을 주며 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이는 항만 물동량, 항공 물동량과 비교하여 Sea&AIR 물동량이 글로벌 공급망 압력에 민감하다는 것을 나타낸다. 이와 반대로, Sea&Air 물동량의 후행시차 1에서 Sea&Air 물동량에 미치는 영향은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 또한, 충격반응함수(IRF)에서는 GSCPI가 Sea&Air 물동량에 대해 1년-3년에서 음(-)의 영향을 주지만, 4년 이후부터 미치는 영향이 미비한 것으로 나타났다. 그리고 예측오차 분산분해(FEVD)에서는 Sea&Air 물동량에 충격이 발생하였을 때 장기적으로 자체충격이 61.43%, GSCPI가 38.57%를 설명하는 것으로 나타났다.

분석결과에 대한 시사점으로 첫째, Sea&Air 물동량의 안정적인 유지를 위해서 글로벌 공급망 관리를 위한 각별한 주의가 필요하다. Sea&Air 물동량은 항만 물동량 및 항공 물동량과 비교하여 글로벌 공급망 압력에 더 민감한 것으로 나타났다. 예측오차 분산분해(FEVD) 분석결과, GSCPI가 장기적(5년 뒤)으로 항만 물동량과 항공 물동량에 미치는 영향은 각각 7.29%, 28.44%로 나타난 반면, Sea&Air 물동량은 38.57%의 영향을 받는 것으로 나타났다. 우리나라 Sea&Air 물동량 출발국가를 살펴보면 중국이 99% 이상이며, 우리나라는 중국으로부터 발생하는 Sea&Air 물동량의 의존도가 굉장히 높은 상황이다. 이는 중국 동북 3성(지린성, 랴오닝성, 헤이룽장성)과 산둥성 지역의 경우 인천항, 평택항, 군산항 등으로 입항하여 인천국제공항으로 빠져나가는 Sea&Air 복합운송이 매우 효율적이기 때문이다. 하지만, 이는 COVID-19와 같이 중국의 글로벌 공급망 리스크에 따라 Sea&Air 물동량이 영향을 받을 수 밖에 없는 환경을 의미한다. 이러한 분석결과는 정책 결정자들이 글로벌 공급망 전략을 실행하는데 있어 중요한 시사점을 제공한다. 위기사태 발생 시 비교적 글로벌 공급망 압력으로부터 영향이 적은 항만 및 항공 보다 Sea&Air 물동량의 안정적인 글로벌 공급망 관리 전략이 시급한 상황이다. 정부는 Sea&Air 물동량의 글로벌 공급망 리스크에 대한 이해를 통해 비상 시나리오를 준비하고 적시에 대응할 준비를 해야한다.

둘째, 우리나라는 가덕도신공항 개장에 맞추어 Sea&Air 물동량 제고를 위한 새로운 기회를 탐색할 필요가 있다. 우리나라 Sea&Air 물동량 중 일부는 부산항, 부산신항, 광양항에서 하역 후, 인천국제공항을 통해 운송되는 비효율적인 구조이다. 2029년 12월 가덕도신공항 개장 후 기존 일본 서안, 극동러시아 등으로 들어오는 화물에 대하여 체계적인 Sea&Air 복합운송 체계를 갖추어 효율적인 공급망을 구축할 필요가 있다. 또한, 가덕도신공항을 통해 신규 네트워크를 구축하는 등 Sea&

Air 물동량 유치 및 글로벌 네트워크 다각화를 위한 다양한 노력이 필요할 것으로 고려된다. 이와 더불어, 우리나라에서 2트랙(인천국제공항, 가덕도신공항)으로 Sea&Air 복합운송 체계가 구축된다면 위기상황 속에서 상호대체 보완 작용이 가능하여, 글로벌 공급망 변화에 선제적으로 대응할 수 있기를 기대한다.

5.2 연구의 한계 및 향후연구

본 연구는 GSCPI가 항만 물동량, 항공 물동량, Sea&Air 물동량에 미치는 영향을 벡터자기회귀모형(VARM), 충격반응함수(IRF), 예측오차 분산분해(FEVD) 분석을 통해 비교분석하였으며, Sea&Air 물동량에 대한 다양한 시사점을 도출하였다. 하지만, 우리나라에서 취급하는 Sea&Air 물동량은 항만 물동량 및 항공 물동량과 비교하여 상대적으로 매우 미비하며, 분석대상이 국내 주요 항만 및 인천국제공항으로 한정되었다는 한계점이 있다. 따라서, Sea&Air 물동량을 주로 취급하는 두바이, 싱가포르 등 국외사례를 바탕으로 추가적인 연구가 진행된다면 연구결과의 신뢰성을 제고할 수 있을 것이라 판단된다. 또한, 향후 가덕도신공항이 개장된 이후 글로벌 공급망 압력이 가덕도신공항의 Sea&Air 물동량에 미치는 영향을 추가적으로 파악할 필요가 있다. 그리고 인천국제공항, 가덕도신공항 2트랙 체계를 효율적으로 운영하기 위한 다양한 정책적 방안이 제안되길 기대한다.

References

- [1] Açık, A.(2023), "Analyzing the impact of container shipping service reliability on global supply chain pressure: An asymmetric approach", *Journal of Marine and Life Sciences*, Vol. 5, No. 2, pp. 40-50.
- [2] Ascari, G. et al.(2024), "Global supply chain pressures, inflation, and implications for monetary policy", *Journal of International Money and Finance*, Vol. 142, pp. 1-25.
- [3] Benigno, G., Di Giovanni, J., Groen, J. J., and Noble, A. I.(2022), "The GSCPI: A new barometer of global supply chain pressures", FRB of New York Staff Report.
- [4] Choi, B. S.(2020), "A study on transportation mode choice factors between air and sea for Korea-China Cross Border E-Commerce", Inha University, Master's Thesis.
- [5] Ferrari, E., Christidis, P. and Bolsi, P.(2023), "The impact of rising maritime transport costs on international trade: Estimation using a multi-region general equilibrium model", *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, Vol. 22, 100985.
- [6] Incheon Institute(II)(2023), "A Study on the Promotion of Sea & Air Transportation in Incheon City".

- [7] ISHIHARA, H. et al.(2024), "Air transport on th Export Cargo from East Asia to North America", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 15, pp. 1330-1349.
- [8] Jung, et al.(2012), "Forecasting and Suggesting the Activation Strategies for Sea & Air Transportation between Korea and China", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 36, No. 10, pp. 905-910.
- [9] Kim, H. H. and Choi, D. H.(2023), "An Criticality Analysis of Factors Attracting Sea & Air Transshipment Cargo to Incheon Port : Focusing on Cross Border E-Commerce volume from China", Journal of the Korean Production and Operations Management Society, Vol. 34, No. 2, pp. 259-275.
- [10] Kim, J. W. and Ro, Y. J.(2023), "Economic Effects of Global Supply Chain Shocks -Inflation and Economic Growth Aspects", Journal of The Korean Official Statistics, Vol. 28, No. 1, pp. 98-116.
- [11] Kim, S. K. and Kim, C. H.(2023), "Effect of Supply Chain Risk on Port Container freight: Focusing on the Case of Busan Port", Journal of Korea Port Economic Association, Vol. 39, No. 2, pp. 25-39.
- [12] Kim, Y. J. and Kim, C. H.(2023), "Effect of Risk Management on Port and Regional Economic Performance", Journal of the Korean Production and Operations Management Society, Vol. 34, No. 1, pp. 81-95.
- [13] Lee, J.(2022), "Changes in external conditions surrounding the global supply chain and counter measures", KIET Monthly Industrial Economics, Vol. 281, pp. 7-22.
- [14] Lee. S. J.(2022), "Comparison of Support Policies for Supply Chain Management(SCM) in COVID-1", Journal of International Trade and Insurance, Vol. 23, No. 5, pp. 61-75.
- [15] Park, D. Y. and Kim, J. H.(2023), "The Impact of GVC Participation and Supply Chain Disruptions on Domestic Inflation Fluctuations : A Case of South Korea", Journal of Management & Economics, Vol. 45, No. 4, pp. 123-151.
- [16] Park, S. J.(2024), "A Study on the Improvements of Korea-China Multimodal transportation using ISM", Incheon National University, Master's Thesis.
- [17] Park, Y. N. and Kim, H. J.(2021), "The Study on the Activation of Sea & Air transportation between Korea and China Using RFS", Korean Journal of Logistics, Vol. 29, No. 3, pp. 17-29.
- [18] Park, Y. N., Park, Y. H. and Choi, Y. J.(2023), "The Study on the Convertibility between Air and Sea Cargo Commodity", Korean Journal of Logistics, Vol. 31, No. 2, pp. 1-15.
- [19] Ro, Y. J. and Kim, J. W.(2023), "The Analysis on the Effect of Global Supply Chain Shock on Firm's Investment", Journal of Industrial Economics and Trade, Vol. 7, No. 1, pp. 1-21.
- [20] Ryu and Nam(2024), "A Study on Impact of Factors Influencing Maritime Freight Rates Using Poisson and Negative Binomial Regression Analysis on Blank Sailings of Shipping Companies", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 48, No. 1, pp. 62-77.

Received 06 November 2024

Revised 21 November 2024

Accepted 04 December 2024