

## 코로나 팬데믹에 따른 항만물류 네트워크 변화 분석 연구

손유미\* · 김화영\*\*

### A Study on the Analysis of Effect on Port Logistics Network due to COVID-19 Pandemic

Son, Yoomi · Kim, Hwayoung

#### Abstract

This study examines the impact of the changes to the port logistics before and after the COVID-19 pandemic. Specifically, the study focuses on analyzing the changes to Korea's container ports network. Furthermore, this study examines the influence of the ports in the container port network before and after the COVID-19 Pandemic using the network analysis method such as centrality indexes (degree centrality, closeness centrality, and betweenness centrality) to identify changes in the structure and properties of the networks between 2018 and 2021.

In this study, We analyzes the changes in the container port networks of Busan, Gwangyang, Incheon, Ulsan, and Pyeongtaek-Dangjin, the five largest ports in Korea. As a result, in case of the Busan port, Singapore port plays an important role, while Busan port plays key roles in ports of Gwangyang, Incheon, and Ulsan. In case of the Gwangyang port, Port Kelang in Malaysia has become increasingly influential as a result of the Malaysian government's policies to overcome the pandemic. In the Incheon port, Japanese ports are playing intermediary roles between their ports and those in the Incheon port network. In the case of Ulsan port, the influence of Korean ports is high, and in the case of Pyeongtaek-Dangjin port, Southeast Asian ports play a role as intermediaries between ports.

By analyzing the changes in Korea's port logistics networks, this study can be used as a reference point when responding to uncertainty situations that cause changes to port logistics, such as the COVID-19 pandemic, in the future.

*Key words: Port, Logistics, Network, COVID-Pandemic*

▷ 논문접수: 2023. 12. 05.      ▷ 심사완료: 2023. 12. 23.      ▷ 게재확정: 2023. 12. 28.

\* 국립목포해양대학교 대학원 해상운송시스템학과 석사과정, 제1저자, sym436@mmu.ac.kr

\*\* 국립목포해양대학교 해상운송학부 교수, 교신저자, hwayoung@mmu.ac.kr

## I. 서론

항만물류 분야는 환경규제 강화, 디지털화와 자동화, 전쟁 등으로 새로운 불확실성의 시대를 맞이하고 있으며 코로나 팬데믹(COVID-19 Pandemic)은 항만물류에 가장 큰 충격을 준 요소이다. 선사는 코로나 팬데믹 시기 물동량 감소를 예상하여 선복량을 감축하였지만, 소비회복에 따른 물동량 증가와 코로나19 방역 조치로 인한 물류 인력 부족 및 대규모 감염 사태로 인한 항만 폐쇄가 맞물려 심각한 항만 혼잡과 항만 적체가 발생하였다. 코로나 팬데믹 시기 상하이 컨테이너 운임지수는 5배 가까이 폭등하였고 기업들의 물류비 부담도 증가하였다.

코로나 팬데믹은 우리나라의 항만물류에 큰 변화를 불러왔는데 우리나라 최대 항만인 부산항과 국내의 컨테이너 항만은 코로나 팬데믹 초기 교역량이 줄어들어 물동량 감소를 겪었으며 글로벌 물류 적체 현상으로 부산항과 광양항의 장치율이 90%에 육박하기도 하였다(해양한국, 2021). 또한 2020년 부산 감천항에서는 러시아 선원이 코로나19에 걸려 항만 작업자가 격리 조치되었고 이에 따라 항만 운영 전체가 중단되는 사례가 발생하기도 하였다(김성기·김찬호, 2021). 2022년 기준 세계 6위의 수출국이자 무역의존도가 높은 우리나라에서 수출입 물동량의 대부분을 처리하는 항만은 국가 경제를 책임지는 기반 시설이자 글로벌 공급망의 핵심 거점이다. 따라서 코로나 팬데믹과 같이 항만물류의 변화를 가져오는 불확실한 상황에 대응하는 전략 마련은 필수적이다.

본 연구는 항만 물류 분야에 가장 큰 영향을 미친 코로나 팬데믹 발생 전후의 변화를 살펴보고 코로나 팬데믹과 같이 항만물류의 불확실성을 야기하는 상황에 대응하기 위한 시사점을 도출하고자 하였다. 이를 위해 국내 5대 컨테이너 항만인 부산항, 광양항, 인천항, 울산항, 평택·당진항을 중심으로 코로나 팬데믹 전인 2018년과 2019년, 코로나 팬데

믹 후인 2020년과 2021년 우리나라 컨테이너 항만의 네트워크 구조의 특징과 코로나 팬데믹 전과 후로 네트워크를 구성하는 항만의 영향력 변화를 분석하였다. 이를 위해 국내 5대 컨테이너 항만에 기항하는 정기선 네트워크를 네트워크 분석에 널리 쓰이는 소셜네트워크분석(SNA) 방법을 활용하여 분석하였다.

## II. 선행 연구 분석

본 연구에서는 코로나 팬데믹에 따른 항만물류의 변화와 국내 컨테이너 항만에 관한 연구를 중심으로 선행 연구를 분석하고 본 연구의 차별성을 확보하였다.

Lianjie Jin et al. (2022)는 코로나19가 중국의 정기선 해운 네트워크에 미치는 영향을 알아보기 위해 AIS 데이터를 활용하여 중국의 주요 정기선 항로와 항만 네트워크의 효율성 및 연결성의 변화를 복잡계 네트워크를 활용하여 분석하였다. 분석 결과 코로나 팬데믹 동안 중국의 국제 정기선 네트워크 규모는 증가하였고 더 적은 허브 항만에 항로가 모이는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고 전반적인 연결성과 연결 강도는 감소한 것으로 나타났다. 항만의 관점에서 코로나 팬데믹 동안 중국 항만의 경쟁력은 크게 향상되었고 부산항(Busan)과 싱가포르항(Singapore), 홍콩항(Hong Kong)이 중국의 정기선 해운 네트워크에 큰 영향을 미쳤음을 밝혔다.

장진열·송상화(2022)는 코로나 팬데믹 물류대란의 현상이 채찍효과에 의한 현상과 유사하다고 가정하고 물류대란에서 채찍효과가 발생하는지 여부와 어떠한 해법이 있는지를 연구하였다. 분석 결과 해상 운송 리드타임 감소, 안전재고의 증가, 각 노드의 정보공유가 보유 재고의 감소와 함께 채찍효과를 감소시키는 것으로 나타났다.

이정행(2023)은 코로나 팬데믹에 따른 아시아-미

주 컨테이너 항로의 네트워크 변화를 소셜네트워크 분석(SNA)을 활용하여 분석하였다. 소셜네트워크 분석(SNA)의 중심성 지수 중 내향 연결정도 중심성(In-degree centrality), 외향 연결정도 중심성(Out-degree centrality), 매개 중심성(Betweenness centrality), 근접 중심성(Closeness centrality), 허브 앤 어쏘리티 중심성(Hub and Authority)을 사용하였으며 투입 선박의 수와 항차 중복 횟수를 가중치로 반영하였다. 분석 결과 코로나 팬데믹으로 인해 대만의 가오슝(Kaohsiung), 미국의 로스앤젤레스(Los Angeles) 오클랜드(Oakland) 등의 항만에서 연결성 변화가 잦았으며 대형 항만보다는 주로 소형 항만에서 많은 변화가 이루어진 것으로 나타났다.

류기진 외 3인(2018)은 2012년부터 2016년까지 부산항을 기항하는 컨테이너 정기선 항로의 패턴을 분석하고자 소셜네트워크분석(SNA)의 연결정도 중심성(Degree centrality), 근접 중심성(Closeness centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality)을 활용하여 부산항과 연결되어 있는 항만 네트워크의 구조적인 특성에 대해 파악하였다. 분석 결과 부산항에 지속해서 높은 영향력을 가지는 항만은 싱가포르항(Singapore)으로 분석되었지만 부산항과 싱가포르 간의 컨테이너 물동량은 적기 때문에 물동량과 네트워크상의 영향력은 동일하지 않다는 점을 밝혔다.

김두환·이강배(2020)는 부산항 컨테이너 물동량의 정확한 예측을 위해 딥러닝 모형 중 Long Short-Term Memory(LSTM) 모형을 활용하여 컨테이너 물동량을 예측하고 Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average(SARIMA) 모형을 통해 예측한 결과와 비교하여 LSTM 모형이 SARIMA 모형보다 예측 정확도가 더욱 높다는 것을 확인하였다. 또한 높은 정확도를 가진 예측치가 해운 항만물류 산업 및 항만 운영 이해관계자들의 투자 의사 결정 도구로 활용될 수 있으며 항만 운영 전략 수립에도 도움이 될 것으로 기대하였다.

노영진 외 2인(2021)은 컨테이너선 용선료 결정

모형에 기초하여 해운선사들의 해운동맹 가입 여부와 선사들의 국적이 컨테이너 용선료 결정에 미치는 효과를 분석하였다. 분석 결과 해운동맹에 가입하거나 유럽지역에 기반한 선사들이 그렇지 않은 선사들에 비해 더 낮은 수준의 용선료를 지불하고 있음을 밝혔다. 하지만 연구의 한계점으로 이러한 용선료 차이를 초래하는 원인에 대해서는 제시하지 못하였다.

Nguyen and Kim(2022)은 동북아시아 주요 컨테이너 항만 네트워크의 특징을 소셜네트워크분석(SNA), 요구사항 우선순위기법(TOPSIS: Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)과 Fuzzy C-Means(FCM) 방법을 활용하여 분석하였다. 분석 결과 동북아시아는 중국의 상하이항(Shanghai), 선전항(Shenzhen)과 홍콩항(Hong Kong), 부산항(Busan)을 중심으로 강하게 연결된 해상 네트워크가 존재하며 코로나 팬데믹으로 인해서 동북아 지역의 거의 모든 컨테이너 항만의 물동량과 연결성은 감소한 것으로 나타났다.

선행 연구 분석 결과 국내 컨테이너 항만과 관련된 연구는 주로 부산항을 중심으로 수행되었고 광양항, 인천항, 울산항, 평택·당진항과 같은 국내 다른 항만들의 네트워크 변화와 관련된 연구는 부족하였다. 이에 본 연구에서는 코로나 팬데믹으로 인한 국내 항만물류의 변화를 살펴보고자 부산항과 더불어 광양항, 인천항, 울산항, 평택·당진항을 포함하는 국내 5대 컨테이너 항만의 정기선 네트워크 변화를 분석함으로써 선행 연구와 차별점을 두었다.

### III. 연구 모형

#### 1. 소셜네트워크분석(SNA) 방법

본 연구는 코로나 팬데믹 전후로 항만물류 네트워크가 어떻게 변화되었는지 소셜네트워크분석(SNA) 방법을 활용하여 국내 컨테이너 항만 네트워크의 변

화를 분석하였다. 네트워크 분석에 활용한 소셜네트워크분석 방법은 네트워크를 구성하는 노드(Node)와 노드 간을 연결하는 링크(Link)를 통해 네트워크의 구조적 특징을 분석하는 방법이다(김석수, 2018).

본 연구에서 노드는 컨테이너 항만 네트워크에서 항만이며 링크는 노드 사이를 잇는 항로에 해당한다. 소셜네트워크분석에서 네트워크를 파악하는 개념에는 밀도(Density)가 있다. 밀도는 네트워크에서 링크가 얼마나 촘촘히 연결되어 있는지를 나타낸다. 밀도는 네트워크에서 최대한 연결될 수 있는 링크 수 대비 실제 연결된 링크 수의 비율로, 식(1)으로 구할 수 있다(손동원, 2002). 따라서 밀도가 높을수록 네트워크상에서 항로가 뻗어나가게 연결되어 있음을 의미한다.

$$Density = k/g(g-1)/2 \quad (1)$$

$k$  = 실제 연결된 링크 수

$g$  = 전체 네트워크에 존재하는 노드의 개수

또한 소셜네트워크분석에는 네트워크 내에서 어떤 노드가 중요한 역할을 하는지 판단할 수 있는 중심성 지수가 있다. 대표적인 중심성 지수에는 연결정도 중심성(Degree centrality), 근접 중심성(Closeness centrality) 그리고 매개 중심성(Betweenness centrality)이 있다(곽기영, 2017). 연결정도 중심성은 대상 노드에 다른 노드가 얼마나 많이 직접 연결되어 있는지를 나타낸다. 따라서 연결정도 중심성은 대상 항만이 얼마나 많은 다른 항만과 직접 연결되어 있는지를 나타낸다. 다른 노드와 직접 연결된 횟수에서  $g-1$ (전체 네트워크에 존재하는 노드의 개수 - 1)을 나누어 줌으로써 식(2)와 같이 상대적인 연결정도 중심성을 구할 수 있다.

$$D_i = \sum_{j=1}^g Z_{ij} / (g-1) \quad (2)$$

$D_i$  = 노드  $i$ 의 연결정도 중심성

$Z_{ij}$  = 노드  $i$ 와 노드  $j$ 의 직접 연결

또한 연결정도 중심성을 활용하여 하나의 노드가 링크를 독점하는지 또는 모든 노드가 균등한 수의 링크를 가지는지 파악할 수 있는 지수인 집중도(Centralization index)를 구할 수 있다. 집중도가 1에 가까울수록 하나의 항만에 많은 항로가 집중되어 있고 0에 가까울수록 항로가 분산되어 있음을 의미한다. 집중도는 100%~0%로도 나타낼 수 있으며 다음 식(3)과 같이 구할 수 있다(김용학·김영진, 2016).

$$C_D = \frac{\sum_{i=1}^g [C_D(p^*) - C_D(p_i)]}{\max \sum_{i=1}^g [C_D(p^*) - C_D(p_i)]} \quad (3)$$

$C_D$  = 네트워크의 집중도

$C_D(p_i)$  = 노드  $i$ 의 연결정도 중심성

$C_D(p^*)$  = 네트워크에서 연결정도 중심성 최댓값

$$\max \sum_{i=1}^g [C_D(p^*) - C_D(p_i)]$$

= 한 노드의 연결정도 중심성과 나머지 노드의 연결정도 중심성 차이가 최대가 되는 경우의 합

근접 중심성은 한 노드가 네트워크의 다른 모든 노드와 얼마나 가까이 연결되어 있는가를 알려주는 개념이다(류기진, 2017). 근접 중심성은 한 노드가 네트워크상의 다른 모든 노드에 도달하는 데 걸리는 최소 단계를 합산하여 구한다. 다른 노드에 도달하기 위한 단계는 짧을수록 유리하므로 해석의 용이성을 위해 측정값에 역수를 취하여 나타낸다. 표준화를 위해 이론상 가질 수 있는 최대 근접 중심성인  $1/(g-1)$ 을 나누어 상대적인 근접 중심성을 식(4)와 같이 구할 수 있다. 즉 근접 중심성이 높은 항만일수록 네트워크상에서 다른 항만과 가까이 연결되어 네트워크상에서 직·간접적인 영향력을 발휘할 수 있다(강동

준 외 2인, 2014).

$$C_i = (g-1) \left[ \sum_{j=1}^g X_{ij} \right]^{-1} \quad (4)$$

$C_i$  = 노드  $i$ 의 근접 중심성

$g$  = 전체 네트워크에 존재하는 노드의 개수

$X_{ij}$  = 노드  $i$ 에서 노드  $j$ 까지의 직/간접 연결 단계

매개 중심성은 네트워크에서 한 노드가 다른 노드 쌍 사이에 위치하는 정도를 정량화한 값이다. 매개 중심성은 대상 항만이 네트워크상에서 서로 다른 항만들 사이에서 다리 역할을 하는 정도를 알려준다. 이론상 가능한 최대 매개 중심성은 전체  $g$ 개의 노드로 구성된 네트워크의 노드에서 해당 노드를 제외한  $(g-1)$  개의 최대 링크 개수인  $g-1 C_2 = (g-1)(g-2)/2$ 이다(곽기영, 2017). 따라서 상대적인 매개 중심성은 노드 쌍 사이를 잇는 최단 경로에 해당 노드가 존재하는 확률을 이론상 가능한 최대 매개 중심성으로 나누어 식(5)와 같이 구할 수 있다(이정행, 2023). 즉 매개 중심성은 서로 다른 항만들 사이를 잇는 최단 경로에서 해당 항만을 거칠 확률을 고려하여 계산할 수 있다.

$$B_i = \left( \sum_{j=1}^g X_{iMj} / X_{ij} \right) [2 / (g-1)(g-2)] \quad (5)$$

$B_i$  = 노드  $i$ 의 매개 중심성

$g$  = 전체 네트워크에 존재하는 노드의 개수

$X_{iMj}$  = 노드  $M$ 이 노드  $i$ 와 노드  $j$ 사이를 잇는 최단 경로에 위치하는 횟수

$X_{ij}$  = 노드  $i$ 와 노드  $j$ 사이의 최단 경로의 수

## 2. 분석 범위 및 데이터

본 연구는 코로나 팬데믹 전후로 우리나라 항만물류의 변화를 살펴보고자 국내 컨테이너 항만의 정기선 네트워크 변화를 소셜네트워크분석 방법을 활용하여 분석하고자 하였다. 국내 5대 컨테이너 항만인 부산항, 광양항, 인천항, 울산항, 평택·당진항을 대상으로 하였고 분석 기간은 코로나 팬데믹 전인 2018년과 2019년 코로나 팬데믹 이후인 2020년과 2021년으로 설정하였다. 분석에 활용한 부산항, 광양항, 인천항, 울산항, 평택·당진항을 기항하는 정기선 항로 정보는 알파라이너(Alphaliner)와 항만공사 통계자료를 통해 수집하였다. 소셜네트워크분석 소프트웨어로는 Netminer 4.0을 사용하였다.

## IV. 국내 컨테이너 항만 현황

### 1. 국내 컨테이너 항만의 정기선 항로

국내 5대 컨테이너 항만인 부산항, 광양항, 인천항, 울산항, 평택·당진항의 정기선 항로 수 추이는 표 1.과 같다. 부산항은 글로벌 컨테이너 항만이자 세계 2위의 환적항만으로 국내에서 가장 많은 정기선 항로를 제공하고 있으며 아시아 지역을 비롯한 미주와 구주, 중동 항로에 이르기까지 폭넓은 지역에 정기선 항로를 운영하고 있다. 부산항은 2021년에 러시아를 비롯하여 오세아니아로 향하는 항로와 부산항의 최대 환적 물동량의 최종 목적지인 중국과 일본으로 향하는 정기선 항로 8개가 증가하여 역대 최다 정기선 항로 수를 기록하였다(물류신문, 2021). 부산항 다음으로 광양항이 부산항에 비해 수는 적지만 다양한 지역에 정기 항로를 운영하고 있다. 인천항은 정기선 항로 수가 꾸준히 증가하고 있으며 동북아와 동남아, 미주지역 및 기타 지역을 운항하는 정기선 항로를 운영하고 있다. 인천항은 2020년에 동남아와 러시아, 중국 지역을 운항하는 신규항로를

유치하여 코로나 팬데믹의 영향에도 불구하고 정기선 항로 수가 증가하였다(인천항만공사, 2020). 울산항의 경우 동남아와 중국, 일본을 기항하는 정기 항로를 운영하고 있으며 코로나 팬데믹 이후인 2020년 항로 수가 감소하였으나 2021년 회복세를 보였다. 평택·당진항은 중국과 대만, 홍콩, 동남아시아 국가를 기항하는 정기선 항로를 운영 중이며 항로 수에는 코로나 팬데믹 전후로 큰 변화가 나타나지 않았다.

## 2. 국내 컨테이너 항만 물동량

국내 컨테이너 항만의 물동량 추이는 표 2.와 같다. 국내 컨테이너 항만의 총 컨테이너 물동량은 코로나 팬데믹 초기인 2020년에 다소 감소하였지만, 세계 경기 회복세로 인해 2021년에는 코로나 팬데믹

전인 2018년보다도 많은 컨테이너 물동량을 처리하였다. 우리나라 컨테이너 물동량의 약 75%를 처리하는 부산항의 경우 2021년에 역대 최다 컨테이너 물동량을 기록하였다. 광양항은 2020년 국내 3대 컨테이너 항만 중 가장 큰 물동량 감소를 겪었으며 지속해서 컨테이너 물동량이 감소하고 있다. 해양수산부는 광양항 컨테이너 물동량이 감소한 주요 원인은 정기선 기항 차수가 적고, 정기선 항로 다각화가 부족하기 때문이라고 분석하였다. 그에 반해 인천항은 코로나 팬데믹 이후인 2020년과 2021년에 오히려 컨테이너 물동량이 증가하였다. 인천항만공사는 인천항 2대 교역국인 중국, 베트남의 물동량 증가와 신규 항로 유치를 통한 서비스 다양화가 물동량 증가의 원인이라고 설명하였다(인천항만공사, 2020, 2021).

표 1. 국내 컨테이너 항만의 정기선 항로 수 추이

(단위 : 개)

구분	정기선 항로 수			
	2018년	2019년	2020년	2021년
부산항	263	268	269	279
광양항	83	75	81	82
인천항	47	48	51	56
울산항	40	40	37	42
평택·당진항	12	13	13	13
합계	445	444	451	472

자료: 각 항만공사 연도별 통계자료, 2019~2022, Alphaliner

주) 부산항: 주당 노선 수

광양항: 항만공사 홈페이지, 컨테이너 서비스 현황의 각 연도별 12.31. 기준

인천항: 카페리 제외 풀컨테이너선 기준

평택·당진항의 경우 중국 컨테이너 물동량 증가와 함께 물동량이 지속해서 증가하고 있으며 울산항의 경우 글로벌 물류대란의 영향으로 선사가 울산항을 건너뛰는 현상이 발생하면서 2021년 물동량이 큰 폭으로 감소하였다.

## V. 네트워크 분석 결과

### 1. 부산항 네트워크 분석 결과

부산항을 기항하는 정기선 네트워크의 특성 변화는 표 3.과 같다. 부산항의 경우 노드 수 즉 네트워크 내의 항만의 수는 2018년부터 2020년까지 지속해

서 감소하다가 2021년 291개로 증가하였고 항만과 항만 간을 연결하는 링크 또한 2020년까지 지속해서 감소하다가 2021년 1,150개로 증가하였다. 밀도는 코로나 팬데믹 이후인 2020년과 2021년에 다소 증가하였다. 특정 노드에 링크가 집중된 정도인 집중도는 2020년에 37.4%로 가장 높았으며 코로나 팬데믹 이전인 2018년과 2019년에 비해 코로나 팬데믹 이후 집

중도가 더 증가하였다. 항만에 평균적으로 연결된 다른 항만의 개수인 평균 연결정도(Average degree)는 2021년에 3.948개로 가장 많았으며 다른 항만까지 도달하기 위한 단계의 평균인 평균 경로거리(Mean distance)는 2021년에 4.217로 가장 짧았다. 따라서 부산항의 경우 분석 기간 중 2021년에 항만 간 연결성이 양호하였다고 볼 수 있다.

표 2. 국내 컨테이너 항만 물동량 추이

(단위: 천TEU, %)

항만	2018년	증감	2019년	증감	2020년	증감	2021년	증감
	부산항	21,663	5.7	21,992	1.5	21,824	-0.8	22,706
인천항	3,121	2.4	3,092	-0.9	3,272	5.8	3,354	2.5
광양항	2,408	7.8	2,378	-1.3	2,159	-9.2	2,125	-1.6
평택·당진항	690	7.2	725	5.1	793	9.3	936	18.1
울산항	490	5.1	517	5.6	536	3.6	457	-14.7
5대 항만 합계	28,372	5.5	28,705	1.2	28,583	-0.4	29,578	3.5
국내 합계	28,970	5.5	29,226	0.9	29,101	-0.4	30,038	3.2

자료: PORT-MIS

표 3. 부산항 기항 정기선 네트워크의 특성 변화

(단위: 개, 단계)

구분	2018년	2019년	2020년	2021년
노드(Node)	293	289	278	291
링크(Link)	1,148	1,107	1,070	1,150
밀도(Density)	0.013	0.013	0.014	0.014
집중도 (Centralization index)	33.7%	34.9%	37.4%	36.0%
평균 연결정도 (Average degree)	3.915	3.827	3.845	3.948
평균 경로거리 (Mean distance)	4.233	4.251	4.235	4.217

코로나 팬데믹 전과 후 부산항을 기항하는 정기선 네트워크의 변화를 살펴보기 위해 부산항을 제외하고 2021년 매개 중심성 상위 10위 항만인 싱가포르(Singapore), 말레이시아의 포트클랑항(Port Kelang), 홍콩항(Hong Kong), 상하이항(Shanghai), 대만의 가오슝항(Kaohsiung), 브라질의 산토스항(Santos), 그리스의 피레우스항(Piraeus), 일본의 요코하마항(Yokohama), 멕시코의 만사니요항(Manzanillo), 사우디아라비아의 제다항(Jeddah)을 중심으로 네트워크상에서의 영향력 변화를 살펴보았다. x축과 y축을 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성으로 하여 코로나 팬데믹 전인 2018년과 코로나 팬데믹 후인 2021년의 변화를 그림과 같이 나타냈다. 싱가포르항(Singapore)의 경우 부산항을 기항하는 정기선 네트워크상에서 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성이 다른 항만에 비해 모두 높아 네트워크상 영향력이 크지만 2018년과 비교하여 코로나 팬데믹 이후 모든 중심성 지수가 하락하여 영향력이 감소하였다고 볼 수 있다. 또한 상하이항(Shanghai)도 싱가포르항(Singapore)과 마찬가지로 모든 중심성 지수가 코로나 팬데믹 전보다 감소하였다. 반면 포트클랑항(Port Kelang)은 모든 중심성 지수가 상승하여 코로나 팬데믹 전보다 네트워크상에서 영향력이 높아졌다고 볼 수 있다. 하지만 부산항을 기항하는 정기선 네트워크를 구성하는 항만의 영향력은 코로나 팬데믹 전후로 뚜렷한 변화가 없었음을 알 수 있다.

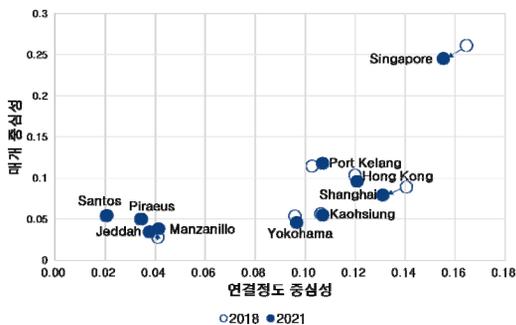


그림 1. 코로나 팬데믹 전후 부산항의 매개 중심성 vs 연결정도 중심성

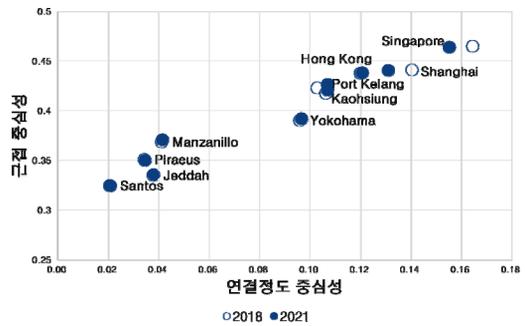


그림 2. 코로나 팬데믹 전후 부산항의 근접 중심성 vs 연결정도 중심성

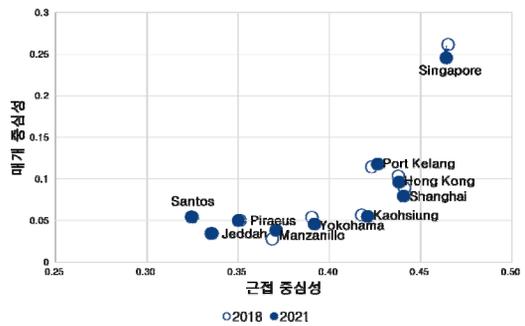


그림 3. 코로나 팬데믹 전후 부산항의 매개 중심성 vs 근접 중심성

## 2. 광양항 네트워크 분석 결과

광양항을 기항하는 정기선 네트워크의 특성은 표 4와 같다. 광양항의 경우 네트워크상 항만을 의미하는 노드 수는 2018년 130개에 대비하여 2019년 125개, 2020년과 2021년 126개로 감소하였다. 항로를 의미하는 링크 수는 2020년까지 지속해서 감소하였으나 2021에 432개로 증가하였다. 네트워크의 밀도에는 큰 변화가 없었으나 특정 노드에 링크가 집중된 정도를 의미하는 집중도는 2021년에 38.5%로 가장 높게 나타났다. 항만에 평균적으로 연결된 다른 항만의 개수인 평균 연결정도(Average degree)는 2020년에 3.254로 다른 연도보다 적게 나타났고 다

른 항만까지 도달하기 위해 거쳐야 하는 단계의 평균인 평균 경로거리(Mean distance)는 긴 것으로 나타나 광양항의 경우 2020년에 정기선 네트워크상에서 항만 간 연결성이 감소한 것으로 볼 수 있다. 실

제로 광양항의 경우 2020년 컨테이너 물동량이 4,158,755TEU로 전년도에 비해 9.2%나 감소하였고 지속해서 물동량이 감소하고 있다.

표 4. 광양항 기항 정기선 네트워크의 특성 변화

(단위: 개, 단계)

구분	2018년	2019년	2020년	2021년
노드(Node)	130	125	126	126
링크(Link)	448	418	411	432
밀도(Density)	0,027	0,027	0,026	0,027
집중도 (Centralization index)	34.9%	37.3%	37.0%	38.5%
평균 연결정도 (Average degree)	3.438	3.336	3.254	3.421
평균 경로거리 (Mean distance)	3.964	4.002	4.017	3.946

광양항을 기항하는 정기선 네트워크에서 코로나 팬데믹 전과 후의 네트워크 변화를 살펴보기 위하여 x축과 y축을 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성으로 하여 코로나 팬데믹 전인 2018년과 코로나 팬데믹 이후인 2021년의 변화를 살펴보았다. 광양항을 제외하고 2021년 매개 중심성 상위 10위 항만인 부산항(Busan), 말레이시아의 포트클랑항(Port Kelang), 탄중펠레파스항(Tanjung Pelepas), 싱가포르항(Singapore), 홍콩항(Hong Kong), 스리랑카의 콜롬보항(Colombo), 일본의 가나자와항(Kanazawa), 니가타항(Niigata), 하카타항(Hakata), 베트남의 호치민시항(Ho Chi Minh City)을 중심으로 오른쪽 그림과 같이 나타났다. 광양항을 기항하는 정기선 네트워크임에도 불구하고 부산항이 다른 항만들에 비해 광양항의 정기선 네트워크에 미치는 영향력이 매우 크고 코로나 팬데믹 전보다 코로나 팬데믹 후인 2021년의 모든 중심성 지수가 증가하여 영향력이 더욱 증가하고 있음을 알 수 있다. 부산항과 더불어 포트클랑항(Port Kelang) 또한 모든 중심성 지수가 코로나 팬데믹 전보다 증가하여 광양항을 기항하는

정기선 네트워크상에서 영향력을 높이고 있음을 볼 수 있다. 이는 2021년 포트클랑항(Port Kelang)을 기항하는 항로는 13개로 2018년에 11개에 비해 증가하였기 때문으로 보인다. 매개 중심성과 근접 중심성의 변화를 나타낸 그림 6.을 살펴보면 싱가포르항(Singapore), 탄중펠레파스항(Tanjung Pelepas), 홍콩항(Hong Kong), 호치민시항(Ho Chi Minh City)의 근접 중심성은 코로나 팬데믹 전보다 증가한 데 비해 매개 중심성은 감소하여 항만들 사이를 매개하는 역할은 감소하였다고 볼 수 있다.

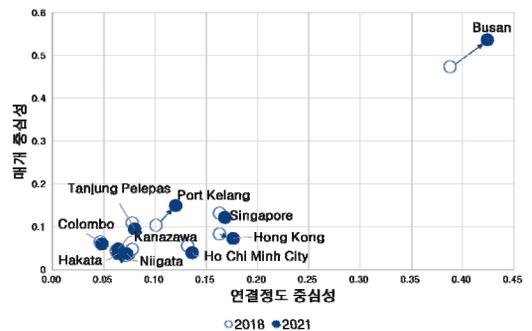


그림 4. 코로나 팬데믹 전후 광양항의 매개 중심성 vs 연결정도 중심성

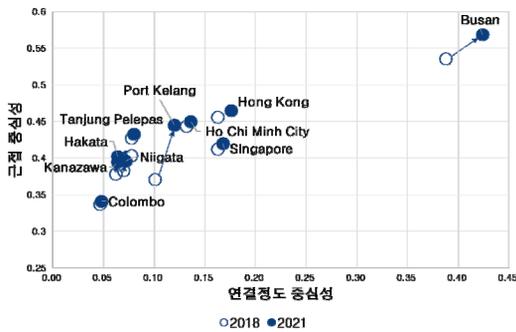


그림 5. 코로나 팬데믹 전후 광양항의 근접 중심성 vs 연결정도 중심성

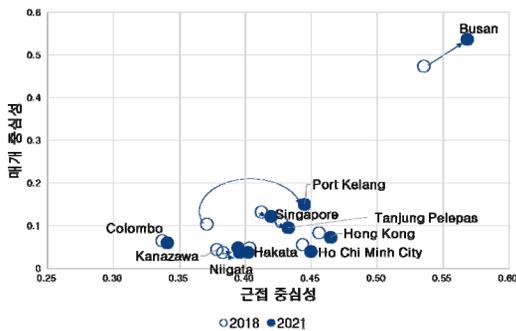


그림 6. 코로나 팬데믹 전후 광양항의 매개 중심성 vs 근접 중심성

### 3. 인천항 네트워크 분석 결과

인천항을 기항하는 정기선 네트워크의 경우 네트워크상 항만의 개수인 노드 수는 코로나 팬데믹 이후인 2020년과 2021년에 101개로 증가하였다. 링크 수 또한 2019년부터 지속해서 증가하고 있다. 이는 인천항의 지속적인 신규항로 유치로 인한 영향인 것으로 보인다. 하지만 노드가 늘어남에 따라 밀도는 다소 감소하였다. 특정 노드에 링크가 집중된 정도인 집중도는 코로나 팬데믹 전과 비교하여 코로나 팬데

믹 이후에 감소한 모습을 볼 수 있다. 평균적으로 한 항만에 연결된 항만들의 개수를 의미하는 평균 연결 정도(Average degree)는 2018년에 2.822로 가장 높았으나 2020년에 2.624로 가장 낮게 나타났고 2021년에 2.703으로 증가하였다. 네트워크상에서 다른 항만에 도달하기까지 평균적으로 거쳐야 하는 단계를 의미하는 평균 경로거리(Mean distance)는 2018년에 5.899로 가장 짧게 나타났고 2019년에 6.272로 가장 길게 나타났지만 2020년 6.06, 2021년 6.038로 감소하였다.

코로나 팬데믹 전후로 인천항을 기항하는 정기선 네트워크의 변화를 살펴보기 위하여 x축과 y축을 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성으로 하여 코로나 팬데믹 전인 2018년, 코로나 팬데믹 후인 2021년의 변화를 그림 7. 8. 9.와 같이 나타냈다. 인천항을 제외하고 2021년 매개 중심성 상위 10위 항만인 부산항(Busan), 중국의 대련항(Dalian), 서코우항(Shekou), 홍콩항(Hong Kong), 싱가포르항(Singapore), 일본의 시미즈항(Shimizu), 센다이항(Sendai), 요코하마항(Yokohama), 사카미나토항(Sakaminato), 말레이시아의 포트클랑항(Port Kelang)을 중심으로 네트워크상에서의 영향력 변화를 살펴볼 수 있다. 광양항에서와 마찬가지로 부산항(Busan)이 인천항을 기항하는 정기선 네트워크에서 모든 중심성 지수가 다른 항만에 비해 높게 나타나 네트워크에서 핵심적인 역할을 맡고 있는 것으로 나타났다. 부산항(Busan)은 코로나 팬데믹 전보다도 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성이 모두 상승하여 네트워크상에서 영향력이 증가하였다. 요코하마항(Yokohama), 서코우항(Shekou) 또한 모든 중심성 지수가 상승하여 네트워크상에서의 영향력이 높아진 모습을 볼 수 있다. 하지만 싱가포르항(Singapore)의 경우 모든 중심성 지수가 코로나 팬데믹 전보다 하락하여 네트워크상에서의 영향력이 감소하였다고 볼 수 있다.

표 5. 인천항 기항 정기선 네트워크의 특성 변화

구분	2018년	2019년	2020년	2021년
노드(Node)	90	93	101	101
링크(Link)	256	248	266	274
밀도(Density)	0.032	0.029	0.026	0.027
집중도 (Centralization index)	31.3%	30.6%	28.1%	29.0%
평균 연결정도 (Average degree)	2,822	2,656	2,624	2,703
평균 경로거리 (Mean distance)	5.899	6.272	6.06	6.038

(단위: 개, 단계)

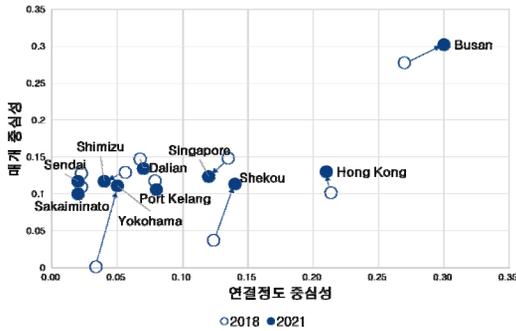


그림 7. 코로나 팬데믹 전후 인천항의 매개 중심성 vs 연결정도 중심성

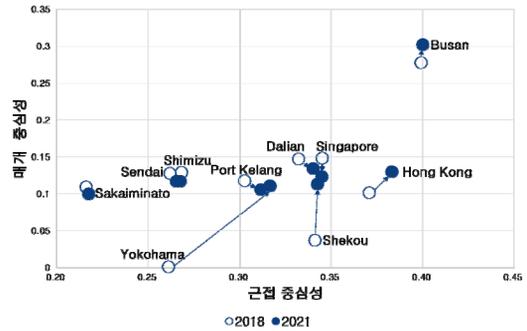


그림 9. 코로나 팬데믹 전후 인천항의 매개 중심성 vs 근접 중심성

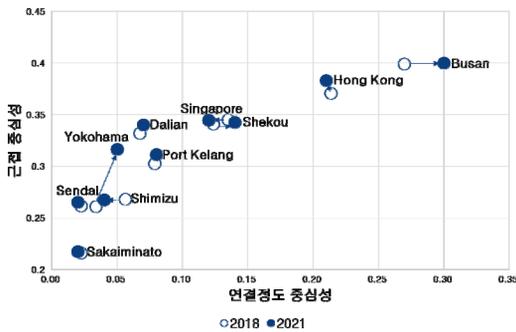


그림 8. 코로나 팬데믹 전후 인천항의 근접 중심성 vs 연결정도 중심성

#### 4. 울산항 네트워크 분석 결과

울산항을 기항하는 정기선 네트워크 특성의 변화는 표 6.과 같다. 울산항의 경우 네트워크 내의 항만을 의미하는 노드 수는 2018년부터 2020년까지 감소하다가 2021년에 84개로 전년도에 비해 증가하였다. 링크 수 또한 2020년까지 감소하다가 2021년 259개로 증가하였다. 밀도에는 큰 변화가 나타나지 않았으며 2020년에 특정 노드인 항만에 링크인 항로가 집중된 정도인 집중도가 27.3%로 가장 낮게 나타났다. 항만에 평균적으로 연결된 다른 항만의 개수인 평균 연결정도(Average degree)는 2020년에 2,916개로 가장 적었으며 다른 항만까지 도달하기 위한 거리인

평균 경로거리(Mean distance)는 3.878로 가장 길었다. 따라서 울산항의 경우 코로나 팬데믹 이후인 2020년에 네트워크의 상에서 항만들의 연결성이 감소하였다고 볼 수 있다. 하지만 울산항의 경우 2020

년 컨테이너 화물실적이 최대치를 기록하여 울산항의 경우 네트워크상에서 항만 간의 연결성과 물동량 사이에는 관련성이 부족한 것으로 나타났다.

표 6. 울산항 기항 정기선 네트워크의 특성 변화

구분	2018년	2019년	2020년	2021년
노드(Node)	86	84	83	84
링크(Link)	265	258	243	259
밀도(Density)	0.036	0.037	0.036	0.037
집중도 (Centralization index)	31.0%	31.7%	27.3%	31.6%
평균 연결정도 (Average degree)	3.07	3.06	2.916	3.071
평균 경로거리 (Mean distance)	3.816	3.768	3.878	3.766

울산항을 기항하는 정기선 네트워크의 코로나 팬데믹에 따른 변화를 살펴보기 위하여 울산항을 제외하고 2021년 매개 중심성 상위 10위 항만인 부산항(Busan), 상하이항(Shanghai), 카타르의 라스라판항(Las Laffan), 인도의 뭄바이항(Mumbai), 홍콩항(Hong Kong), 마산항(Masan), 파키스탄의 카라치항(Karachi), 광양항(Gwangyang), 호치민시항(Ho Chi Minh City), 사우디아라비아의 제다항(Jeddah)을 중심으로 코로나 팬데믹 전인 2018년과 코로나 팬데믹 후인 2021년의 네트워크 변화를 그림 10. 11. 12. 와 같이 나타냈다. 울산항 또한 광양항, 인천항과 마찬가지로 부산항(Busan)이 정기선 네트워크상에서 가장 영향력이 큰 항만으로 나타났지만 코로나 팬데믹 전과 비교하여 연결정도 중심성은 증가하였지만 매개 중심성과 근접 중심성은 감소한 것으로 나타났다. 광양항(Gwangyang)과 홍콩항(Hong Kong)은 모든 중심성 지수가 증가하여 울산항을 기항하는 정기선 네트워크상에서의 영향력이 커진 것을 알 수 있

다. 반면 호치민시항(Ho Chi Minh City)은 모든 중심성 지수가 감소하여 네트워크상에서의 영향력이 감소하였다. 라스라판항(Las Laffan), 뭄바이항(Mumbai), 마산항(Masan), 카라치항(Karachi), 제다항(Jeddah), 상하이항(Shanghai)은 코로나 팬데믹 전후로 뚜렷한 변화가 나타나지 않았다.

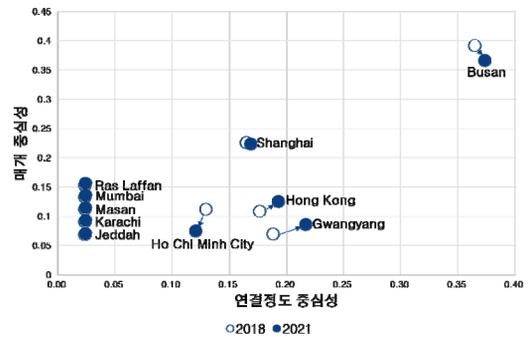


그림 10. 코로나 팬데믹 전후 울산항의 매개 중심성 vs 연결정도 중심성

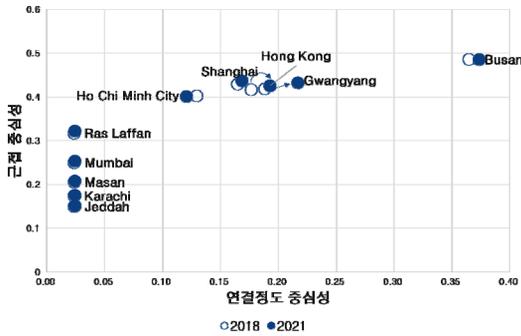


그림 11. 코로나 팬데믹 전후 울산항의 근접 중심성 vs 연결정도 중심성

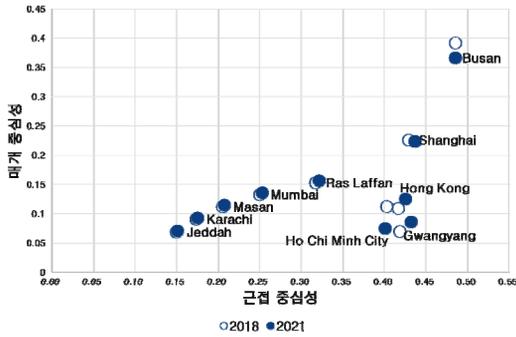


그림 12. 코로나 팬데믹 전후 울산항의 매개 중심성 vs 근접 중심성

### 5. 평택·당진항 네트워크 분석 결과

평택·당진항을 기항하는 정기선 네트워크의 경우 항만을 의미하는 노드 수는 2019년부터 큰 변화가 나타나지 않았다. 실제 경기평택항만공사의 통계자료에 의하면 평택항의 컨테이너 정기선 항로 수는 2019년부터 13개로 동일하였다. 노드 간을 잇는 링크의 수는 2020년에 51개로 가장 적었으나 2021년 54개로 증가하였다. 네트워크상에서 한 노드에 링크가 집중된 정도를 의미하는 집중도는 2018년 36.2%에 비해 2021년 50.4%로 큰 폭으로 증가하였다. 이는 평택·당진항을 기항하는 정기선 네트워크상에서 특정 항만에 항로가 점점 더 집중되고 있음을 의미한다. 한 항만에 평균적으로 연결된 다른 항만의 개수인 평균 연결정도(Average degree)는 2018년에 1,833으로 가장 적게 나타났고 2019년 1,963, 2020년 1,889, 2021년 1,929로 나타났다. 평택·당진항을 기항하는 정기선 네트워크상에서 한 항만이 네트워크상 다른 항만들까지 도달하는데 거쳐야 하는 단계의 평균인 평균 경로거리(Mean distance)는 2018년부터 꾸준히 감소하고 있는 것으로 나타났다.

표 7. 평택·당진항 기항 정기선 네트워크의 특성 변화

(단위: 개, 단계)

구분	2018년	2019년	2020년	2021년
노드(Node)	30	27	27	28
링크(Link)	55	53	51	54
밀도(Density)	0.063	0.075	0.073	0.071
집중도 (Centralization index)	36.2%	48.8%	48.8%	50.4%
평균 연결정도 (Average degree)	1,833	1,963	1,889	1,929
평균 경로거리 (Mean distance)	4.095	3.813	3.593	3.586

마지막으로 평택·당진항을 기항하는 정기선 네트워킹의 변화를 살펴보기 위하여 코로나 팬데믹 전인 2018년과 코로나 팬데믹 후인 2021년의 각 중심성 지수를 x, y축으로 하여 살펴본 결과는 오른쪽 그림과 같다. 평택항을 제외하고 2021년 매개 중심성 상위 10위 항만인 호치민시티항(Ho Chi Minh City), 인천항(Incheon), 홍콩항(Hong Kong), 중국의 샤먼항(Xiamen), 닝보항(Ningbo), 상하이항(Shanghai), 베트남의 하이퐁항(Haiphong), 부산항(Busan), 필리핀의 마닐라항(Manila), 다바오항(Davao)을 중심으로 네트워크상에서의 영향력 변화를 살펴보았다. 호치민시티항(Ho Chi Minh City)은 코로나 팬데믹 전보다 연결정도 중심성과 근접 중심성은 증가하였지만 매개 중심성은 감소하여 네트워크상에서 다른 항만들과 연결되어 영향력을 발휘할 수 있는 정도가 증가하였지만, 다른 항만들 사이를 매개할 수 있는 역할은 작아졌다고 볼 수 있다. 닝보항(Ningbo)의 경우 모든 중심성 지수가 증가하여 네트워크상에서의 영향력을 높여가고 있지만 부산항(Busan)은 반대로 모든 중심성 지수가 감소하여 평택·당진항을 기항하는 정기선 네트워크상에서 영향력이 감소하고 있다.

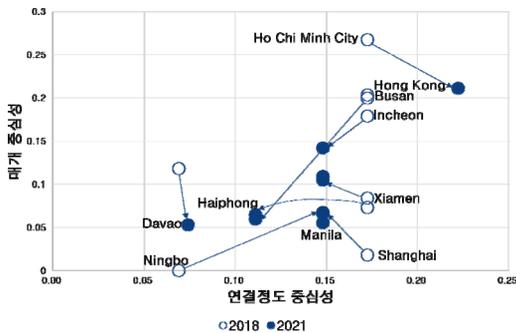


그림 13. 코로나 팬데믹 전후 평택·당진항의 매개중심성 vs 연결정도 중심성

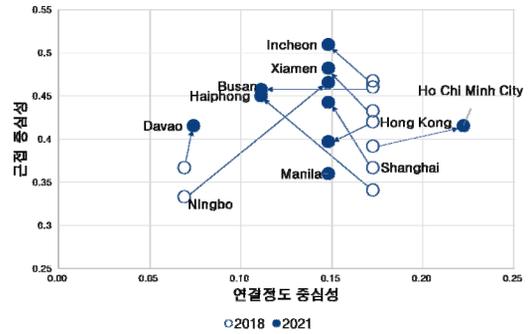


그림 14. 코로나 팬데믹 전후 평택·당진항의 근접 중심성 vs 연결정도 중심성

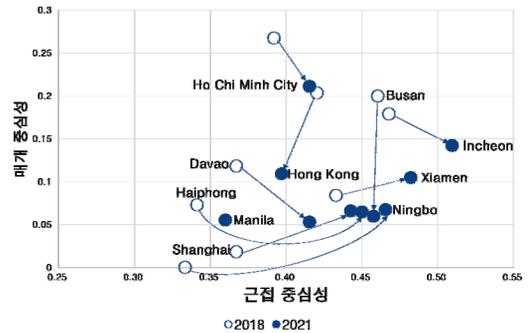


그림 15. 코로나 팬데믹 전후 평택·당진항의 매개 중심성 vs 연결정도 중심성

## VI. 결론

본 연구는 코로나 팬데믹 전후로 우리나라 항만물류의 변화를 살펴보고자 우리나라 컨테이너 항만의 네트워크 변화를 분석하였다. 이를 위해 코로나 팬데믹 전인 2018년과 2019년, 그리고 코로나 팬데믹 이후인 2020년과 2021년을 분석 기간으로 설정하였고 국내 컨테이너 항만의 정기선 항로 정보를 바탕으로 소셜네트워크분석 방법을 활용하여 네트워크 변화를 분석하였다. 또한 소셜네트워크분석의 중심성 지수인 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성을 활용하여 코로나 팬데믹 전후로 컨테이너 항만의 정기

선 네트워크에 속한 항만의 영향력 변화를 살펴보았다. 우리나라 5대 컨테이너 항만인 부산항, 광양항, 인천항, 울산항, 평택·당진항을 기항하는 정기선 항로를 중심으로 네트워크를 분석하였다. 부산항을 기항하는 정기선 네트워크의 경우 한 항만에 항로가 집중된 정도인 집중도는 코로나 팬데믹 전에 비해 코로나 팬데믹 이후 높아진 것으로 나타났다. 또한 2021년에 항만 간 연결성이 증가한 것으로 나타났다. 코로나 팬데믹 전후 부산항을 기항하는 정기선 네트워크에 속하는 항만의 영향력을 분석한 결과 싱가포르(Singapore) 다른 항만들에 비해 영향력이 높지만 코로나 팬데믹 전과 비교하여 모든 중심성 지수가 하락하여 영향력이 감소하였고 상하이항(Shanghai)도 마찬가지로 네트워크상에서 영향력이 감소한 것을 알 수 있었다. 반면 포트클랑항(Port Kelang)은 모든 중심성 지수가 증가하여 네트워크상에서 영향력이 증가하였다.

광양항을 기항하는 정기선 네트워크의 경우 코로나 팬데믹 시기인 2020년에 항만 간 연결성이 감소한 것으로 나타났다. 연결정도 중심성과 근접 중심성, 매개 중심성 모두 부산항이 가장 높았으며 코로나 팬데믹 전보다 네트워크에서의 영향력이 더욱 증가하였다. 또한 말레이시아의 포트클랑항(Port Kelang)도 모든 중심성 지수가 지속해서 상승하여 코로나 팬데믹을 극복하기 위한 말레이시아 정부의 정책을 바탕으로 광양항을 기항하는 정기선 네트워크상에서 영향력을 높여가고 있는 것으로 나타났다.

인천항을 기항하는 정기선 네트워크에서는 인천항의 지속적인 신규항로 유치로 코로나 팬데믹 전보다 네트워크에 존재하는 항만과 항로의 개수가 지속해서 증가하고 있는 것으로 나타났다. 또한 인천항과 더불어 부산항의 연결정도 중심성과 근접 중심성, 매개 중심성이 높게 나타나 부산항이 네트워크에서 중추적인 역할을 수행하고 있는 것으로 나타났다. 또한 일본의 항만들이 매개 중심성 10위 내에 많이 분포하여 일본의 항만들은 일본의 여러 항만과 인천항을

기항하는 다른 지역의 항만들 사이를 매개하는 역할을 하는 것으로 보인다. 코로나 팬데믹 전과 비교하여 인천항을 기항하는 정기선 네트워크에서 부산항의 영향력은 더욱 커지고 있으며 요코하마항(Yokohama)과 서쿄우항(Shekou) 또한 모든 중심성 지수가 상승하여 네트워크에서 영향력을 높여가고 있다. 반면 싱가포르(Singapore)의 경우 모든 중심성 지수가 하락하여 네트워크상에 미치는 영향력이 감소하였다고 볼 수 있다.

울산항을 기항하는 정기선 네트워크의 경우 2020년에 항만 간 연결성이 감소하였고 앞서 광양항, 인천항을 기항하는 정기선 네트워크와 마찬가지로 부산항의 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성이 높게 나타났으며 부산항과 더불어 광양항의 연결정도 중심성이 높게 나타났다. 코로나 팬데믹 전과 비교하여 부산항의 연결정도 중심성은 증가하였지만, 근접 중심성과 매개 중심성은 감소한 것으로 나타났고 광양항과 홍콩항(Hong Kong)은 모든 중심성 지수가 증가하여 네트워크상에서의 영향력이 커진 것을 알 수 있었다. 반면 호치민시티항(Ho Chi Minh City)은 모든 중심성 지수가 감소하여 네트워크상에서 영향력이 줄어들었다.

마지막으로 평택·당진항을 기항하는 정기선 네트워크를 구성하는 항만의 개수는 2019년부터 큰 변화가 나타나지 않았지만, 한 항만이 네트워크상 다른 항만들까지 도달하기 위한 거리는 지속해서 줄어들고 있는 것으로 나타났다. 평택·당진항은 광양항, 인천항, 울산항과는 다르게 부산항의 중심성 지수 순위가 다소 낮게 나타났으며 인천항의 중심성 지수가 높게 나타났다. 또한 평택·당진항의 경우 베트남, 필리핀, 말레이시아 등 동남아시아 국가의 항만들이 네트워크상에서 중개자 역할을 하는 항만으로 많이 나타났다. 코로나 팬데믹 전과 비교하여 호치민시티항(Ho Chi Minh City)은 연결정도 중심성과 근접 중심성은 증가하였지만 매개 중심성은 감소하여 다른 항만들 사이를 매개할 수 있는 역할은 줄어든 것으

로 나타났다. 또한 Ningbo(닝보항)은 모든 중심성 지수가 증가하였지만, 부산항은 모든 중심성 지수가 하락하여 네트워크상에서 영향력이 감소하고 있음을 알 수 있었다.

네트워크 분석 결과 규모가 큰 부산항, 광양항보다 상대적으로 규모가 작은 인천항, 평택·당진항을 기항하는 정기선 네트워크에서 코로나 팬데믹 전후로 네트워크를 구성하는 항만들의 영향력에 많은 변화가 나타나 외부환경 변화에 따른 기항 항만의 변화 관찰과 그에 따른 정기선 항로 관리 등 전략 마련이 필수적이다. 또한 울산항은 코로나 팬데믹 전후로 네트워크를 구성하는 항만들의 영향력에는 큰 변화가 없었지만 글로벌 물류대란의 영향으로 코로나 팬데믹 시기인 2021년 울산항의 컨테이너 물동량은 크게 줄어든 것으로 나타나 기항 선사 유지와 더불어 물동량 확보가 필요하다.

본 연구는 2020년 전 세계를 덮친 코로나 팬데믹에 따른 우리나라 항만물류 네트워크 변화를 분석하여 향후 코로나 팬데믹과 같은 항만물류의 불확실성을 야기하는 상황에 대응하기 위한 참고 자료로써 활용됨을 목표로 한다. 이를 위해 국내 컨테이너 항만 네트워크의 변화를 소셜네트워크분석 방법을 활용하여 국내 최대 항만이자 글로벌 허브 항만으로 많이 연구되고 있는 부산항뿐만 아니라 광양항, 인천항, 울산항, 평택·당진항의 네트워크 변화도 분석하여 기존 부산항 중심의 연구 범위를 확대하였다.

연구의 한계점으로 국내 컨테이너 항만 네트워크 분석에서 본 연구에서는 항만 간의 연결 관계만을 다루었으며 항만의 영향력 변화에 대한 원인은 상세히 밝히지 못하였다. 따라서 향후에는 네트워크 분석 시 항만 간 물동량 실적을 반영하고 네트워크를 구성하는 항만의 영향력 변화에 대한 원인을 밝히는 연구를 수행할 예정이다. 또한 네트워크상에서 부산항의 영향력이 매우 높게 나타난 광양항, 인천항, 울산항과 부산항의 관계를 분석할 계획이다.

## 참고문헌

- 강동준·방희석·우수한. (2014). 세계 주요 정기선사의 항만네트워크에 관한 연구. 한국항만경제학회지, 30(1), 73-96.
- 김두환·이강배. (2020). LSTM을 활용한 부산항 컨테이너 물동량 예측. 한국항만경제학회지, 36(2), 53-62.
- 김석수. (2018). 글로벌 컨테이너 선사와 국내 컨테이너 선사의 아시아 역내 해운 네트워크 비교 연구 [석사학위논문]. 인하대학교.
- 김성기·김찬호. (2021). 컨테이너 항만운영에 대한 코로나19의 영향 분석 연구. 한국항해항만학회지, 45(3), 155-164.
- 김용학·김영진. (2016). 『사회 연결망 분석』. 박영사.
- 경기평택항만공사. (2021). 평택항 통계연감 2021년도. \_\_\_\_\_, (2022). 평택항 통계연감 2021년도.
- 곽기영. (2017). 『소셜네트워크분석』. 청람.
- 노영진·신성호·유병철. (2021). 해운동맹과 선사들의 국적이 컨테이너 용선료에 미치는 효과. 해운물류연구, 37(3), 579-600.
- 류기진. (2017). 사회연결망 분석을 이용한 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석에 관한 연구: 부산항을 중심으로 [석사학위논문]. 한국해양대학교.
- 류기진·남형식·조상호·류동근. (2018). 사회연결망 분석을 이용한 컨테이너 정기선 항로 패턴 분석에 관한 연구: 부산항을 중심으로. 한국항해항만학회지, 42(6), 529-538.
- 물류신문. (2021, August 9). 올해 부산항 기항 정기 노선, 역대 최다인 279개 기록. <https://www.klnews.co.kr> (검색일 2023. 10. 03.)
- 부산항만공사. (2019). 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계. \_\_\_\_\_, (2020). 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계. \_\_\_\_\_, (2021). 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계. \_\_\_\_\_, (2022). 부산항 컨테이너화물 처리 및 수송 통계
- 손동원. (2002). 『사회 네트워크 분석』. 경문사.
- 이정행. (2023). 코로나 19 팬데믹 영향에 따른 항로 네트워크 변화에 관한 연구: 아시아-북미항로를 중심으로 [박사학위논문]. 인천대학교.
- 인천항만공사. (2021). 2021 인천항 주요통계. \_\_\_\_\_, (2022). 2022 인천항 주요통계. \_\_\_\_\_, (2020, December 15). 인천항 컨테이너

- 물동량 4년 연속 300만TEU 돌파...전년대비 19일 단축. <https://www.icpa.or.kr/index.do> (검색일 2023. 10. 01.)
- \_\_\_\_\_. (2021, December 2). 인천항 컨테이너 물동량 5년 연속 300만TEU달성...전년대비 8일 단축. <https://www.icpa.or.kr/index.do> (검색일 2023. 10. 01.)
- 장진열 · 송상화. (2022). 시스템 다이내믹스를 활용한 코로나19 물류대란에서의 채찍현상에 관한 연구. *한국경영공학회지*, 27(4), 173-191.
- 해양수산부. PORT MIS. [portmis.go.kr](http://portmis.go.kr) (검색일 2023. 10. 13.)
- 해양한국. (2021, October 1). 해소되지 않는 항만 적체. <http://www.monthlymaritimekorea.com/> (검색일 2023. 09. 26.)
- Jin, L., Chen, J., Chen, Z., Sun, X., & Yu, B. (2022). Impact of COVID-19 on China's international liner shipping network based on AIS data. *Transport Policy*, 121, 90-99.
- Nguyen, P. N., & Kim, H. (2022). Analyzing the international connectivity of the major container ports in Northeast Asia. *Maritime Business Review*, 7(4), 332-350.

## 코로나 팬데믹에 따른 항만물류 네트워크 변화 분석 연구

손유미 · 김화영

### 국문요약

본 연구는 우리나라 항만물류에 큰 충격을 준 코로나 팬데믹에 따른 항만물류 네트워크의 변화를 분석하였다. 국내 5대 컨테이너 항만을 기항하는 정기선 네트워크를 중심으로 소셜네트워크분석(SNA) 방법을 활용하여 2018년부터 2021년까지의 네트워크 구조와 특성의 변화를 분석하고 소셜네트워크분석의 중심성 지수인 연결정도 중심성, 근접 중심성 및 매개 중심성을 활용하여 코로나 팬데믹 전후로 네트워크를 구성하는 항만의 영향력 변화를 분석하였다.

본 연구는 국내 5대 컨테이너 항만인 부산, 광양, 인천, 울산 및 평택·당진항의 컨테이너 항만 네트워크의 변화를 분석하였다. 분석 결과 싱가포르항이 부산항을 기항하는 정기선 네트워크에서 핵심적인 역할을 하며, 부산항은 광양, 인천 및 울산항을 기항하는 정기선 네트워크에서 핵심적인 역할을 하는 것으로 나타났다. 광양항에서는 말레이시아 정부의 코로나 팬데믹 극복을 위한 정책을 바탕으로 말레이시아의 포트클랑항이 점차적으로 영향력을 키워가고 있는 것으로 나타났다. 인천항의 경우 일본의 항만들이 인천항 네트워크에서 매개자 역할을 하고 있으며 울산항의 경우 국내 항만들의 영향력이 높게 나타났다. 평택·당진항의 경우 동남아시아 항만들이 항만 간 매개자 역할을 하고 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 국내 컨테이너 항만의 네트워크 변화를 분석함으로써 향후 코로나 팬데믹과 같이 항만 물류에 불확실성을 야기하는 상황에 대응하기 위한 전략 마련에 참고 자료로 활용됨을 목표로 한다.

주제어: 항만, 물류, 네트워크, 코로나 팬데믹