Journal of Korea Port Economic Association
Vol.34, No.3, 2018, pp.133-158.

국제 컨테이너 선대 운항네트워크 변화와 우리항만의 전략†

박병인*

Dynamics of Global Liner Shipping Network and Strategy of Korean Ports

Park, Byungin

Abstract

The role and ratio of national vessels in the global container shipping market have reduced significantly due to the bankruptcy of Hanjin Shipping in early 2017. All import-export companies, as well as container ports in Korea, are facing a crisis. The Trump's tariff and trade battles have had a negative impact on the increase in the North American cargo. However, Chinese and Japanese container shipping companies, which merged with domestic container shipping companies, and mega carriers such as Maersk and CMA CGM have benefited from the decline in shipping supplies due to the collapse of Hanjin Shipping, the world's 10th largest container carrier in Korea. The import/export freight trade in Korea is witnessing the increasing stronghold of foreign carriers. This scenario is expected to weaken Korea's negotiation powers with overseas shipping companies in domestic ports, such as Busan and Kwangyang, thereby making it more challenging to attract shipping carriers. This study compares the global container-shipping network in 2007 and 2017 by combining the network topology of the social network analysis and the economics of the liner shipping connectivity index (LSCI) and the container port connectivity index (CPCI) analysis. The findings of this study are that the role of the ports across the world can be identified, and CPCI has a high correlation with the centrality index and freight volume data. These findings can contribute toward the utilization of the meaning of the necessary centrality index without an additional centrality analysis. This study can be applied not only to the call strategy of container carriers but also to the alliance and development strategy of Korean ports.

Key words: shipping network, container port connectivity index, inbound port, outbound port

▷ 논문접수: 2018. 08. 31. ▷ 심사완료: 2018. 09. 15. ▷ 게재확정: 2018. 09. 28.

† 『이 논문은 전남대학교 연구년교수 연구비(과제번호: 2016-2877) 지원에 의하여 연구되었음』

* 전남대학교 물류통상학부 교수, bipark@chonnam.ac.kr

Ⅰ. 서 론

한진해운의 파산과 더불어 우리나라 국적 컨테이너 선사들의 화물 수송능력이 크게 저하되었다. 국내 선사들이 주로 부산항을 모항으로 하여 선대 운항네트워크를 구성하는 것과 같이 전 세계 대부분의 주요 선사들은 자국의 주요항만을 모항으로 하는 운항네트워크를 운영하고 있다. 그러나 한진해운이 2017년 초 최종 파산하면서 국내항만을 모항으로 하는 국적선사 화물수송능력이 크게 저하됨에 따라 국내 해운산업 뿐만 아니라 항만산업과 물류산업 전반에 걸친 침체와 경쟁력 약화가 가시화되는 실정이다.

국내 주요항만인 부산항뿐만 아니라 광양항의 경우도 광양항의 주요 기항선사였던 한진해운발 국내 해운산업의 침체 영향을 크게 받았다. 광양항은 한진해운 사태 발발직후인 2016년 9월 전체 처리물동량 (165,524TEU)이 전년 동월(2015년 9월; 177,737TEU)대비 6.9%, 전월(2016년 8월; 179,948TEU)대비 8% 줄었다. 또한 환적화물(19,970TEU)의 경우는 더욱 심각하여 전년 동월(37,551TEU)대비 46.8%, 그리고 전월(29,690TEU)대비 32.7%나 감소하는 등 막대한 영향이 초래되었다. 이에 따라 국내 해운산업과 이와 관련된 광양항을 비롯한 우리나라 전체항만산업의 발전 및 안정적 운영을 위해 선사들의 운항네트워크 관점에서 항만전략을 재검토할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 한진해운이 건재하던 2007년 초와 한진해운이 파산한 2017년의 국제 컨테이너해운 선대의 항만별 기항네트워크 구조를 비교하여 우리나라 항만이 취할 전략적 방향을 살펴보고자 한다. 세부적으로는 첫째, 사회연결망 분석을 개선할 수 있는 위상학적 및 경제적 방법의 병합분석을 수행 한다. 둘째, 새로운 분석결과와 각항만의 물동량 및 사회연결망분석지표를 비교 평가한다. 셋째, 우리 항만의 전략을 제시한다.

이러한 목적을 위한 본 논문은 다음과 같이 구성한다. 1장에 연구배경과 목적을 제시하고, 2장에 관련 선행연구들을 분석한다. 3장에는 국제 컨테이너선대의 운항네트워크 변화에 대한 실증분석을 한 다음, 4장에는 우리 항만의 전략을 살펴본다. 마지막으로 5장에는 결론과 추후 연구과제를 제시한다.

Ⅱ. 선행연구

최근 물류분야에 다양한 연결망분석 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. 특히 컨테이너 해운 네트워크의 위상학적 구조에 대한 계량분석들도 점차 늘어나고 있다. 해운물류분야에서 이루어지고 있는 네트워크분석 연구는 과거의 계량 및 경영과학적 분석 시기를 지나 그래프이론과 복잡계 연구의 일환으로 이루어지고 있다. 관련된 많은 연구들은 2000년대 중반이후 네트워크의 위상학적 분석이 주요 이슈가 되기 시작한 이래 분석 및 시각화를 위한 UCInet, Netminer 등의 소프트웨어가 개발되면서 복잡계 연구방법의 활용이 더욱 늘어나고 있다. 이러한 연구들은 크게 세 부류로 나눌 수 있다 (Tran and Haasis, 2014).

첫째, 노드, 링크, 네트워크 밀도, 길이, 그리고 지름 등 기초 네트워크 속성을 측정 및 활용한 제1유형 연구들이 있다(Cullinane and Wang, 2012; de Langen et al., 2016; Mc Calla et al., 2005; Tran and Haasis, 2014; Veenstra et al., 2005; Wang and Wang, 2011). 이들 중 Cullinane and Wang(2012)은 CIY(Containerisation International Yearbook)자료를 이용하여 기초 네트워크 속성을 통해 주요컨테이너 항만의 계층적 분류를 수행하였

다. de Langen et al.(2016)은 AIS(Automatic Identification System) 정보를 이용하여 기초네트워크 속성으로 유럽지역 항만의 로로 해운 연결성에 대해 분석하였다. Mc Calla et al.(2005)과 Veenstra et al.(2005)은 기초 네트워크 속성을 분석하여 1994년과 2002년 카리브 해의 해운네트워크를 비교하였다. 다만 전자는 CIY자료를 그리고 후자는 AIS 정보를 이용하였다. Tran and Haasis(2014)는 CIY 데이터로 기초 네트워크 속성을 평가하여 동서항로의 컨테이너해운 네트워크를 분석하였다. 마지막으로 Wang and Wang(2011)은 선사들의 서비스정보에 기초하여 네트워크속성을 평가하여 전 세계 해운네트워크의 허브 앤 스포크 시스템을 확인하였다. 대체로 제1유형의 연구들은 출판된 CIY를 이용하여 네트워크 이론의 기초적인 속성들을 평가하고, 이를 통해 해운네트워크의 특성을 분석하였다.

둘째, 스케일프리(scale free), 작은 세상(small world), 그리고 동류혼합(assortative mixing)과 같은 복잡계 네트워크의 특징을 활용한 제2유형 연구들로 나눌 수 있다(Ducruet, 2013; Ducruet, 2011a,b; Ducruet and Zaidi, 2012; Hu and Zhu, 2009; Kaluza et al., 2010; Montes et al., 2012). 이들 중 Ducruet(2013) 및 Montes et al.(2012)과 Ducruet et al.(2011a)은 AIS정보에 복잡계 네트워크 속성을 평가하여 앞에 둘은 각각 컨테이너와 기타해운 네트워크, 세 번째는 항공운송과 컨테이너 해운 네트워크를 비교하였다. Ducruet and Zaidi(2012)와 Hu and Zhu(2009)는 각각 AIS와 CIY데이터에 대한 복잡계 네트워크속성을 측정하여 위상학적인 분해법으로 세계 해운네트워크를 평가하였다. Ducruet at al.(2011b)은 AIS정보를 통해 복잡계 네트워크속성을 측정하여 물동량에 근거한 항만의 네트워크 입지효과를 분석하였다. 그리고 Kaluza et al.(2010)은 AIS 정보를 이용하여 컨테이너, 유조선 및 벌크해운에 대한 복잡계 네트워크를 측정하였다. 이라한 두 번째 유형의 연구들은 AIS 정보에 위상학 및 그래프이론을 적용하여 다양한 해운물류분야를 분석하고 평가한 것이다.

마지막으로 셋째, 사회연결망분석 도구를 활용하여 네트워크의 연결중심성, 근접중심성, 그리고 매개중심성 등의 중심성 지수 등을 측정하는 제3유형의 연구는 네트워크에서 항만의 위상을 다루고 있다(Ducruet, 2013: Drucruet and Notteboom, 2012a,b; Ducruet, 2010; Cisic et al., 2007; Laxe et al., 2012; Seone et al., 2013; Low and Tang, 2012; Wang, 2013; 강동준, 2015; 김주혜 · 권오경, 2015; 이상윤, 2015; 임병학, 2011, 2012). 이러한 연구들 중 Ducruet(2013)는 AIS정보에 연결 및 매개중심성을 측정하여 컨테이너해운과 컨테이너 외 해운을 비교하였다. Drucruet and Notteboom(2012a,b)와 Drucruet et al.(2010)은 1996년과 2006년의 AIS 정보로 전 세계 컨테이너 해운네트워크와 동북아 컨테이너 해운네트워크의 연결, 매개중심성 및 취약성 지표를 측정하여 해운네트워크의 변화에 대해 분석하였다. Ducruet et al.(2009)과 Ducruet et al.(2011b)은 AIS정보를 이용하여 전자는 매개중심성으로 아시아해운 네트워크에서 한국항만의 위상을 평가하고, 후자는 연결 및 매개중심성으로 물동량에 근거한 항만의 네트워크 입지효과를 평가하였다.

또한 Cisic et al.(2007), Laxe et al.(2012), Seone et al.(2013), 그리고 강동준(2015)은 선사 서비스정보, AIS 또는 CIY데이터로 연결, 매개, 근접중심성 등의 중심성지수를 측정하였다. 그 결과 지중해항만의 중요도 측정, 2008년과 2010년 사이 전 세계 해운네트워크 변화, 2007년부터 2011년까지의 남대서양 해운네트워크의 변화, 그리고 2007년부터 2011년까지의 전 세계 컨테이너 해운네트워크와 항

표 1. 컨테이너 해운네트워크의 위상학전 구조 연구

저자(년도)	연구주제	주요 지표	자료	유형
Bartholdi et al.(2016)	컨테이너 해운의 새 연결지수 고안	CPCI (LSCI 유사)	BlueWater Reporting	1, 2, 3
Cisic et al.(2007)	지중해항만 중요도	연결, 매개, 근접 중심성	서비스정보	3
Cullinane and Wang(2012)	주요 컨테이너항만의 계층적 배치	기초 본 네트워크 속성	CIY	1
de Langen et al.(2016)	유럽지역 로로 해운의 항만 연결성 분석	기초 네트워크 속성	AIS	1
Ducruet (2013)	컨테이너 해운 네트워크와 다른 해운 네트워크 비교	복잡계 네트워크 속성, 연결 및 매개 중심성	AIS	2, 3
Ducruet and Notteboom(2012a, b)	1996년과 2006년간 전 세계 해운 네트워크 진화	연결 및 매개 중심성, 취약성	AIS	3
Ducruet and Zaidi(2012)	세계해운네트워크 분석을 위한 위상학적 분해법 적용	복잡계 네트워크 속성, 연결 중심성	AIS	2, 3
Ducruet et al.(2011a)	항공운송네트워크와 컨테이너해운 네트워크 비교	복잡계 네트워크 속성	AIS	2
Ducruet et al.(2010)	1996년과 2006년의 동북아 해운네트워크의 변화	연결 및 매개중심성, 취약성	AIS	3
Ducruet et al.(2009)	아시아 해운네트워크에서 한국항만의 입지	매개 중심성	AIS	3
Ducruet et al.(2011b)	물동량에 근거한 항만의 네트워크 입지 효과	복잡계 네트워크 속성, 연결 및 매개 중심성	AIS	2, 3
Hu and Zhu(2009)	복잡계 네트워크 측정	복잡계 네트워크 속성	CIY	2
Kaluza et al.(2010)	복잡계 해운 네트워크 측정	복잡계 네트워크 속성	AIS	2
Laxe et al.(2012)	2008년과 2010년간 전 세계 해운 네트워크의 진화	복잡계 네트워크 속성, 연결 및 매개 중심성	AIS	2, 3
Low and Tang(2012)	동아시아 항만의 중요성	중심성, 경쟁, 혼잡 및 중심화 지수	Lloyd' s List의 세계의 항만	3
Mc Calla et al.(2005)	1994년과 2002년간 카리브 해 네트워크 비교	기초적 네트워크 속성	CIY	1
Montes et al.(2012)	컨테이너 해운네트워크와 일반해운 네트워크 비교	복잡계 네트워크 속성, 매개중심성	AIS	2, 3
Seoane et al.(2013)	2007년부터 2011년까지 남대서양 네트워크 진화	연결 및 매개 중심성	AIS	3

Tran and Haasis(2014)	동서항로 컨테이너해운 네트워크 분석	기초 네트워크속성, 연결중심성	CIY	1, 3
Veenstra et al.(2005)	카리브 해 컨테이너 네트워크	기초 네트워크 속성	AIS	1
Wang and Cullinane(2008)	해운 네트워크의 항만 중요성	항만 근접성	CIY	3
Wang and Wang(2011)	전 세계 네트워크에서 허브 앤 스포크 시스템	기초 네트워크 속성	서비스 정보	1
Wang(2013)	가중 해운네트워크에서 중심성 지수 계산	연결, 매개, 근접 중심성	CIY	3
임병학(2011,2012)	네트워크구조분석 통한 항만생산성 분석	근접중심성, 구조적 공백, 효율성(DEA)	CIY	3
강동준(2015)	2007년부터 2011년까지의 항만중심성과 항면경쟁력 분석	연결, 근접, 매개 중심성, 패널 회귀분석	CIY	3
이상윤(2015)	동서기간항로 컨테이너항만 중심성 분석	연결, 근접, 매개, 고유벡터 중심성	Drewry, CIY	3
김주혜와 권오경(2014)	주요컨테이너항만의 효율성지표와 사회연결망분석을 통해 평가된 재반중심성 지표간의 상관관계를 분석	연결, 근접, 매개, 고유벡터, 페이지랭크 중심성, 효율성(DEA)	Korea Shipping Gazette	3
본 연구	CPCI와 기타 지표의 비교를 통한 2007년과 2017년 항만위상 변화 분석	유사LSCI, CPCI, 중심성 및 구조적 공백, 상관분석	OceanCommerce, Lloyd's List	1, 2, 3

자료: Tran and Haasis(2016) 이용 저자 보완

만경쟁력의 변화를 각각 분석하였다. 또한 Low and Tang(2012)는 Lloyd's List의 세계항만 정보로 중심성, 경쟁, 혼잡 및 중심화지수를 측정하여 동아시아 항만의 중요성을 평가하였다. Wang(2013)은 CIY 데이터로 가중 해운네트워크에서 중심성지수를 계산하였다. 국내에서 임병학(2011, 2012)은 CIY데이터에 근접중심성 및 구조적 공백 지수와 DEA기법을 이용하여 항만생산성을 분석하였다. 김주혜와 권오경(2014)은 Korea Shipping Gazette 데이터를 이용하여 연결, 근접, 매개, 고유벡터, 및 페이지랭크중심성지수를 측정하고 DEA 기법으로 주요항만의 효율성지표를 평가하여 효율성과 관련된 지표들을 추출하고자 하였다. 이상윤(2016)은 Drewry의 2015년 자료로 동서항로를 중심으로 사회연결망 분석의 주요 지표인 중심성 지표를 사용하여 각 항만들의 특성을 비교하였다. 전술한 대로 제3유형의 연구들은 사회연결망분석(Social Network Analysis, SNA) 도구들(UCInet, Netminer 등)을 활용한 것으로 컨테이너해운 네트워크에서 항만중심성을 측정하고 위상을 평가한 것이다.

대부분의 연구들에서 활용된 데이터는 자동식별시스템(automatic identification system, AIS)의 항만간 실제 선박이동에 대한 정보이며, 필요한 운항 및 항로정보는 CIY나 선사의 웹사이트를 활용하고 있다.

네트워크방법에 의한 기존의 많은 연구들은 항만

의 물리적인 위치는 간과하고 관계의 거리만을 측정하였다. 또한 문헌들은 네트워크상에서 항만의 경쟁, 성과 및 효율성과 관련된 지표를 규명하려는 연구(Veenstra et al., 2005; Wilmsmeier and Hoffmann, 2008; 임병학, 2012; 김주혜·권오경, 2014; 강동준, 2015)가 주를 이루었다.

그러나 사회연결망분석(SNA)을 이용한 연구들은 방법론의 특성 및 한계에 따라 많은 제약이 있는 것으로 판단된다. 기본적으로 SNA는 이진형데이터의 분석에 적당하기 때문에 특정 항만간 운항여부 및 노선의 존재유무를 분석할 뿐 다양한 계량형 데이터의 분석에는 미흡할 수 있다. 해운네트워크를 정확하게 분석하기 위해서는 선박의 운항횟수, 선형, 거리, 시간 등을 동시에 분석할 필요가 있다. 기존의 SNA는 이러한 면이 부족하여 피더선과 본선의 기항구분, 항만간 거리 등의 정보를 정확하게 반영하기가 어렵다. 열거한 대부분의 연구들은 이러한 한계를 갖고 있다. 그에 더해 그래프이론 및 SNA 연구는 그 특성상 지리적인 분석에만 치우지고 경제적인 의미를 제시해주지 못한다(Bartholdi et al., 2016). 이러한 점 때문에 Hoffmann(2012, 2013)은 지리적 특성과 화물운송이라는 경제적 특성을 동시에 고려 할 수 있는 물류성과지표(Logistics Performance Index, LPI)의 일종인 정기선해운연결지수(Liner Shipping Connectivity Index, LSCI)를 개발하였으며, 이는 매년 UNCTAD통계(http://stats.unctad.org/lsci)로 공표되고 있다. 그러나 LSCI는 특정 국가의 항만 전체를 하나로 결합하고, 다른 나라의 모든 항만들을 또 하나의 항만으로 간주하여 둘 간의 연결 관계로 분석한다. 이러한 방법은 싱가포르와 같은 단일 항만국가는 큰 문제가 없지만 우리나라를 포함한 대부분 나라에 대해서는 활용도가 제한적이다. 동일 국가라도 항만마다 규모, 입지, 역할 등이 다르기 때문에 큰 나라의 경우 여러 항만들을 하나로 간주하는 LSCI로는 항만마다의 상태에 대한 정확한 평가가 충분하지 못해 전략적 활용이 제한적이다.

이에 Bartholdi et al.(2016)은 LSCI와 같은 방식의 국가 아닌 항만마다의 지수를 측정하여 항만의 평가지표로 제안하고 있다. 그들은 2011년 9월 자료를 이용하여 전 세계 컨테이너항만 네트워크를 초보적으로 분석하고 북미중심으로 분석결과를 설명하였다. 그들은 LSCI의 국가수준 지수체계를 단순히 항만수준으로 축소한 방법을 제시한 것이다. 그러나 박병인(2015)처럼 지역산업이나 국가의 발전단계 등에 따라 항만의 성격은 크게 변화할 수 있다. 이에 본 연구에서는 Hoffmann(2012)과 Bartholdi et al.(2016)의 연구방법을 활용하여 2007년과 2017년의 10년간 부산, 광양, 그리고 인천항을 비롯한 세계 주요 항만들의 위상이 어떻게 변화해 왔는지를 비교하고 이러한 변화가 갖는 의미를 되새겨 보고자 한다. 또한 지수의 구성과정에서 나타나는 문제에 대해서도 고민해 보고자 한다.

Ⅲ. 국제 컨테이너선대의 운항네트워크 변화

1. 연계 가중치의 경제학적 개념화

Bartholdi et al.(2016)은 전술한 UNCTAD의 LSCI(Liner Shipping Connectivity Index) 지수 개념을 참고하여 CPCI(Container Port Connectivity Index)를 개발하였다. LSCI는 매년 7월의 CI online과 Llyod' s List Intelligence의 데이터를 이용하여 각 나라마다의 정규화된 다음 다섯 가지 통계치를 결합한 후 다시 정규화 하여 측정한다(Hoffman, 2012).

첫째, '선사들이 각국의 항만에서 제공하는 정기선 서비스 갯수' 라는 통계치는 해당 정기선 서비스를 통해서 컨테이너화물이 얼마나 효율적으로 운송되나하는 지표이다. 컨테이너화물이 가능한 최소 연계과정을 통해 이송될 수 있다면 환적없이 목적지까지 도달할 수 있다.

둘째, '특정 국가에 정기선서비스를 제공하는 선사의 수' 라는 통계치에서는 해당국가의 국적선·외국적선을 구분없이 서비스를 제공하는 모든 선사를 포함한다. 특정국가의 무역운송은 상당 부분 외국적선에 의해 운송된다. 전 세계의 모든 대형 정기 선사들은 국적에 무관하게 수입 및 수출품을 운송하는 사업모델로 운영된다. 한 국가에서 더 많은 선사들이 경쟁을 하면 할수록, 수출 및 수입업자들이 선택할 수 있는 대안이 더욱 많아지기 때문에, 결과적으로 운임이 저렴해 질 수 있다.

셋째, '서비스에 투입되는 선박수' 라는 통계치는 서비스 빈도가 높거나 항만에 가용 선석이 충분함을 직접적으로 나타내준다. 특정국가에 더 많은 선박들이 기항하게 되면 연결성이 더욱 높아진다는 것을 의미한다.

넷째, '서비스 투입 선박들의 총 컨테이너 수송능력' 은 기항하는 모든 선박들의 운송능력 총합을 의미한다. 그러나 이 통계치가 특정항만 기항 선박의 총운송능력에 대한 완전한 사용을 전제로 하는 것은 아니다. 이는 서비스 공급능력을 의미하는 것으로, 선형이 커지면 커질수록 선박의 가용선적공간이 확대됨에 따라 무역거래가 더욱 수월해 질 수 있다. 그 영향으로 컨테이너화물을 적재 운송할 선박의 충분한 가용 운송능력을 갖는 대형 선박이 가능한 최저운임으로 운항되면 화주들은 저렴한 운임으로 화물을 운송할 수 있는 이점을 향유 할 수 있다.

마지막으로 다섯째, '서비스 최대선형' 통계치는 규모의 경제와 사회간접자본의 지표로 사용된다. 최대 선형선박들이 기항하도록 하기 위해서 항만은 크레인과 같은 적절한 장비를 설치하고 선박 접근 수로의 준설을 통해 충분한 수심을 확보할 필요가 있다.

UNCTAD의 LSCI지수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X_{i,j} = \Phi_i(x_{i,j}) = \frac{x_{i,j} - x_{i,\min}}{x_{i,\max} - x_{i,\min}}, i = 1,\ldots,5; j = 1,2,3,\ldots. \quad (1)$$

$$LSCI_j = \Phi\left(X_{1,j} + X_{2,j} + X_{3,j} + X_{4,j} + X_{5,j}\right), j = 1,2,3,\ldots. \quad (2)$$

여기서

Φ 또는 Φ_i : 정규화

$X_{1,j}$: 선사들이 각국 항만에서 제공 정기선 서비스 갯수 정규화

$X_{2,j}$: 특정 국가에 정기선 서비스하는 선사 수 정규화

$X_{3,j}$: 서비스에 투입되는 선박수 정규화

$X_{4,j}$: 서비스 투입 선박들의 총 컨테이너 수송능력(TEU) 정규화

$X_{5,j}$: 서비스 최대 선형(TEU) 정규화

$x_{i,j}$: 각 세부항목 통계치

UNCTAD의 LSCI는 국가마다 이 지표를 계산하나 Bartholdi et al.(2016)의 방법은 항만마다 이 지표를 계산한 유사 LSCI(LSCI-like)를 측정한다. 이와 같은 다섯 가지 통계치를 결합하여 LSCI를 만드는 것은 사실 자의적일 수 있지만 값 자체는 견고하고 각 나라의 정확한 무역수준을 반영하는 것이라 한다(Fugazza and Hoffmann, 2017). LSCI가 국가별 지수인데 비해 유사 LSCI는 항만별 지수로 정확하게 LSCI지수화 과정에 따르기 때문에 모든 세부 통계치 들은 최댓값이 1.0이 되도록 정규화 된다(식 1 참조). 각 항만 마다의 지수는 각 통계치 들을 정규화한 후 결합한 다음 그 결과를 다시 한 번 정규화 하여 구한다(식 2 참조). 결과적으로 해운네트워크의 모든 항만간 노선마다 [0, 1]사이의 가중치가 할당된다.

2. Container Port Connectivity Index 계산

Bartholdi et al.(2016)은 계산된 유사 LSCI 값을 이용하여 웹페이지분석을 위해 개발된 아이겐벡터에 기반 둔 'HITS(Hyperlink-Induced Topic Search)' 알고리즘 형태의 사회연결망분석을 수행한다. 이는 본 연구에서 활용하는 UCInet 6 프로그램의 Hub-Authority라는 알고리즘에 해당된다.

Hub-Authority알고리즘은 Kleinberg(1999)가 개발한 것으로 반복계산을 통해 안정 값을 구한다. 네트워크의 각 노드 i에 두 개의 비음인 가중치 x_i(authority 가중치)와 y_i(hub 가중치)가 할당된다. 초기에는 각 가중치에 대해서 임의의 비음 값으로 시작하여 아래 식(3)과 (4)방식으로 가중치들을 반복 계산한다. 지속되는 반복연산 간에 값의 유의미한 변화가 없을 때 계산을 종료하여 최종가중치를 구한다.

$$x_i^{(k)} = \sum_{j:(j,i)\in E} y_j^{(k-1)} \quad (3)$$

$$y_i^{(k)} = \sum_{j:(j,i)\in E} x_j^{(k-1)},\ k = 1,2,3,\ldots \quad (4)$$

계산후 가중치들은 정규화한다.

해운네트워크 분석에서 authority(내향)성이 높은 항만은 많은 다른 항만들로 부터 화물을 받아들이기 때문에 화물집적 및 유인 능력이 우수한 항만이다. 반면에 hub(외향)성이 높은 항만은 많은 다른 항만들에 화물을 보내주는 항만이기 때문에 분배 및 배분센터역할에 탁월한 항만으로 간주할 수 있다(김용학, 2014). 이러한 과정을 통해 외향성(Outbound)과 내향성(Inbound) CPCI를 계산 및 측정할 수 있다.

3. 분석

1) 실험 데이터

본 연구에서는 2012년 이후 CIY가 더 이상 발간되지 않기 때문에 부득이하게 일본 Ocean-Commerce사의 「국제수송핸드북」에 수록된 연도별 전 세계 컨테이너선대 운항데이터를 구입하여 분석하였다. 이 데이터는 기본적으로 CIY와 유사하나 일본을 중심으로 정리한 것이기 때문에 동북아 지역과 관련성이 적은 대서양항로나 동북아 지역과 무관한 운송 데이터는 대부분 제외되어 있다. 실제로 2007년 CIY와 Ocean-Commerce의 「국제수송핸드북」 데이터를 비교하면 이를 확인할 수 있다. 예를 들어 APL사의 경우 CIY를 기준으로 한 2007년 서비스는 원양항로 39개와 피더항로 35개로 구성된 총 74개였다. 같은 연도의 「국제수송핸드북」 데이터는 각각 30개와 21개로 총 51개 서비스가 수록되어 있다. 「국제수송핸드북」에 제외된 원양항로 서비스 9개는 전부 대서양항로 운항노선이며, 지역내 서비스인 피더항로 14개는 남북미 5개, 북유럽 2개, 오스트렐리아 1개, 중동 4개, 기타 2개로 확인되었다. 이에 「국제수송핸드북」 데이터를 이용하여 우리나라를 비롯한 동북아 기준의 컨테이너 운항네트워크를 분석하는 것은 전혀 문제가 없는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 2007년 초와 2017년 초에 발간된 「국제수송핸드북」에 수록된 데이터를 이용하여 지리(사회연결망분석) 및 경제적(CPCI) 분석을 수행한다. 전체 자료를 1,000TEU 이상 선대와 1,000TEU 미만 선대로 구분해보면, 1,000TEU미만의 소형선은 근해항로에, 대형선은 동서항로, 그리고 중형선은 오세아니아 항로 등의 남북항로에 주로 배선되는 것으로 판단된다. 전 세계 컨테이너해운시장을 하나로 분석한 것과 더불어 북미항로, 유럽항로, 오세

아니아항로, 그리고 동북아지역을 포함하는 근해항로에 대해서도 별도로 분석하였다.

표 2. Ocean-Commerce 데이터 특성

	2007년	2017년
총 레코드 수(선박기준)	2,388	2,513
분석제외(정보미비)	△271	△290
기항지별 레코드수	2,177	2,223
항만노드수	377	391
항만간 링크수	4,499	4,710
주간 총 빈도	4,350	4,730
평균선형(TEU)	2,126	3,306

자료: Ocean-Commerce,「국제수송핸드북」, 각년호

2) 데이터의 일반적 특성

표 2의 Ocean-Commerce사에서 집계된 전 세계 항로에 대한 2007년의 데이터는 2,388레코드, 377개 항만, 항만간 4,499개의 주간 서비스 연결편을 운항하고 있는 평균선형 2,126TEU의 선대로 나타났다. 그리고 2017년은 2,513개 레코드에 391개 항만, 항만간 총 4,710개의 주간서비스 연결편을 갖는 평균선형 3,306TEU로 10년 사이에 평균선형이 대략 55.5%정도 대형화되었다. 그렇지만 이들 각 년도의 데이터에는 동일 광역항만에 속하는 하위항만에 기항하는 경우 각각을 별도의 항만으로 기록하고 있다. 실제 중국 센젠항의 경우는 얀티안, 세코우, 치완, 마완, 그리고 다찬베이 등의 인근 다섯 개의 항만구역으로 나뉜다.

표 3. 항만구역 간소화

번호	결합후	결합전				
1	Busan	Busan	Busan Newport			
2	Colon	Colon	Cristobal	Manzanillo de Panama		
3	Port Keleng	Port Kelang	Port Kelang West		Port Kelang North	
4	Manila	Manila	Manila South	Manila North		
5	HongKong	HongKong	HongKong HIT	HongKong MID		
6	Dubai	Dubai	Jebel Ali			
7	Shenzhen	Yantian	Shekou	Chiwan	Mawan	Dachan Bay
8	Seattle/Tacoma	Seattle	Tacoma			

표 4. 입력데이터 정리

연도	데이터셋	노드수	링크수	주간 총빈도	평균선형(TEU)
2007년	전 체	366	4,484	4,335	2,126
	천TEU이상	270	3,148	3,057	3,241
	천TEU미만	196	1,336	1,278	512
	북미항로	100	776	747	4,626
	유럽항로	96	754	754	5,493
	근동항로	148	1,973	1,985	785
	호주항로	80	290	223	2,220
2017년	전 체	375	4,631	4,651	3,306
	천TEU이상	322	3,760	3,696	4,227
	천TEU미만	158	871	955	598
	북미항로	109	601	573	7,013
	유럽항로	105	550	549	12,081
	근동항로	153	2,326	2,388	1,827
	호주항로	85	305	237	3,414

자료: Ocean-Commerce,「국제수송핸드북」각 년호를 이용 계산.

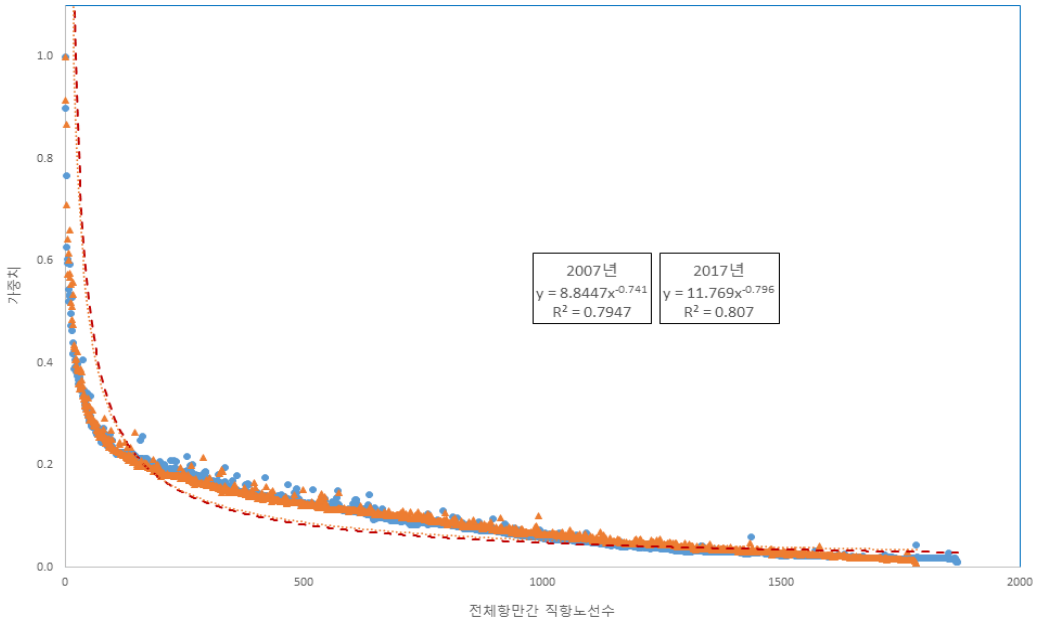

그림 1. 항만간 직항노선수와 유사 LSCI 가중치 분포(2007년 및 2017년)

그러나 CIY 등 대부분의 자료에는 처리실적을 항만구역들 전체를 합산하여 집계하기 때문에 본 연구에서도 이러한 항만들은 표 3과 같이 합산하여 집계하였다. 국제통계에 맞추어 항만들을 정리한 결과 분석할 데이터는 표 4와 같다.

3) 유사 LSCI 지수 계산

CPCI지수를 측정하기 위해 우선 그림 1과 같이 LSCI형태의 유사 LSCI지수를 계산하였다. 그림 1은 2007년과 2017년의 네트워크 전체 직항로에 대한 가중치 분포를 도시한 것으로 세계컨테이너 운항네트워크는 복잡계 네트워크의 분석요건을 만족하는 멱함수의 법칙(law of power)을 따른다는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 세계 컨테이너 운항네트워크에 대한 사회연결망분석이 타당한 것으로 볼 수 있다.

표 5는 가중치 순으로 각 년도의 20위까지를 유사 LSCI로 계산한 직항노선 계산결과를 보여주고 있다. 표의 각 년도 20위까지의 항만간 직항노선에 Bartholdi et al.(2016)과 같이 아시아역내항로들이 상위권에 위치하고 있다. 유사 LSCI지수를 기준으로 세계 20위권에 속하는 직항 노선은 2007년의 경우 홍콩발 직항노선이 4개, 홍콩착 직항노선이 4개로 나타났다. 싱가포르와 상하이의 경우는 출발노선이 각각 2개 및 3개이나 두 항만은 반입이 활성화된 때문에 도착노선이 상위권에 더 많아 각각 3개 및 4개가 20위권 이내에 위치하고 있다. 그러나 이와 반대로 닝보항의 경우는 출발노선이 2개인데 비해 도착노선은 1개만 상위권에 위치하고 있다. 이와 더불어 일본 위주의 데이터임을 반영하여 일본항 출발 및 도착노선의 경우도 각각 3개씩이 상위권에 위치해 있다.

2017년의 경우 2007년 이후 10년 사이에 상위권에 위치한 홍콩항의 직항노선이 각각 2개인 절반으

표 5. 유사 LSCI방식으로 계산한 가중치순 20개씩의 직항노선

2007년			2017년		
출발항	도착항	가중치	출발항	도착항	가중치
Shenzhen	HongKong	1.0000	Shanghai	Ningbo	1.0000
HongKong	Shenzhen	0.9144	HongKong	Shenzhen	0.8986
Shanghai	Ningbo	0.8684	Ningbo	Shanghai	0.7678
HongKong	Singapore	0.7091	Qingdao	Shanghai	0.6267
Tokyo	Yokohama	0.6606	Shenzhen	HongKong	0.6045
Singapore	HongKong	0.6437	Shenzhen	Singapore	0.5951
Singapore	Port Kelang	0.6159	Osaka	Kobe	0.5930
Kaohsiung	HongKong	0.6008	Ningbo	Shenzhen	0.5439
HongKong	Kaohsiung	0.5765	Singapore	Port Kelang	0.5345
Busan	Shanghai	0.5737	Port Kelang	Singapore	0.5314
Ningbo	Shanghai	0.5690	Tokyo	Yokohama	0.5288
Osaka	Kobe	0.5586	Singapore	HongKong	0.5215
Port Kelang	Singapore	0.5544	Busan	Kwangyang	0.4967
Yokohama	Nagoya	0.5345	Busan	Shanghai	0.4740
HongKong	Shanghai	0.5190	Xingang	Qingdao	0.4628
Shenzhen	Singapore	0.5115	HongKong	Shanghai	0.4409
Ningbo	HongKong	0.4862	Shanghai	Busan	0.4226
Qingdao	Shanghai	0.4762	Shanghai	Shenzhen	0.4190
Shanghai	Busan	0.4361	Shenzhen	Port Kelang	0.4174
Shanghai	Shenzhen	0.4329	Yokohama	Nagoya	0.4065

로 줄었으나 센젠항이 각각 3개씩으로 늘어 10년 동안 특히 센젠항의 위상이 크게 높아졌음을 유추할 수 있다. 이와 더불어 전체 항만중 상위권에 속한 일본 항만이 각각 3개씩을 유지하였다.

4) CPCI지수의 도출

이제 출 도착 항만 쌍과 이의 유사 LSCI지수데이터를 UCInet 6에 입력하여 CPCI지표에 필요한 지수를 도출하였다. Hub-Authority 알고리즘에 따르면 항만의 역할에 따라 내향 및 외향 연계성에 격차를 보이며 이를 통해 항만의 역할을 가늠할 수 있다(김용학, 2014). 만약 외향성지수가 높은 항만들과 가까이 연계되어 컨테이너 반입량이 많은 항만들은 내향성지수가 높아지게 된다. 반대로 내향성지수가 높은 항만들과 가까이 연계되어 컨테이너 반출량이 많은 항만들은 높은 외향성지수를 갖게 된다. 따라서 항만의 성격을 내향형(반입형) 또는 외향형(반출형)으로 구분 가능하며, 본 연구에서는 각 커뮤니티(항로 등)에서 항만마다 내향지수와 외향지수의 편차가 최대차이의 절반이상이 되는 항만들은 내향(반입) 또는 외향(반출)항의 특성이 극명한 것으로 판단하여 “극반입형” 또는 “극반출형” 항만으로 명명하였다.

표 6, 7과 그림 2, 3, 4를 통해 2007년과 2017년의 평가결과를 비교해보면 2007년을 기준으로 상하이, LA, LB, 신강, 시드니 등이 반출에 비해 반입이 상당히 높은 “극반입형” 항만이다. 반대로 닝보, 요코하마, 칭다오, 오클랜드, 브리스베인, 그리고 앤트워프항 등은 반입에 비해 반출지수가 특히 높은 “극반출형” 항만들로 평가 되었다.

2017년의 경우 상하이, 신강, 오사카, LA, 그리고 LB 항 등이 반출에 비해 반입이 상당히 높은 “극

표 6. 반입기준 CPCI지수 20대 항만

순위	2007년				2017년			
	항만	반출	반입	유형	항만	반출	반입	유형
1	HongKong	0.4470	0.4210	반출형	Shanghai	0.3570	0.3800	극반입형
2	Shenzhen	0.3370	0.3490	반입형	Shenzhen	0.3480	0.3770	반입형
3	Shanghai	0.2890	0.3320	극반입형	HongKong	0.3660	0.3500	반출형
4	Singapore	0.2910	0.2790	반출형	Ningbo	0.3370	0.2910	반출형
5	Busan	0.2490	0.2770	반입형	Singapore	0.3120	0.2780	반출형
6	Kaohsiung	0.2560	0.2580	반입형	Busan	0.2390	0.2570	반입형
7	Ningbo	0.2650	0.2270	반출형	Kaohsiung	0.2340	0.2400	반입형
8	Xiamen	0.1660	0.1700	반입형	Xiamen	0.1920	0.2070	반입형
9	Kobe	0.1660	0.1650	반출형	Qingdao	0.1930	0.1940	반입형
10	Port Kelang	0.1520	0.1580	반입형	Nansha	0.1330	0.1560	반입형
11	Nagoya	0.1110	0.1390	반입형	Port Kelang	0.1830	0.1460	반출형
12	Osaka	0.1180	0.1370	반입형	Xingang	0.0720	0.1440	극반입형
13	Qingdao	0.1700	0.1350	반출형	Kwangyang	0.1150	0.1340	반입형
14	Tokyo	0.1300	0.1320	반입형	Tokyo	0.0620	0.1010	반입형
15	Yokohama	0.1940	0.1300	반출형	Laem Chabang	0.1110	0.1000	반출형
16	Los Angeles	0.0750	0.1280	극반입형	Los Angeles	0.0190	0.0950	극반입형
17	Tanjung Pelepas	0.1130	0.1190	반입형	Osaka	0.0370	0.0900	극반입형
18	Keelung	0.0960	0.1060	반입형	Tanjung Pelepas	0.1310	0.0840	반출형
19	Kwangyang	0.1150	0.0980	반출형	Colombo	0.0620	0.0840	반입형
20	Xingang	0.0610	0.0970	극반입형	Yokohama	0.1010	0.0810	반출형

표 7. 반출기준 CPCI지수 20대 항만

순위	2007년				2017년			
	항만	반출	반입	유형	항만	반출	반입	유형
1	HongKong	0.4470	0.4210	반출형	HongKong	0.3660	0.3500	반출형
2	Shenzhen	0.3370	0.3490	반입형	Shanghai	0.3570	0.3800	극반입형
3	Singapore	0.2910	0.2790	반출형	Shenzhen	0.3480	0.3770	반입형
4	Shanghai	0.2890	0.3320	극반입형	Ningbo	0.3370	0.2910	극반출형
5	Ningbo	0.2650	0.2270	극반출형	Singapore	0.3120	0.2780	반출형
6	Kaohsiung	0.2560	0.2580	반입형	Busan	0.2390	0.2570	반입형
7	Busan	0.2490	0.2770	반입형	Kaohsiung	0.2340	0.2400	반입형
8	Yokohama	0.1940	0.1300	극반출형	Qingdao	0.1930	0.1940	반입형
9	Qingdao	0.1700	0.1350	극반출형	Xiamen	0.1920	0.2070	반입형
10	Xiamen	0.1660	0.1700	반입형	Port Kelang	0.1830	0.1460	반출형
11	Kobe	0.1660	0.1650	반출형	Nansha	0.1330	0.1560	반입형
12	Port Kelang	0.1520	0.1580	반입형	Tanjung Pelepas	0.1310	0.0840	극반출형
13	Tokyo	0.1300	0.1320	반입형	Kwangyang	0.1150	0.1340	반입형
14	Osaka	0.1180	0.1370	반입형	Laem Chabang	0.1110	0.1000	반출형
15	Oakland	0.1180	0.0480	극반출형	Yokohama	0.1010	0.0810	반출형
16	Kwangyang	0.1150	0.0980	반출형	Oakland	0.0940	0.0050	극반출형
17	Tanjung Pelepas	0.1130	0.1190	반입형	Kobe	0.0930	0.0570	반출형
18	Nagoya	0.1110	0.1390	반입형	Ulsan	0.0880	0.0400	극반출형
19	Laem Chabang	0.1020	0.0920	반출형	Dubai	0.0820	0.0480	반출형
20	Keelung	0.0960	0.1060	반입형	Keelung	0.0790	0.0710	반출형

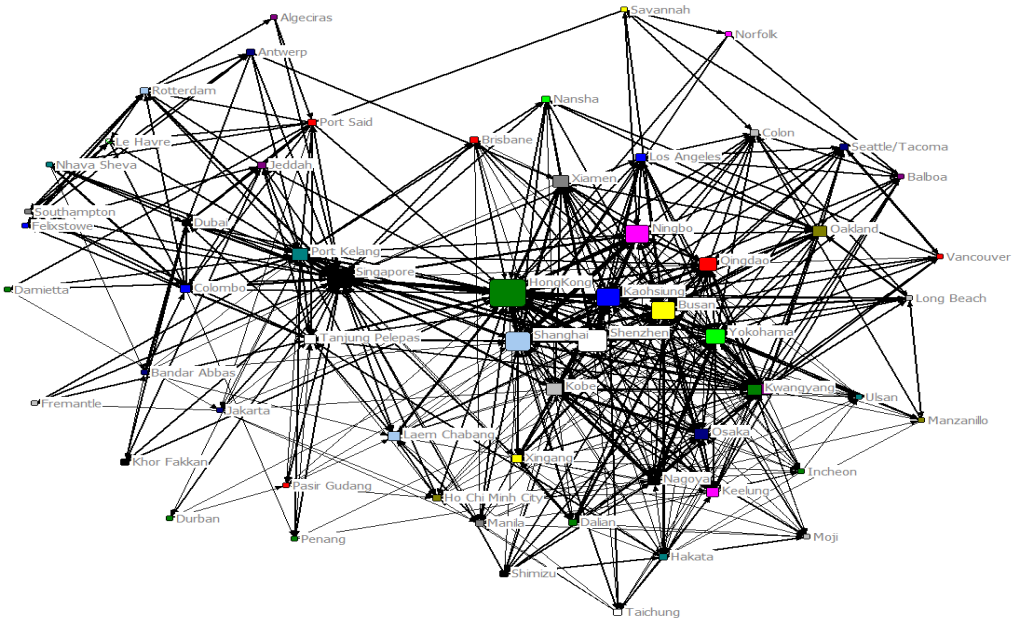

그림 2. 2007년 세계 컨테이너항만 네트워크 구조(외향CPCI기준)

반입형" 항만이다. 반대로 닝보, 탄중 펠레파스, 오클랜드, 그리고 울산항 등은 반입에 비해 반출지수가 특히 높은 "극반출형" 항만들로 평가되었다.

표 6과 7을 한 화면에 도시한 것이 그림 4이다. 그림 4를 보면 반입과 반출지수의 차이 및 기간별 이동괘적을 더 쉽게 확인할 수 있다. 그림에서 대각선으로부터 멀리 떨어진 위치에 있는 항만일수록 내외향성이 더 큰 "극반입형" 또는 "극반출형" 항만으로 간주 할 수 있다.

표 6, 7과 그림 2, 3, 4를 보면 환적허브항의 성격을 갖는 것으로 알려져 있는 항만들인 홍콩, 싱가포르, 닝보항 등은 대체로 반출항의 성격을 지닌다. 다른 항만들로부터 반입된 화물을 북미나 유럽 등의 주요시장으로 전달하는 역할 특성을 주로 갖기 때문일 것이다. 이에 따르면 일본의 요코하마항도 북미향 반출화물의 말단에 위치하기 때문에 외향성이 높은 항만으로 판단된다. 미국의 오클랜드항도 지속적으로 외향성이 높은데 배후 지역에서 생산되는 미국의 농산물을 아시아지역에 수출하는 반출항 역할을 하기 때문이다(Bartholdi et al., 2016). 이외에 분석의 10년 기간 동안에 포트 클랑과 탄중팔레파스가 반입 항으로부터 반출 항으로 성격이 변하였다. 이들 항만들은 싱가포르와 유사한 동남아의 우수한 지정학적 위치에 입지한데다 상대적으로 저렴하기 때문이다. 따라서 최근 10년 사이에 선사들의 화물중개 선호도가 지속적으로 높아짐에 따라 반입 항에서 반출 항으로 역할이 바뀐 것으로 판단된다.

표 6, 7과 그림 2, 3, 4를 다시 보면 중국의 대형항만들인 상하이, 센젠, 사먼, 그리고 신강 등과 미국의 LA 및 LB항은 꾸준하게 반입항 역할을 수행하고 있다. 중국의 주요항만들은 중국기업에 필요한 원자재나 기타 수입품의 반입항 역할을 하기 때문으로 판단된다. 미국의 LA 및 LB항은 극동으로

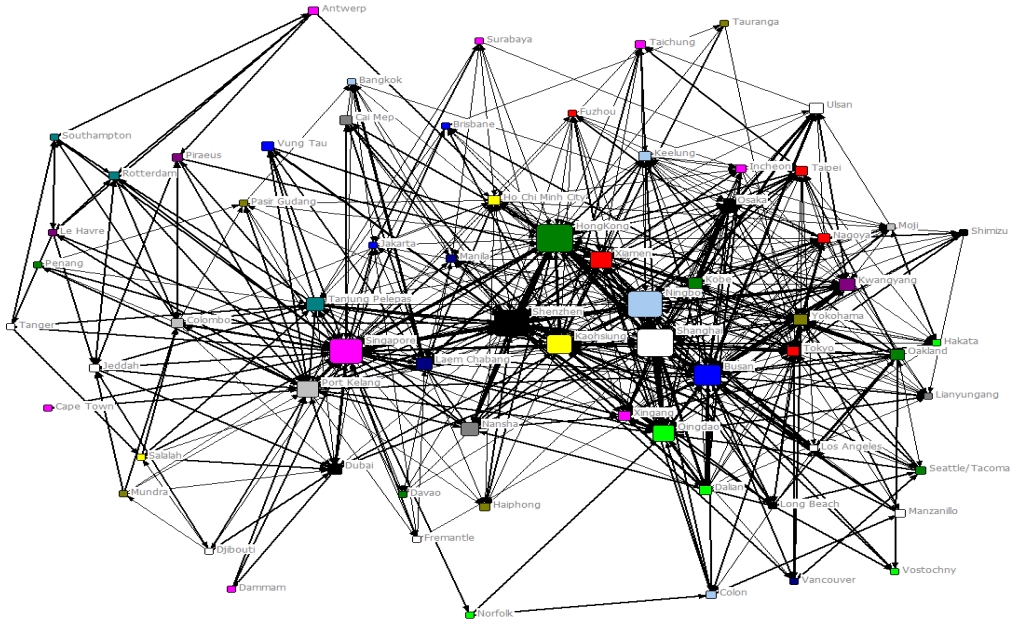

그림 3. 2017년 세계 컨테이너항만 네트워크 구조(외향CPCI기준)

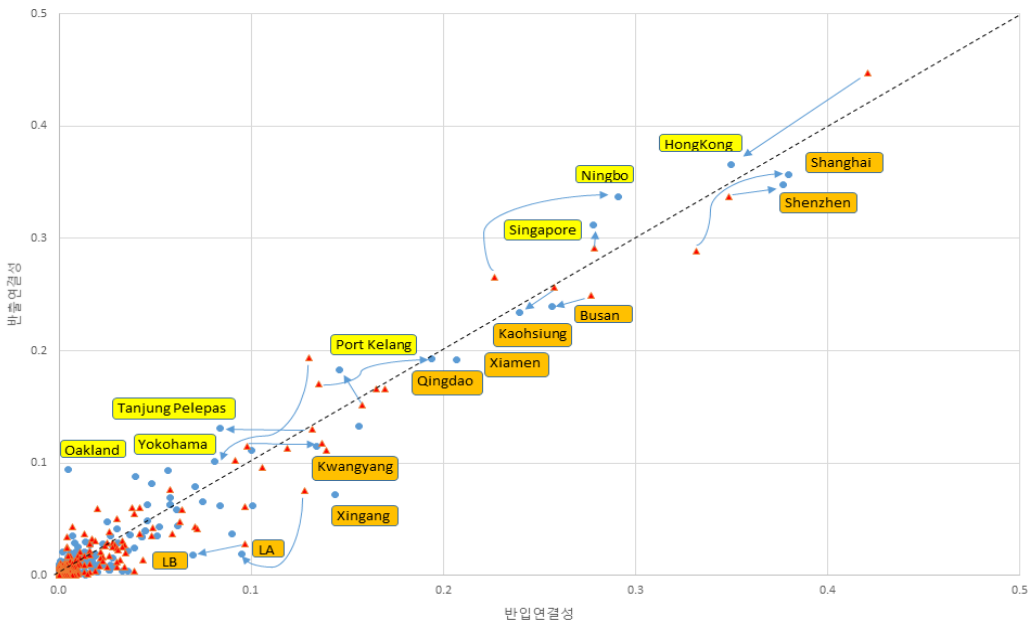

그림 4. 주요 컨테이너항만 내향 및 외향성 지수 변화(2007년→2017년)

부터의 전자제품 등 시의성이 높은 고가화물을 신속히 처리하는 역할을 주로 하기 때문에 반입항 역할에 충실하다(Bartholdi et al., 2016). 우리나라의 부산항과 대만의 카오슝항은 각각 국내화물의 수출항 역할도 수행하지만, 주변 항만들로부터의 피더화물을 중개하는 환적항 및 북미로부터의 수입품을 처리하는 항만의 성격을 동시에 갖기 때문에 반입 및 반출항 역할을 고르게 수행하는 것으로 보인다. 칭다오항은 우리나라와의 접근성 등으로 인해 신선식품 등 한국발 수출화물의 도착지 역할이 뚜렷해져 반출항으로부터 반입항 역할로 바뀌고 있는 것으로 판단된다. 마지막으로 우리나라의 광양항은 호남권 화물의 수출항 역할을 하다가 최근 인천항의 부상 등에 따른 중국향화물 정체, 북미 및 일본지역 수출물량과 환적물량 감소를 반영하여 반출항에서 반입항으로 역할이 변화하고 있다.

단, 여기서 한 가지 유념해야 할 것은 본 연구의 CPCI분석은 주당 항만별 입출항 선박량을 기준으로 한 것이지 화물량을 기준으로한 것은 아니라는 것이다. 즉, 광양항의 반입량이 반출량보다 크게 늘었다기 보다 Ocean- Commerce에 수록된 선대정보에 의한 반입지수가 반출지수에 비해 크다는 것이다. 항만의 현황을 파악하기에는 입출항 화물량이 입출항 선박량보다 더 정확할 것이나 이러한 데이터는 국내항만외에 구할 수가 없다. 따라서 본 분석에는 입출항 선박량의 비율을 기준으로 항만의 역할을 판단하는 한계가 있을 수 있다.

이제 각 항로마다 어떠한 항만들이 주요한 역할을 하는지를 확인해 볼 차례이다. Bartholdi et al.(2016)은 컨테이너 선박이 항로를 중심으로 운항된다는 원리를 간과하고 전세계 운항네트워크를 하나로만 분석하여 의미를 끌어내려는 시도를 하고 있다. 이렇게 되면 특정항만의 특정항로에서의 역할이 축소되고 다른 역할과 결합되어 평준화 왜곡되게 된다. 이에 본 연구에서는 항로별로 구분 평가 한다.

(1) 북미항로

표 2에 따르면, 본 연구에서 분석할 북미항로 운항선대는 2007년 100개의 항만간 776개의 직항노선에 평균 4,626TEU의 선박이 운항되었다. 10년 후인 2017년에는 109개의 항만간 601개의 직항노선에 평균 7,013TEU의 선박이 운항되었다. 파나마 운하의 확장에 힘입어 운항선형이 크게 대형화 되었다.

2007년과 2017년간 북미항로에서 항만역할의 변화추이를 보여주는 그림 5를 보면 각 항만의 역할이 더욱 극명하게 드러나 있다.

중국의 항만들간 역할이 나뉘는데 상하이항은 상하이지역의 소비에 필요한 다양한 원자재나 제품을 북미지역에서 반입하는 역할을 하는 것으로 나타나고 있다. 지난 10년 사이에 이러한 역할이 더욱 뚜렷해 진 것으로 보인다. 홍콩항은 중국의 항만시설이 부족하고 수요가 크지 않던 2007년경에는 홍콩 인근 공단지역에서 생산되는 제품을 북미지역으로 수출하는 역할을 주로 수행하다가, 인근의 중국항만인 센젠항 등이 개발됨에 따라 그보다는 북미발 물품의 반입역할이 더욱 커지는 상황으로 보인다. 2007년경에는 “극반출형” 항만이었다가 2017년까지 반입·반출의 균형을 넘어 서서히 반입형 항만으로 변화되고 있으며 이러한 경향은 앞으로도 지속될 것으로 예상된다. 그러나 중국의 닝보항은 지역 생산품의 북미향 반출항만의 역할이 갈수록 커지는 중국에서 대표적인 수출항으로 자리매김하고 있는 것을 알 수 있다. 주변 공단의 분포를 볼 때 이러한 경향은 향후에도 지속될 것으로 보인다.

우리나라의 부산항은 북미항로에서 반출형 항만의 역할이 심화되고 있다. 대만의 카오슝항도 부산항과 같이 대만내 생산품의 대미수출 전진기지 역

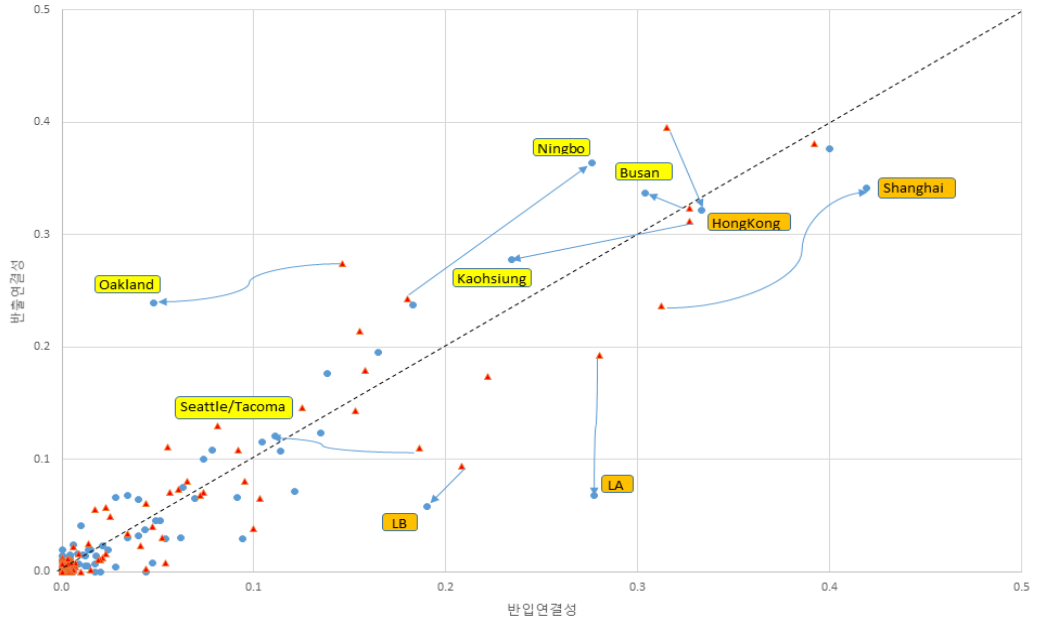

그림 5. 북미항로 항만 내향성 및 외향성 지수 변화(2007년→2017년)

할을 하기 때문에 외향성이 높은 반출형 항만으로 변화되고 있다. 광양항의 경우는 북미항로에서 지난 10년간 외향성이 높은 반출항으로부터 반출입이 균형 잡힌 항만이 되고 있다. 실제로 아직 수출화물이 수입화물에 비해 많지만 물동량이 크게 늘지 않으면서 수출과 수입간의 격차가 줄어들고 있는 실정이다.

북미항로의 반대편에 있는 LA와 LB는 우리나라를 비롯한 동북아 지역에서 생산한 고가의 수입품이 주요 도착항만이기 때문에 극명하게 내향성이 높은 반입항만의 성격을 지속적으로 드러내고 있다. 세계무역과 지리 및 해상운송으로 판단해 볼 때 두 항만의 반입항 역할은 지속될 것으로 예상된다. 오클랜드항은 전술한대로 항만인근에서 생산되는 농산물의 아시아향 수출항역할이 크기 때문에 외향성이 높은 반출항 역할이 뚜렷해 보인다. 마지막으로 시애틀/타코마항은 2007년에는 LA와 LB와 경쟁하는 뚜렷한 반입항이었다가 20017년 들어 반입항으로의 역할이 줄어들면서 반입과 반출을 비슷한 수준으로 수행하는 항만으로 평가된다.

(2) 유럽항로

표 2에 따르면, 유럽항로 운항선대는 2007년 96개의 항만 간 754개의 직항노선에 평균 5,493TEU의 선박이 운항되었다. 10년 후인 2017년에는 105개의 항만 간 550개의 직항노선에 평균 12,081TEU의 선박이 운항되었다. 동북아 기준으로 여러항로 중 수요가 뚜렷한 장거리항로중 하나이며 선형제약이 거의 없는 유럽항로에는 세계 최대선형의 컨테이너선들이 지속적으로 배선되는 추세이다. 그림 6에 따르면 중국의 센젠, 상하이 그리고 신강 항은 유럽항로에서도 내향성이 매우 높은 반입항만 역할을 지속하고 있다. 유럽, 지중해, 중동 지역으로부터 중국으로 반입되는 자재 및 상품들의 도착항인

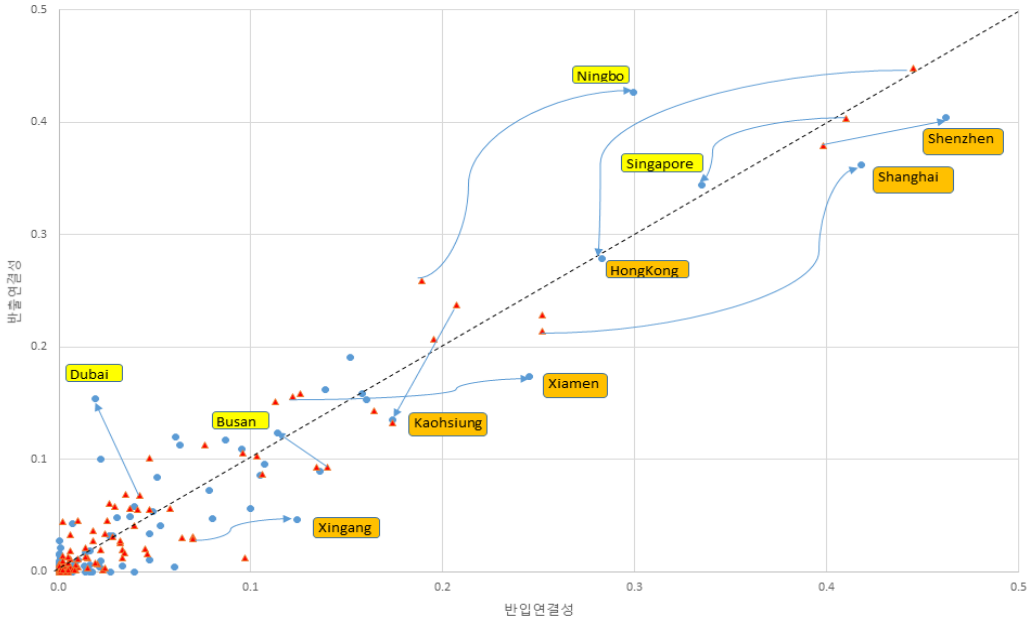

그림 6. 유럽항로 항만 내향성 및 외향성 지수 변화(2007년→2017년)

것이다. 그러나 닝보항은 배후의 항저우신구 등 대규모 산업단지에서 가전, 레저제품을 생산한다. 또한 항저우신구에 중국 최대 B2B 전자상거래 플랫폼인 알리바바, 중국최대 B2C 수출 플랫폼인 수마이퉁, 중국 최대 온라인 결제 플랫폼인 즈푸바오, 그리고 중국최초의 B2C 수입대행 플랫폼인 티몰궈지가 위치해 있어 외향성이 높은 반출항역할이 지속적으로 뚜렷하다. 중동의 두바이항도 지역의 환적중심항 역할을 수행하는 외향성이 높은 항만으로 평가된다. 우리나라의 부산항은 2007년 경 반입항 역할이 뚜렷했던데 비해 2017년에는 국내 제품의 유럽향 수출이 증대됨에 따라 반입과 반출에 균형을 넘어 반출항 역할로 넘어가는 단계에 있다. 광양항의 경우도 유럽항로에서는 화학제품과 자동차 등의 선적이 높은 비중을 차지하고 있어 지속적으로 반출항 역할을 수행하고 있다.

(3) 오세아니아항로

표 2를 보면 오세아니아항로의 운항선대는 2007년 80개의 항만 간 290개의 직항노선에 평균 2,220TEU의 선박이 운항되었다. 10년 후인 2017년에는 85개의 항만 간 305개의 직항노선에 평균 3,414TEU의 선박이 운항되었다. 오세아니아항로는 동서항로 다음으로 길고 물동량이 점증하는 중요한 항로이기 때문에 2007년경에 장거리인 동서 항로에 운항되던 파나막스급 선박들이 2017년경에는 새롭게 오세아니아항로에 전배됨에 따라 운항선형이 크게 대형화되었다.

그림 7을 보면 오스트렐리아의 항만들도 외향성 및 내향성을 기준으로 항만마다 그 역할이 뚜렷하게 구분된다. 오스트렐리아 제1의 컨테이너 항만인 멜버른은 제조관련 다국적 기업들과 대기업의 본사들이 위치해 있다. 따라서 멜버른은 오스트렐리아 제1의 산업 및 제조업 중심지로 자동차, 농산물, 전

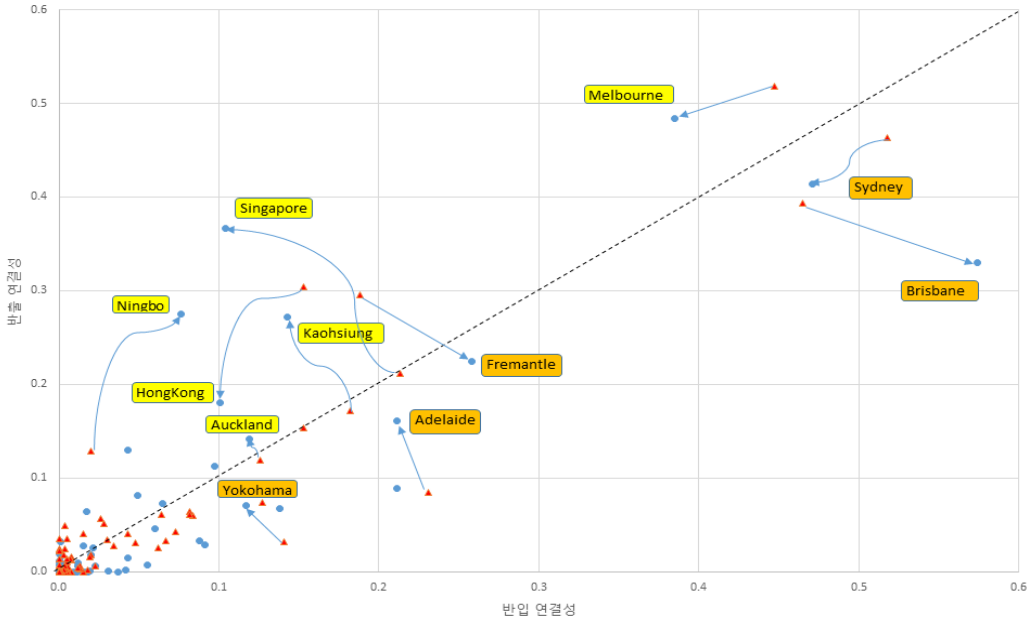

그림 7. 오세아니아항로 항만 내향성 및 외향성 지수 변화(2007년→2017년)

자기계, 항공기, 화학공업제품, 석유정제제품, 금속, 그리고 직물 등의 중화학 제품을 동아시아에 수출하고 있다. 이에 멜버른 항은 외향성이 높은 반출항 역할이 뚜렷하다. 그러나 대도시권인 시드니와 브리스베인은 지역의 높은 상품 수요에 따라 동아시아의 중국, 일본, 그리고 한국으로부터 전자제품, 자동차, 화학정제품 등의 수입품이 도착하는 반입항 역할을 꾸준히 수행하고 있다. 오스트렐리아에 상품을 수출하는 동아시아 지역의 닝보, 카오슝, 부산항과 다른 항로 운항선대의 컨테이너를 중개해주는 싱가포르와 홍콩항은 외향성이 높은 반출항 역할이 뚜렷하다. 한편 요코하마, 도쿄, 오사카, 그리고 고베 등의 일본 항만들은 브리스베인 등지의 상품과 소고기 등의 낙농제품을 꾸준히 수입하는 반입항만 역할을 하고 있으나, 자동차를 주로 수출하는 나고야 항은 외향성이 뚜렷한 반출항 역할을 지속하고 있다.

(4) 근해항로

표 2에서 분석할 근해항로 운항선대는 2007년 148개의 항만 간 1,973개의 직항노선에 평균 785TEU의 선박이 운항되었다. 10년 후인 2017년에는 153개의 항만 간 2,326개의 직항노선에 평균 1,827TEU의 선박이 운항되었다.

그림 8을 보면 상하이 이북 동아시아 지역을 주로한 근해항로 서비스에서 항만들의 성격을 확인할 수 있다. 일본의 경우 대도시권인 오사카와 도쿄는 동아시아 각국으로부터 수입되는 제품들의 반입항 역할이 뚜렷하다. 그러나 고베와 요코하마는 자동차 및 전자 등의 일본제품을 동아시아 지역에 수출하는 수출항의 역할을 하고 있다. 중국의 칭다오항도 상품의 역내 수출항 역할을 수행하고 있으나 우리나라의 부산항은 역내항로에서 외향성이 뚜렷한 반출항 역할이 줄어들고 반입과 반출이 균형을 이루는 항만으로 자리매김하는 중이다. 역내지역에

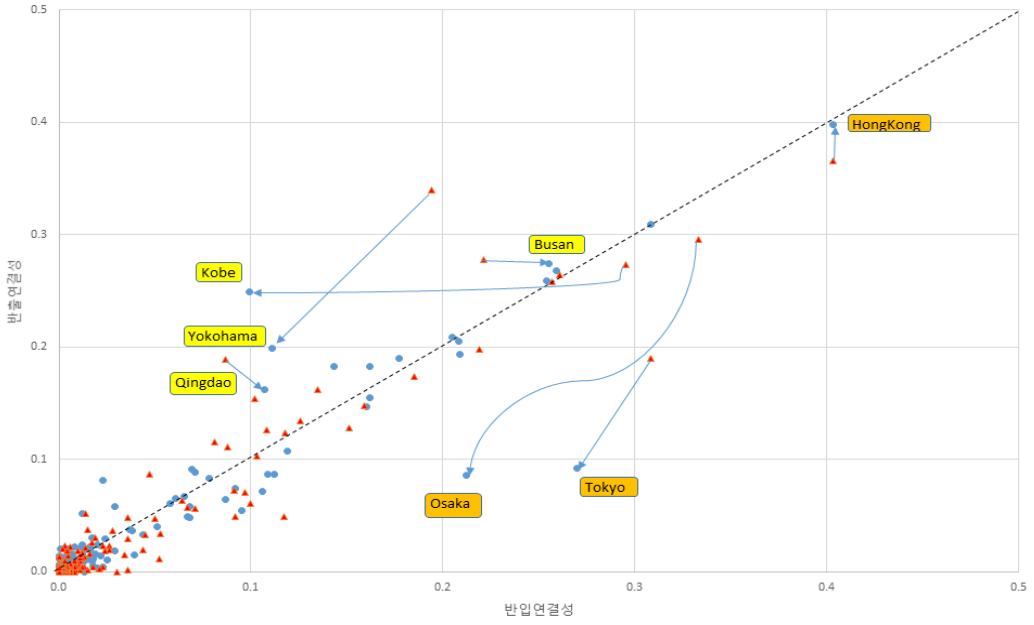

그림 8. 근해항로 항만 내향성 및 외향성 지수 변화(2007년→2017년)

대한 수출뿐만 아니라 역내 생산품의 수입이 꾸준히 늘어나고 있음을 유추해 볼 수 있다.

5) 항만 물동량 및 중심성지수와 비교

지금까지 지리적 및 경제적 의미를 담은 LSCI 형태의 CPCI지수를 2007년 및 2017년 세계 컨테이너 운항네트워크에 대해 측정하고 그 의미를 살펴보았다. 이제 외향 및 내향 CPCI들이 기존의 네트워크 관련연구에서 많이 활용한 지수들과는 어떠한 관계가 있는지를 확인해 볼 차례이다. 이를 위해 표 8과 같이 2017년 초 기준으로 Lloyd's List가 집계하는 세계 100대 주요항만의 처리실적과 연결, 베타, 근접, 매개, 고유벡터, 그리고 구조적공백지수 등과의 관계를 살펴보았다. 피어슨 상관분석에 따르면 모든 변수들 간의 관계가 유의확률 0.01수준에서 전부 다 유의한 것으로 나타났다. 이중에서 외향CPCI와 내향CPCI는 모두 항만간의 직접적인 연결 관계를 강조하는 선박의 서비스빈도와 관련된 연결중심성, 연결된 항만의 영향력을 강조하는 베타중심성, 그리고 연결된 항만들이 얼마나 중요한 항만인지와 관련된 아이겐베타중심성과 매우 높은 상관관계를 보여 주고 있다(곽기영, 2017). 또한 구조적 공백 지표의 효과크기와도 0.8수준 그리고 물동량과도 0.75이상의 높은 상관관계를 보여주고 있다. 상관관계 분석에 따르면 본 논문에서 측정한 2007년과 2017년의 내향성 및 외향성 CPCI는 항만의 역할을 규정해주는 점 말고도 여러 연구들에서 활용되고 검증된 다양한 지표와도 상당히 일치하기 때문에 같은 방향으로의 움직임을 기대할 수 있을 것이다. 또한 사회연결망분석의 다양한 지표들을 별도로 계산하고 측정하지 않더라도 상관관계가 매우 높은 그들 지표들의 의미를 담은 해석과 유추가 어느 정도 가능할 것으로 판단된다. 따라서 이러한 점을 염두에 두면 CPCI지수가 높은 항만은 다른

표 8. 항만 물동량과 관련 지수들간 상관관계분석

	Thp' 16	OutCPCI	InCPCI	OutDeg	Indeg	OutBeta	InBeta	OutClos	InClose	OutEige	InEigen	Between	EffSize
Thp' 16	1	.763**	.772**	.813**	.813**	.807**	.777**	.467**	.530**	.807**	.777**	.551**	.604**
OutCPCI	.763**	1	.960**	.951**	.950**	.947**	.941**	.729**	.698**	.947**	.941**	.616**	.819**
InCPCI	.772**	.960**	1	.939**	.938**	.940**	.937**	.670**	.756**	.940**	.936**	.591**	.796**
OutDeg	.813**	.951**	.939**	1	1.000**	.941**	.954**	.649**	.620**	.940**	.954**	.683**	.798**
Indeg	.813**	.950**	.938**	1.000**	1	.941**	.954**	.649**	.619**	.940**	.954**	.683**	.798**
OutBeta	.807**	.947**	.940**	.941**	.941**	1	.955**	.556**	.595**	1.000**	.954**	.507**	.676**
InBeta	.777**	.941**	.937**	.954**	.954**	.955**	1	.589**	.594**	.954**	1.000**	.540**	.687**
OutClos	.467**	.729**	.670**	.649**	.649**	.556**	.589**	1	.699**	.556**	.589**	.572**	.787**
InClose	.530**	.698**	.756**	.620**	.619**	.595**	.594**	.699**	1	.595**	.594**	.530**	.743**
OutEige	.807**	.947**	.940**	.940**	.940**	1.000**	.954**	.556**	.595**	1	.954**	.506**	.676**
InEigen	.777**	.941**	.936**	.954**	.954**	.954**	1.000**	.589**	.594**	.954**	1	.540**	.687**
Between	.551**	.616**	.591**	.683**	.683**	.507**	.540**	.572**	.530**	.506**	.540**	1	.860**
EffSize	.604**	.819**	.796**	.798**	.798**	.676**	.687**	.787**	.743**	.676**	.687**	.860**	1

**. $p<0.01$

주: Thp' 16: 2016년 물동량, OutCPCI: 외향CPCI, InCPCI: 내향CPCI, OutDeg: 외향연결중심성, InDeg: 내향연결중심성, OutBeta: 외향베타중심성 ,InBeta: 내향베타중심성, OutClos:, 외향근접중심성, InClos:내향근접중심성, OutEige: 외향고유벡터중심성, InEigen: 내향고유벡터중심성 ,Between: 매개중심성, EffSize: 구조적공백 효과크기

항만들과의 외향 및 내향 등 양방향 연결성이 매우 높다고 할 수 있다. 물론 이는 LSCI 추정방식과 유사한 CPCI지수의 계산과정에 서비스나 운항빈도가 주요한 항목으로 포함되어 있기 때문에 당연한 결과로 판단된다.

또한 CPCI지수가 높으면 다른 중요한 항만들과의 연결정도가 매우 높다고 유추할 수 있다. 베타나 고유벡터 중심성의 개념을 따르기 때문이다. 그리고 CPCI지수가 높은 항만은 구조적으로도 자신을 대체할 수 있는 다른 항만이 없는 중요한 위치를 차지하고 있다는 구조적공백수준도 높은 것으로 볼 수 있기 때문에 선사와 화주들에게는 지역에서 특히 중요한 항만이 된다. 다른 항만과 연계성도 높고 영향력도 높으며 대체 불가능한 특성을 갖는 항만들이라면 당연히 컨테이너 처리량 수준도 상대적으로 매우 높은 항만임을 유추할 수 있다. 그러나 물동량과의 상관계수가 다른 지수들에 비해 낮은 편이기 때문에 물동량 순위가 높다고 반드시 CPCI가 아주 높은 것은 아니다. 반대로 CPCI가 높다고 해서 꼭 그 항만이 물동량 순위가 높은 것은 아닐 수 있다. 따라서 이러한 점을 감안 할 때 네트워크에서 가장 중요한 항만은 다른 항만과 항로나 서비스횟수가 가장 많거나 큰 항만은 아니다. 네트워크 영향력이 크고 대체 불가능한 항만이 될 때에만 상대적으로 비용경제성과 수익성이 높은 항만이 될 수 있을 것이다.

Ⅳ. 우리나라항만의 전략

본 연구에서는 컨테이너 운항선대에 대한 네크워크의 지리적 및 경제적 분석을 수행하였다. 이에 따르면 세계적으로 각국의 항만은 기본적으로 외향 또는 내향이라는 고유한 역할이 규정되어 있는 듯하다. 주변 배후산업단지를 보유한 수출항의 경우는 외향성 항만 또는 반출항, 주변 대도시를 배후로 하면 내향성 항만 또는 반입항이 될 가능성이 높다. 이러한 항만의 성격을 대변해 줄 수 있는 정책적 의사결정이 필요할 것이다.

사실 우리나라의 기존 항만정책이 부산항과 광양항을 동북아의 환적기지화 하는 정책목표를 실행하고자 했다. 싱가포르와 같은 여러 가지 입지, 경제사회적 장점을 보유하지는 못했지만 차선의 입지조건을 보유한 부산항의 경우는 환적허브역할을 수행하였다. 지역항들과의 다양한 피더연계, 많은 기항서비스들과 선사들, 배후의 충분한 인구 및 산업 등을 감안할 때 부산항의 환적항 전략은 의미가 있다.

본 연구에 따르면, 부산항은 국내수출입화물도 대부분 처리하기 때문에 한진해운의 파산이후에도 반입과 반출이 균형을 이루면서 2017년 세계 5위권 항만을 유지하고 있는 것이다. 그러나 광양항의 경우는 이제 복합항만을 캐치프레이즈로 하면서 환적허브항 정책을 대체한 것으로 보인다. 특히 인천항의 부상과 더불어 항만물동량이 정체 또는 감소하고 있어 더 이상의 성장도 위태로운 실정이다. 돌이켜 보면 입지, 배후지, 물동량 등 여러 조건이 불비한 광양항에 대한 환적허브항 정책은 타당성이 부족했던 것이라 판단된다. 광양항 개발과 더불어 부산신항 등의 계획이 실행되는 순간 광양항의 환적허브항 정책은 상당히 오래전부터 실행가능성이 낮은 상황이었다고 할 수 있다.

입지조건 외에 특정 항만에 선박이 기항하기 위해서는 그 항만에서 선박운송능력의 10%이상의 화물이 하역되어야 선사들이 비로소 기항을 결정한다는 조사결과도 있다(Fremont and Parola, 2011). 따라서 배후경제권이 미비한 항만은 입지의 특장점이 있거나 주변 경쟁환적항이 없는 경우에만 일시

적인 환적항 기능을 수행할 수 있는 것이다.

본 연구에 따르면 부산항, 광양항, 그리고 인천항은 전부 반입항의 성격이 더 크다. 그러나 인천항 외에 부산항과 광양항은 내향 및 외향 CPCI지수가 높은 편이다. 전술한대로 CPCI지수가 높으면 연결항로수, 중요 항만들과의 연계, 그리고 구조적 공백지수 등이 매우 높다. CPCI지수가 높다는 것이 꼭 높은 물동량 수준을 의미하지는 않지만 높은 물동량 수준으로 발전시킬 가능성은 있다고 볼 수 있다. 세계 유수의 컨테이너 해운회사였던 한진해운이 파산하면서 한진해운이 해외 항만에 운영하던 자가 터미널들도 대부분 매각되어 제휴항만이 줄어들었다. CPCI 지수분석에 따르면 해외 특정항만과의 긴밀하고 굳건한 제휴 및 연계는 단순한 항로 연결 관계 이상의 의미와 효과를 낼 수 있다.

따라서 환적보다는 항만간 제휴나 결합에 의한 물동량 증대노력이 필요할 것이다. 이를 위해서는 세계 각국 또는 항로마다 각 항만들의 역할과 주요 취급제품이 부산, 광양, 인천 등 우리나라 항만들 및 항만배후지의 산업 및 수요와 어떠한 관계가 있는지를 확인해 봐야 할 것이다. 배후지 수요 및 산업과 항만의 역할을 반영한 국내외 항만과의 제휴 강화는 항만의 발전을 위한 중요한 전략도구가 될 수 있을 것이다.

CPCI지수와 유사LSCI를 활용하여 특정항만과 항만간 역할이 다르고, 반출 및 반입지수값의 합이 큰 순서로 제휴할 항만의 우선순위를 제시할 수 있을 것이다.

첫째, 광양항의 경우는 닝보, 홍콩, 울산, 그리고 평택 순으로 전략적 제휴항만의 후보를 제시할 수 있다.

둘째, 인천항의 경우는 홍콩항이 유일하게 기준을 만족하는 것으로 확인되었다.

마지막으로 부산항의 경우는 울산, 요코하마, 홍콩, 닝보, 시애틀/타코마, 코베, 키룽, 보스토치니, 모지, 싱가포르, 나고야, 카나자와, 아키타, 마산, 미쓰시마 순으로 나타났다.

V. 결 론

본 연구에서는 기존 연구들에서 다양하게 활용되고 적용된 그래프 이론중심의 네트워크분석 연구들에서 경제적 분석이 부족함을 감안하여 지리적 및 경제적 네트워크 분석을 동시에 수행하기 위한 시도를 하였다. 이를 위해 동북아 항만에 초점을 맞추어 2007년과 2017년간 전 세계 컨테이너 운항네트워크와 항만별 비교를 하였다.

연구결과 밝혀진 내용은 Bartholdi et al.(2016)과 같이 CPCI 지수가 다음과 같은 다양한 장점을 갖고 있음을 확인하였다.

첫째, 각국항만의 수출입 물동량 자료 없이도 항만의 반입항 및 반출항 역할을 규명할 수 있었으며, 시간의 경과에 따른 항만 역할의 변화 또한 목격할 수 있었다. 이에 따라 국내항만은 경쟁항만의 움직임을 파악하여 대응전략을 마련할 수 있으며, 국내 선사들은 그 추세에 맞는 선도적인 배선, 선대, 그리고 서비스 전략을 수립하여 운영 할 수 있을 것이다.

둘째, CPCI가 여러 중심성 지수들과 상관관계가 높다는 사실은 중요 항만과의 연계강화를 위한 제휴항만전략 등을 수립할 때 유용할 것이다. 적절한 제휴 후보항만을 선정하는 데도 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

마지막으로 셋째, 항만의 역할은 하나로 고정되지는 않으며 선대 서비스 항로마다 서로 다를 수 있다. 즉, 북미항로, 유럽항로, 오세아니아 항로, 그리고 근해항로에 따라 연계되는 국가의 항만이 달

라지기 때문에 확고한 배후산업이 없는 항만은 반입항 또는 반출항 역할이 일정하지 않을 수 있다. 주변 다른 항만들 움직임의 영향을 크게 받을 것이기 때문이다. 항만당국은 선사들이 원하는 역할이 무엇인지를 정확하게 파악하여 선사를 응대 또는 유치하려는 노력을 해야 할 것이다.

지금까지 경제적 및 지리적 네트워크 분석을 가능하게 해주는 LSCI지수형태의 CPCI지수를 활용하여 세계 컨테이너 운항네트워크를 분석하였으나 본 연구를 수행 중에 몇 가지 한계를 확인하였다. 추후 연구를 통해 이러한 점들을 해결하여야 할 것이다.

첫째, 본 연구는 비용문제 때문에 AIS 등 전 세계 대상의 광범위한 정보를 활용하지 못하고 상대적으로 저렴한 일본 Ocean-Commerce사의 정보를 분석하였다. 그러나 동 데이터는 대서양항로정보가 제외되어 있어 전 세계적인 컨테이너 운항네트워크와 항만의 분석에는 미흡하였다.

둘째, 분석과정에서 선형, 서비스 횟수, 척수 등의 정보는 포함하였지만, 선박운항의 또 다른 중요정보인 항만간거리, 이동시간 등의 네트워크분석에 매우 중요한 계량정보를 반영하지 못했다.

셋째, 본 연구에서 2007년과 2017년의 10년 간격의 운항네트워크를 비교하였으나 10년간의 변화가 전반적인 추세의 변화인지 일상적인 변화가 나타난 것인지 확인 할 수 없었다. 장시간의 지속적인 비교분석을 통해 이를 규명해야 할 것이다.

마지막으로 넷째, CPCI가 LSCI의 작성과정을 답습한다고 했지만 국가가 아닌 항만수준으로 초점을 맞추게 되면 달라지는 것들이 있을 수 있다. 특히 주간서비스가 기본인 컨테이너 선대의 경우 주간 데이터를 활용하는 것이 타당하여 본 연구도 지수화 과정에서 연간이나 월간이 아닌 주간 데이터를 활용하였다. 그렇지만 주간데이터를 활용할 때 특정항만의 경우 주간서비스수와 입항선박수가 거의 일치하게 된다. 그러면 최종 지수화과정에서 같은 정보가 두 번 더해지는 다중공선성이 높은 거의 같은 자료를 결합하는 문제가 생길 수 있다. 또한 지수구성요소와 합산과정은 Fugazza et al.(2017), Wang and Cullinane(2008, 2016) 등의 연구에 기반을 두지만 각 요소들의 합산만이 아닌 승산 또는 합산과 승산 결합 등을 통해 지수작성과정의 타당성도 확인해야 할 것이다.

참고문헌

강동준(2015), 세계 주요지역 항만의 네트워크 특성이 성과에 미치는 영향에 관한 연구, 한국항만경제학회지, 31(4), 189-207.

곽기영(2017), 소셜네트워크분석, 제2판, 청람

김용학(2014), 사회연결망분석, 제3판, 박영사

김주혜 · 권오경(2014), 항만 네트워크 중심성과 효율성간의 상관관계 분석: 사회네트워크 분석을 중심으로, 로지스틱스연구, 22(4), 1-14.

박병인(2015), 광양항과 동북아 주요 컨테이너항만간 경협 추세분석, 한국항만경제학회지, 31(2), 85-101.

이상윤(2015), 동서기간항로 항만중심성에 관한 연구 -사회 연결망 분석을 기반으로-, 해양정책연구, 30(2), 111-141.

임병학(2011), 컨테이너항만 네트워크가 항만 생산성이 미치는 영향에 관한 연구: 사회 네트워크 분석을 중심으로, 로지스틱스연구, 19(3), 19-35.

임병학(2012), 사회 네트워크 분석 접근법을 이용한 효율적인 항만의 영향력과 순위 측정에 관한 연구, 한국SCM학회지, 12(1), 37-47.

Bartholdi III, J. J., Jarumaneeroj, P., and Ramudhin, A.(2016), A New Connectivity Index for Container Ports, *Maritime Economics and Logistics*, 18(3), 231-249.

Borgatti, S.P., Everett, M. G., and Freeman, L.C. (2002), *Ucinet 6 for Windows: Software for*

Social Network Analysis, Harvard, MA: Analytic Technologies.

Cisic, D., Komadina, P., and Hlaca, B.(2007), Network Analysis of the Mediterranean Port Supply Chain Structures, *Pomorstvo*, 21(1), 211-220.

Cullinane, K. and Wang, Y.(2012), The hierarchical configuration of the container port industry: an application of multiple linkage analysis, *Maritime Policy and Management*, 39(2), 169-187.

de Langen, P. W., Udenio, M., Fransoo, J. C., and Helminen, R.(2016), Port Connectivity Indices: An Application to European RoRo Shipping, *Journal of Shipping and Trade*, 1(6), DOI: 10.1186/s41072-016-0008-0.

Ducruet, C.(2013), Network diversity and maritime flows, *Journal of Transport Geography*, 30, 77-88.

Ducruet, C. and Zaidi, F.(2012), Maritime constellations: A complex network approach to shipping and ports, *Maritime Policy and Management*, 39(2), 151-168.

Ducruet, C. and Notteboom, T.(2012a), Developing Liner Service Networks in Container Shipping, In Song, D.W. and P. Panayides(Eds.) *Maritime Logistics: A Complete Guide to Effective Shipping and Port Management*, London: Kogan Page, 77-100.

Ducruet, C. and Notteboom, T.(2012b), The Worldwide maritime network of container shipping: Spatial structure and regional dynamics, *Global Networks*, 12(3), 395-423.

Ducruet, C., Ietri, D., and Rozenblat, C.(2011a), Cities in worldwide air and sea flows: A multiple networks analysis. *Cybergeo: European Journal of Geography*, 528.

Ducruet, C., Lee, S. W., and Roussin, S.(2009), Local strength, global weakness: a maritime network perspective on South Korea as Northeast Asia' s logistics hub, *International Journal of Maritime Affairs and Fisheries*, 1, 32-50.

Ducruet, C., Lee, S. W., and Ng, A. K. Y.(2010), Centrality and vulnerability in liner shipping networks: revisiting the Northeast Asian port hierarchy, *Maritime Policy and Management*, 37(1), 17-36.

Ducruet, C., Lee, S. W., and Song, J. M.(2011b), Network position and throughput performance of seaports, In Notteboom, T. E. (Ed.), *Current Issues in Shipping, Ports, and Logistics*, Bruxelles: Academic and Scientific Publishers(ASP), 189-201.

Fremont, A., and Parola, F.(2011), Carriers' Role in Opening Gateways: Experiences from Major Port Regions, in Hall, P., McCalla, R.J., Comtois, C., and Slack, B.(Eds.) *Integrating Seaports and Trade Corridors*, Ahsgate Farnham and Burlington, 47-63.

Fugazza, M. and Hoffmann, J.(2017), Liner shipping connectivity as determinant of trade, *Journal of Shipping and Trade*, 2(1), DOI 10.1186/s41072-017-0019-5

Hoffmann, J.(2012), Corridors of the Sea: An investigation into liner shipping connectivity, *Les Corridors de Transport,* Les Océanides, 263-276.

Hoffmann, J.(2013), *Liner Shipping Connectivity Matrix*, UNCTAD.

Hu, Y. and Zhu, D.(2009), Empirical analysis of the worldwide maritime transportation network, *Phisica A*, 388, 2061-2071.

Kaluza, P., Kölzsch, A., Gastner, M. T., and Blasius, B.(2010), The complex network of global cargo ship movements, *Journal of the Royal Society Interface*, doi:10.1098/rsif.2009.0495.

Kleinberg, J.(1999), Authoritative sources in a hyperlinked environment, *J. ACM*, 46, 604-632.

Laxe, F. G., Seoane, M. J. F., and Montes, C. P.(2012), Maritime degree, centrality and vulnerability: port hierarchies and emerging areas in containerized transport(2008-2010), *Journal of Transport Geography*, 24, 33-44.

Lloyd' s List(2017), *One Hundred Ports 2017*, Informa.

Low, J. M. W. and Tang, L. C.(2012), Network effects in the East Asia container port industry, *Maritime Policy and Management*, 39(4), 369-386.

McCalla, R., Slack, B., and Comtois, C.(2005), The Caribbean basin: adjusting to global trends in containerization, *Maritime Policy and Management*, 32(3), 245-261.

Montes, C. P., Seoane, M. J. F., and Laxe, F. G.(2012), General cargo and containership emergent routes: A complex networks description, *Transport Policy*, 24, 126-140.

Seoane, M. J. F., Laxe, F. G., and Montes, C. P.(2013), Foreland determination for containership and general cargo ports in Europe(2007-2011), *Journal of Transport Geography*, 30, 56-67.

Tran, N. K. and Haasis, H.(2014), Empirical analysis of the container liner shipping network on the East-West corridor(1995-2011), *Netnomics*, 15(3), 121-153.

UNCTAD(2017), *Review of Maritime Transport 2017*, UN.

Veenstra, A. W. and Mulder, H. M.(2005), Analysing container flows in the Caribbean, *Journal of Transport Geography*, 13(4), 295-305.

Wang, C. and Wang, J.(2011), Spatial pattern of the global shipping network and its hub—nd—spoke system, *Research in Transportation Economics*, 32(1), 54-63.

Wang, Y. and Cullinane, K.(2016), Determinants of Port Centrality in Maritime Container Transportation, *Transportation Research Part E*, 95, 326-340.

Wang, Y.(2013), Multiple centrality assessment of ports in maritime container transportation, In *Proceedings of IAME conference*, Marseille, France.

Wang, Y., and Cullinane, K.(2008), Measuring Container Port Accessibility: An Application of the Principal Eigenvector Method(PEM), *Maritime Economics & Logistics*, 10(1&2), 75-89.

Wilmsmeier, G. and Hoffmann, J.(2008), Liner Shipping Connectivity and Port Infrastructure as Determinants of Freight Rates in the Carribbean, *Maritime Economics and Logistics*, 10(1&2), 130-151.

국제 컨테이너선대 운항네트워크 변화와 우리항만의 전략

박병인

국문요약

2017년 초 한진해운의 파산에 따라 세계 컨테이너 운송시장에서 차지하는 국적선의 비중 및 역할이 현저하게 줄어들었다. 이에 우리나라의 수출입 기업 뿐만아니라 항만들도 위기를 맞게 되었다. 더구나 미국 트럼프 대통령이 촉발한 관세 및 무역전쟁은 북미 향발 화물의 증가에 부정적인 영향을 초래하고 있다. 반대로 초대형 선사들인 머스크나 CMA CGM과 자국 내 컨테이너 선사간 인수 합병한 중국 및 일본 컨테이너 선사들은 국내 유일의 세계 10대 국적 컨테이너 선사이던 한진해운이 파산함에 따라 선복 공급 감소의 반사이익을 얻고 있다. 수출입화물의 무역거래에서 외국적선사의 권력이 더욱 커지고 있다. 이에 따라 부산 및 광양 등 국내 항만은 해외선사와의 협상력 약화가 초래 되어 선사 유치가 더욱 어려워질 수 있다. 본 연구는 이러한 상황에서 사회연결망의 위상학적 분석과 LSCI 및 CPCI의 경제학적 분석능력을 결합하여 2007년과 2017년의 전 세계 컨테이너 운송네트워크를 비교하였다. 연구결과 항만의 역할을 파악할 수 있으며, CPCI가 중심성지수 및 물동량자료와 높은 상관관계를 갖기 때문에 별도의 중심성 분석 없이도 필요한 중심성지수가 갖는 의미를 활용할 수 있다. 본 연구결과를 우리나라 선사들의 기항 전략과 우리 항만의 제휴항만전략 및 발전전략에 활용할 수 있을 것이다.

주제어: 운항네트워크, 컨테이너항만연결지수, 반입항, 반출항