

국제해운의 환경규제가 항만 평가에 미치는 영향

김성국
한국해양대학교 해양플랜트운영학과 강사

이진욱
한국해양대학교 선박운항과 교수

Impact of International Shipping's Environmental Regulations on the Evaluation of Ports

Sung-Kuk Kim^a, Jin-Uk Lee^b

^aDepartment of Offshore Plant Management, Korea Maritime & Ocean National University, South Korea

^bDepartment of Ship Operation, Korea Maritime & Ocean National University, South Korea

Received 02 December 2020, Revised 25 December 2020, Accepted 28 December 2020

Abstract

It is no exaggeration to say that today's world economy is dependent on international trade, which is the result of inter-state transactions. As the vast majority of international goods transport is transported by international shipping, interest in the seaborne transport field is natural in international and trade studies. In particular, in the case of international shipping, as it is the basis of typical international transportation, changes in international shipping due to the innovation of technology may have an effect on international trade norms.

In this study, as a result of evaluating port preference in a hypothetical scenario by using the Design of Experiments method, bunkering as well as port service, which is traditionally important, was identified as a major competitive factor of future ports.

It has been revealed that, above all, the port to respond to the future is the continued importance of port services and the supply of ship fuel. Therefore, port authorities are providing implications that LNG bunkering infrastructure suitable for international environmental regulations is important.

Keywords: Bunkering, Design of Experiments, Port, Shipping

JEL Classifications: F10, F13

^a First Author, E-mail: lloyds@kmou.ac.kr

^b Corresponding Author, E-mail: julee88@kmou.ac.kr

© 2020 The Korea Trade Research Institute. All rights reserved.

I. 서론

오늘날 지구사회는 환경과피가 전면적으로 이루어지고 있기 때문에 지속가능한 사회구성을 위해 전방위적으로 노력하고 있다. 특히 온실가스에 의한 지구 온난화 문제는 인류가 대처하여야 하는 가장 심각한 문제 중의 하나이다. 인류는 지구온난화에 대한 대처로 기후변화에 관한 국제연합 기본협약(The United Nations Framework Convention on Climate Change)을 중심으로 이산화탄소(CO₂) 등 온실가스 삭감과 관련한 대처가 일사분란하게 진행되고 있다.

지구사회가 기후변화에 대처하기 위한 파리 기후변화협정(Paris Agreement)이 2015년 12월에 채택됨으로써 전세계가 친환경적 시스템을 강제화 하게 되었다. 이러한 시스템에 효과적으로 대처하기 위하여 무역분야에서도 환경책임이 낮은 물품의 관세인하를 필두로 온실가스 삭감에 일조하는 정책을 추진하고 있다. 국제무역의 운송을 담당하는 해운부문에서의 온실가스 삭감 노력은 2050년에 50% 감축이라는 목표를 달성하기 위하여 전방위적으로 이루어지고 있다.

세계해사기구(IMO, International Maritime Organization)가 주도하는 국제협약은 해운, 항만, 조선산업을 근본적으로 변화시킬 것으로 기대되는데 새로운 기술혁신에 의존하게 될 것이다. 인류가 만들어온 제도와 규범은 혁신에 의한 기술의 결과에 따라 변경되고 보완 되고 있기 때문에 IMO의 국제협약은 무역부문에 영향을 끼칠 수밖에 없다.

항만 특히 무역항은 국제무역의 창구이면서 해상과 육상을 연결하는 물류(Physical Distribution)와 상류(Commercial Distribution)의 교환이 일어나는 중요한 장소이다. 새로운 기술을 적용한 선박이 기항하는 항구에서는 필연적으로 새로운 기술변화를 수용한 국제운송과 국제무역 계약 체계에 변화를 미치게 된다. 기항하는 선박에 의해 도입된 새로운 기술변화를 수용하기 위해서는 항만은 인프라 구축을 통해 적극적으로 참여하던지 아니면 기존의 방법을 유지하고 고수하는 대처가 가능할 것이다. 이러한 항만

을 기항하는 선박의 입장에서는 화주가 항만을 선택하는 것보다도 더욱 중요한 의사결정을 고려할 수밖에 없다.

다수의 연구에서 항만을 선택할 때 고려하는 중요한 요소는 항로요인, 비용요인, 서비스요인이라고 밝히고 있다. Gilmour (1976), McGinnis (1979), Willingale (1981) 등의 다수의 연구에서는 항만선택시 고려하는 요인을 중심으로 위치, 시설, 서비스 및 비용수준을 판단하여 기항지로 결정하게 된다고 밝혔다. 하지만 잡화선(General cargo ship)이 주도하던 정기선 해운에서 컨테이너(Container) 용기의 개발에 따라 겐트리크레인(Gantry crane)이 설치된 항만으로 기항지가 대거 변경된 것과 같은 기술혁신의 변화를 반영한 연구는 부족하였다.

지구온난화에 대비한 국제사회의 대응으로 자동차 시장에서는 전기자동차가 판도를 바꾸고 있듯이 새로운 기술혁신을 수용한 선박의 등장으로 인해 기항하는 항만의 평가요소는 달라질 수 있다. 하지만 앞으로 다가올 새로운 기술혁신을 수용한 선박이 고려하게 되는 요인은 선행연구에서는 검토하지 못했다.

기술혁신의 패러다임에 따라 수용하는 곳과 적용하지 못하는 곳의 부침은 항상 존재하여 왔다. 변화의 트렌드는 보다 나은 사회로 나아가는 방향성을 가지고 있지만 부정적인 변화도 있기 때문에 변화를 무조건 수용하는 것이 올바른 대처가 아니다. 기술혁신의 시기에는 각기 다른 형태의 기술이 존재하기 때문에 기술혁신을 이룬 것이 표준으로 정착되지 못하고 시장에서 외면 받는 것도 비일비재하다. 대표적으로 1880년대 미국에서 벌어진 직류와 교류 시스템의 표준화 시도인 전류전쟁(The Current War)의 경우와 같이 표준이 변화의 기술이 반드시 정해진 방향으로 이루어지지 않은 것도 있다(Cline, 2017).

따라서 본 연구에서는 국제무역의 중추인 국제해상운송에서 벌어지고 있는 규제와 신기술에 따른 변화요소들이 항만선택에 어떠한 영향을 미칠 것인지를 검토하고자 한다. 항만선택을 위한 분석을 위해 소수의 전문가들로부터 의미 있는 분석이 가능할 수 있는 실험계획법(Design of Experiments)을 활용하여 연구목적

을 달성하도록 하였다. 이 분석의 결과는 허브 항만으로 유지하기 위한 항만당국에게 경쟁력 강화의 근거자료로 사용 할 수 있을 것이다.

II. 해운산업의 주요 변화

1. 환경규제 대응

국제무역의 발전과 근간을 마련하는 국제운송에 종사하는 국제항행 선박의 경우에 단위운송비용을 최소화하기 위해 비용이 저렴한 황산화물(SOx)이 많이 포함된 연료를 사용하여왔다. SOx는 산성비의 전구체로 활용될 뿐만 아니라 CO₂ 배출량의 약 20%가 운송부문에서 이루어지고 있다. 해운산업에서 배출하는 CO₂는 전세계 탄소배출의 2.5~3%로서 연간 10억톤에 달한다. 이러한 추세로 가면 2050년에는 17%까지 확대되어 심각한 영향을 미치게 된다.

국제사회는 이러한 심각성에 대처하기 위해 조치하고 있으며 IMO는 해상운송 분야의 온실가스 배출을 2050년까지 2008년 대비 50% 절감하는 계획을 추진하고 있다. 해운분야의 국제규정과 환경 로드맵을 주도하고 있는 IMO는 국제협약을 통해 오늘날 국제항해에 종사하는 선박에 대하여 강력한 조치를 취하고 있다.

협약당사국에 선적(flagging)하고 있는 선박뿐만 아니라 선박이 기항하는 협약당사국의 항만에도 IMO의 국제협약 이행을 요구하고 있다. IMO는 선박연료의 SOx 함유량, 질소산화물(NOx) 배출량 규제를 강화하여 2020년부터 SOx 함유량 규제를 기존3.5%에서 0.5% 함유량의 연료로 사용하도록 하는 강력한 규제가 시행되고 있다.¹⁾

이러한 규제에 적응하기 위해서 선박의 연료

는 선박용 경유(Marine Gas Oil, MGO), 중유(Heavy Fuel Oil, HFO), 액화천연가스(LNG)가 결합할 것이라고 전망하고 있다. MGO는 HFO 대비 고가이며 NOx 저감장치인 SCR(Selective Catalytic Reduction, 선택적 촉매 환원장치)를 설치하여야 하고 500US\$/ton 정도의 중화제사용 SCR유지비용이 발생한다. HFO는 SCR뿐만 아니라 SOx 저감장치인 Scrubber(탈황장치) 추가로 설치하여 비용이 상승하고 설치공간에 따른 부피증가가 발생한다(Park Han-Sun, Park He-Ri, Hugh Sung-Re and Kim Bo-Ram, 2019).

LNG는 CO₂ 23%, SOx 99%, NOx 80% 절감하여 IMO의 규제대응효과가 뛰어나지만 연료탱크 등 초기 투자비가 증가하며 저유가시 Oil과 가격경합이 발생한다. 하지만 석유가격의 변화, 셰일가스 공급확대에 따라 LNG가격경쟁력이 상승될 것으로 예상된다. 기술혁신에 따라 LNG 연료추진 필요한 연료탱크와 공급시스템 등의 추가설비에 대한 기술이 개발되면 LNG 기자재 가격이 하락될 것으로 기대된다.

따라서 선박연료로서 화석연료유(Oil)가 아닌 LNG 혹은 Oil과 LNG를 같이 사용(Dual-Fueled)하는 LNG 연료추진선박의 발주가 증가하고 있다. SEA-LNG (2020)의 조사에 따르면 운항중인 LNG 연료추진선박은 75척이 운항 중이며 155척이 발주 중에 있다.

〈Table 1〉의 현황을 보면 가장 많은 LNG 연료추진선박의 유형은 탱크(Tanker)이며, LNG 운반선이 선박의 추진도 LNG로 전환하는 것이 가장 많다. 이것은 불과 몇 년 전에는 LNG 운반선만 존재하였던 상황을 고려하면 LNG 연료추진선박의 도입확산은 해운업계가 적극 대처하고 있다는 증거이다. 지역적으로 항해거리가 짧은 유럽의 발틱해(Baltic Sea)에서 가장 많이 운항되고 있는 RoRo선과 Ropax선이 집중적으로 운영되고 있으며 또한 발주예정이다.²⁾ 이것

1) SOx(%)함유량 규제는 발틱, 북해, 미국연안의 ECA(배출통제구역, Emission Control Area) 내에서는 2015년부터 0.1% 이내로 강화되었고 우리나라를 포함하여 ECA외 지역은 2020년부터 SOx 규제 적용(3.5%→0.5%)하고 있다. NOx(g/KWh) 함유량 규제는 2011년 14.4g/KWh(Tier II)로 적용되고 있으며 2016년부터 3.4g/KWh(Tier III), ECA외 지역은 14.4g/KWh)로 강화하고 있다. Lee Ki-Yeol, Kim Geun-Seop, Kim Bo-Kyung Kim (2017).

2) LNG 연료추진선박의 연료탱크는 IMO type C 탱크로써 연료공급시스템이 간단하고 선박건조기간이 짧다. 하지만 이러한 장점에도 불구하고 대형선에는 부적절하고 소형선에 적합하다. C type 탱크가 사용되고 있는 것은 주로 북해 및 발틱해 지역의 연안을 운항하는 소형선에서 채택하고 있다. Export-Import Bank of Korea (2015).

Table 1. Worldwide growth in LNG use vessel(2020)

Vessel Type	Operation	On order	Sum
Cruise	2	31	33
RoRo & Ropax	12	18	30
Container	9	40	49
Tanker	44	53	97
Bulk	6	6	12
Car Carrier	2	7	9
Sum	75	155	230

Source: SEA-LNG (2020).

Table 2. League Table of Shipping companies

Company	Country	Average market cap FY 2018 Q4 (US\$bn)	Climate governance & strategy rank
Maersk	Denmark	25.3	1
NYK Line	Japan	3.4	2
K Line	Japan	2.2	3
HMM	South Korea	1.0	4
Norden	Denmark	0.6	5
MOL	Japan	3.5	6
Teekay	Bermuda	0.3	7
Wan Hai	Taiwan	1.2	8
OOIL	Hong Kong	6.0	9
Pacific Basin	Hong Kong	0.9	10
U-Ming	Taiwan	0.9	11
Evergreen Marine	Taiwan	1.8	12
Euronav	Belgium	1.6	13
Hapag-Lloyd	Germany	4.5	14
Yang Ming	Taiwan	0.7	15
COSCO S.H	China	5.4	16
NS United KK	Japan	0.5	17
COSCO S.ET	China	2.4	18

Source: Marcell, Ferguson and Clarke (2019).

은 유럽의 LNG 연료추진선박 정책의 효과로 간주되며 지역적으로도 유럽이 친환경 해운정책을 주도하고 있다는 것을 보여주는 증거이다.

환경규제에 선도적인 정책을 시행하는 유럽 연합에서는 2025년까지 유럽 139개 항구에

LNG 병커링 인프라를 구축하는 법안을 2014년에 통과시켰을 뿐만 아니라 LNG 사용 촉진 프로젝트인 TEN-T(Trans-European Transport Network, 유럽내 교통수단물류환경 향상 프로그램)을 가동하였다(Arolski, 2015). 대부분의

IMO 환경규제가 유럽에서 시작하고 이후 모든 지역에 확대되었듯이 전세계적으로 LNG 병커링이 대세가 될 것임을 예측할 수 있다.

해운업계는 IMO의 황산화물 규제와 온실가스 저감을 위한 대책 수립이 중요하게 되었다. 선도적인 기후환경변화에 대응하는 해운업계의 대처는 <Table 2>와 같다. NYK Line, Maersk, MOL, K Line, HMM 등의 해운선사는 2050년 '탄소배출 제로(Zero Emission)'의 미래를 대비하고 있다. 시가총액(Market capitalization) 규모로 보아 상위 수준의 해운업체는 기후변화에 대한 대책을 잘 수립하고 있다는 것을 쉽게 확인할 수 있다. 이것은 글로벌 해상운송을 선도하는 기업이 기술혁신의 수용과 관련한 대처에 적극적이라는 것을 보여주고 있다.

2. 기술혁신 대응

국제무역에서 계약된 상품을 인도하기 위하여 해상을 통해 국제운송의 중요성은 국제물품운송이 존재하는 한 지속될 수밖에 없다. 국제운송 가운데 상품의 대부분이 국제 해상운송으로 이동하고 있기 때문에 해운선사의 변화와 대응은 직접적으로 국제무역에 참여하는 모든 당사자들에게 영향을 미친다.

Maritime Korea (2019)에서는 정기선 분야에 한정하여 3차의 변화시기를 규정하고 있다. 기존의 잠화선이 주도하는 시장에서 하역의 효율을 극대화 시킨 컨테이너선을 주도적으로 도입한 해운선사들은 생존 경쟁력에 큰 영향을 미쳤다. 1970년대 컨테이너의 발명으로 1차로 닥쳐온 시기를 컨테이너선 전환시기로 평가하고 있다.

다음으로 1980~1990년대 국제교역량이 증대하면서 2차 변화시기가 왔다. 이 시기에는 선박의 운항속도 경쟁이 진행되었기 때문에 해운선사와 조선사가 동시에 큰 성장을 가져왔는데 한국의 해운과 조선업이 비약적으로 성장한 시기이다.

이후 2008년에 전세계적으로 서브프라임 모기지 사태(Subprime mortgage crisis)으로 인해 촉발된 세계적인 금융위기를 거치면서 3차 변

화시기가 왔다(Dubofsky, 2013). 2010~2012년에는 선박의 대형화를 통해 규모의 경제를 달성하였다. 해운선사는 단위 운송에 따른 비용 절감과 운항효율 제고를 달성하였다. 이와 같은 규모의 경제를 이루지 못한 P&O Nedlloyd, APL, OOCL, 한진해운 등은 변화에 제대로 대응하지 못하여 시장에서 도태되었다.

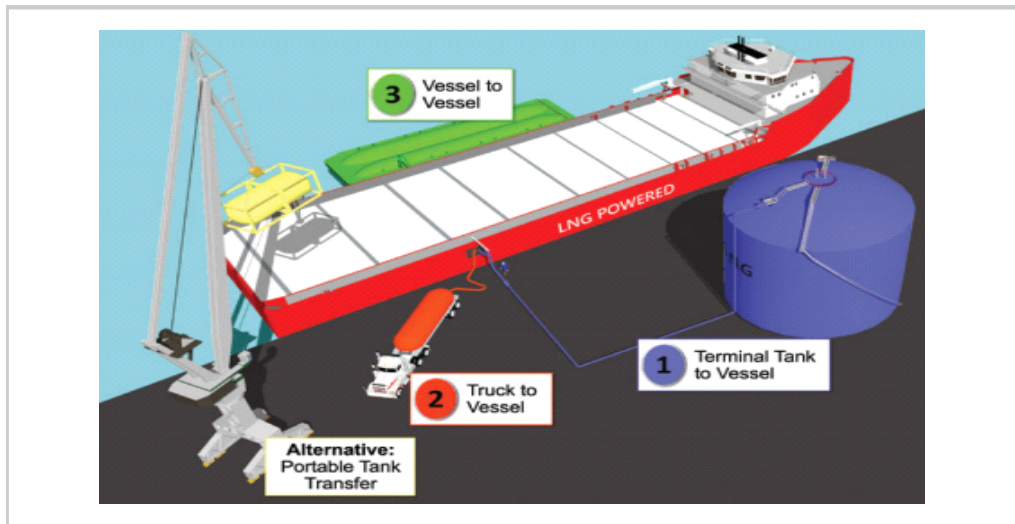
최근 전세계 해운업과 관련된 산업계의 시급한 당면현안은 '환경규제' 대응이다. 온실가스 감축활동에서 해운부분은 상대적으로 대응이 미진하다는 지적이 있었다. 이러한 국제사회의 지적에 의해 IMO가 규제강화를 시행하였다. 2020년부터 시행하는 강력한 규제는 Scrubber 장착과 저유황유 이용, 대체 선박연료 활용 등으로 해운선사를 변화하도록 유도하였다.

세계 해운사에 있어서 가장 강력한 환경규제는 IMO의 "2020년 SOx규제(IMO Sulphur 2020)"로 대표된다. 국제항해에 종사하는 선박에 적용된 강화된 환경규정은 Scrubber, 저유황유, LNG 연료추진선박 등으로 국제무역에 종사하는 국제항해 선박을 변모시켰다. 또한 해운선사는 4차산업혁명의 핵심기술들을 이용한 기술혁신도 수용하려고 한다. IoT(사물인터넷), 빅데이터, AI(인공지능) 등 디지털화(digitalization)을 이용한 업무효율성 및 영업력 제고와 자율운항선박(Maritime Autonomous Surface Ship, MASS)의 도입은 결정적인 기술혁신으로 작용할 것이다.³⁾

LNG 연료를 선박에 공급하는 LNG 병커링(Bunkering)은 형태에 있어서 트럭-선박(Truck to Vessel), 터미널탱크-선박(Terminal Tank to Vessel), 선박-선박(Vessel to Vessel) 등의 주요한 방법이 있으며 대안으로 이동용탱크 교환(Portable Tank Transfer)을 사용하게 된다(ABS Global Gas Solution, 2015). 병커링터미널은 육상터미널과 해상부유식터미널이 있으며 선박-선박 병커링을 위해서는 병커링전용선

3) 자율운항선박 분야는 친환경선박과 더불어 미래 조선해양 분야의 핵심 트렌드이며 향후 해운업계에서는 선도적 지위 확보를 위해 반드시 확보해야 하는 기술이다. 하지만 본 논문의 연구 주제가 환경규제에 의한 항만 특히 무역항 평가에 관련한 것이기 때문에 선박 연료유의 사용과 관련하여 한정하기로 한다.

Fig. 1. Typical Methods of Bunkering a Gas Fueled Ship



Note: ABS Global Gas Solution (2015).

박(Bunkering Shuttle)이 필요하다(Fig. 1) 참조).

LNG 연료추진선박의 경우에는 LNG의 발열량이 우수하지만 에너지밀도가 낮고 보냉(Cold storage) 등이 필요하기 때문에 동일한 거리의 운항을 위한 연료탱크는 현재의 Oil계 탱크에 비하여 약 2배가량의 공간이 필요하다. 이것은 화물을 운송하는 것이 목적인 상선(Merchant Vessel)에게는 화물의 적재가 줄어든다는 단점이 있다. 이것을 극복하기 위해서는 LNG 연료추진선박의 운영에는 반드시 경제성 확보라는 접근방법으로 항로를 재편하여야 하고 기항지를 조정할 수밖에 없다.

다시 말하면 LNG 연료추진선박의 단위 운항비를 최소화시키기 위해서는 규모의 경제를 달성하기 위하여 선박대형화를 추진하거나 아니면 운항거리를 조정하여야 한다. 결과적으로 LNG 연료추진선박은 신조 조선소에 긍정적인 영향을 끼치며 항만 역시 대형화와 인프라 구축이라는 건설 수요를 동반하게 된다. 따라서 해운업계의 변화에 대응할 수 있는 자본역력이 충분한 항만과 그렇지 못한 항만은 지금까지 구축한 중심항만(Hub port)과 지선항만(Spoke port)의 지위가 변화될 것으로 전망할 수밖에 없다.

Ⅲ. 문헌연구

1. 항만선택

국제무역에서 국제운송의 중요성은 국제물품운송이 존재하는 한 지속될 수밖에 없다. 국제운송 가운데 상품의 대부분이 국제 해상운송으로 이동하고 있기 때문에 해운선사의 기항지 선택이 중요하다. 해운선사의 기항지 선택에 따라 항만은 선박이 기항할 수 있는 조건을 제공할 뿐만 아니라 다수의 선박이 기항할 수 있는 매력 있는 여건을 마련하여야 한다. 무역학 연구 분야에서는 항만의 선택 요인에 대한 연구가 다수 진행되고 있으며 1990년대부터 2000년대에는 글로벌 허브 항만이 되기 위한 연구가 많이 이루어졌다.

연구를 세분화 하면 항만선택 결정요인에 관한 연구와 기항지 중심의 항만선택 결정요인 연구로 연구되고 있는데 Gilmour (1976), McGinnis (1979), Wilson, Bisson and Kobia (1986)는 항만 선택 의사결정에 영향을 미치는 요인을 규명하였다. 이들의 연구는 공통적으로 항로요인(빈도, 편리성, 직접성, 유연성, 용량 등), 비용요인(화물 유포와 여타 비용 등), 서비

스요인(신뢰성, 지연, 긴급성, 손상, 화주와 선사 간의 협력, 화물추적, 서류작업 등)에 의해 항만 선택이 결정된다고 주장하였다. 그리고 서비스 빈도는 비용보다 중요한 것으로 확인되어 항만서비스의 중요성을 상기시켜주었다.

서비스 요인의 중요성은 Pearson (1980)의 연구가 대표적이다. 영국의 화주입장에서 해운 회사 성과와 서비스 품질에 대해 분석하였다. 화주의 항만 선택에 중요한 요인을 분석한 결과 화물 처리시간, 항만 근접성, 규칙성, 신뢰성, 슬롯(slot) 활용 가능성 등과 같은 서비스 요인이 중요하다는 것을 확인하였다.

Collison (1984)는 해운선사의 전략에 있어 마케팅적인 평가를 연구하였다. 서비스 속성의 중요한 항목은 평균 체류시간, 항해 스케줄의 신뢰성, 화주 요구에 부합하는 항만 서비스 제공 등이 중요하게 제시되었다.

1990년대 들어서도 항만선택에 있어서 중요한 요인은 화물요일, 안전한 화물취급, 항차 스케줄의 정확성, 처리시간, 서비스 빈도 등의 서비스 요인이 항만 선택에 있어 가장 중요한 요인이라는 것을 확인하였다(Jamaluddin, 1995).

한편 Willingale (1981), Starr (1994), Cho Chan-Hyouk (2002)은 항만선택시 고려하는 요인을 중심으로 위치, 시설, 서비스 및 비용수준을 판단하여 기항지로 결정하게 된다고 밝혔다. 기항지 선택 요소로서는 물리적인 항만의 위치, 항만의 시설과 함께 서비스와 비용 수준 등이 중요하게 나타나고 있다. 유럽지역의 선사들을 대상으로 연구한 Willingale (1981)는 항해거리, 지역내 배후시장 규모, 배후지에 대한 접근성, 항만 접근성, 항만시설 인프라 등이 항만 선택에 있어서 중요한 결정요인이라는 것을 확인하였다.

Slack (1985)은 미국과 캐나다를 대상으로 조사하였는데 내륙 수송운임, 항만 근접도, 항만 비용, 항만 장비시설 등을 주요 요인으로 제시하였다. 특히 화주는 항해 빈도가 항만의 선택할 때 가장 중요하게 고려한다고 주장하였다.

Starr (1994)는 항만의 지리적 위치, 항만 시설투자, 항만 노동의 안정성 등이 항만을 결정하는 선택요인이라는 것을 연구하였다. 우리나라의 Cho Chan-Hyouk (2002)은 신설항만의

이용의사를 조사하면서 기존의 항만에서 새로운 항만으로 기항지를 전환시키기 위한 요인들을 연구하였다. Willingale (1981)과 Slack (1985)의 연구는 항만과 배후지간의 접근성 및 내륙운송의 중요성이 중요하며 장기거래 지향성 등이 신설 항만으로 변경하여 기항하는데 중요한 요소임을 확인하였다.

Jang Heung-Hoon and Han Byoung-Sop (2009)은 네트워크 이론을 통해 글로벌 해운선사의 항만 선택 의사결정요인을 발견하였다. 이 연구는 국제항해에 종사하는 해운선사는 항만 선택에 있어 글로벌 전략 차원에서의 네트워크를 역내 보다 더욱 중요하게 고려한다는 것을 확인하였다. 글로벌 해운선사는 항만의 네트워크 중심성이 크고 연계성과 중심성이 높은 항만을 선택하게 된다고 밝혔다.

선박에 사용된 새로운 기술에 의해 기항지에서는 새로운 기술에 적응하는 시설을 구비하거나 대응하지 못하면 항로에서 제외되어 항만이 쇠퇴되는 현상이 발견되었다. 특히 국제항만의 쇠퇴는 무역항의 입지를 상실한다는 의미가 되기 때문에 무역활성화를 위해 항만의 경쟁력 유지와 강화를 위한 연구는 무역학 연구에서 주요한 관심의 대상이 된다. Haralambides, Verbeke, Musso and Benacchio (2001)와 Notteboom (2006)는 항만 간 경쟁이 치열해진 배경을 설명하는 주요한 논리는 경제의 세계화와 함께 운송부문의 현대화 요인으로 파악하였다.

하지만 전세계가 당면하고 있는 지구온난화 문제를 대처하는 새로운 기술혁신을 수용한 선박이 항만을 선택할 때 고려하게 되는 요인은 선행연구에서는 검토되지 못했다는 한계가 있다.

2. 기술수용

경제는 투자 및 생산에 대한 결정을 하는 행위지향점을 환경이 아니라 자기자신인 시장(Market)에서 찾는다. 그러나 환경위험은 외부 불경제로써 자원배분을 왜곡시킨다(You Dong-Won, 1992). 상대방이 선택하는 행동이 비록 자신의 효용이나 생산에 영향을 미치긴 하지만 이를 고려할 시장이 존재하지 않거나 시장이 존재하더라도 불완전하기 때문에 외부

성이 발생한다. 이를 배출부과금이나 환경세의 징수로 내부화할 경우에 결과적으로 생산비의 급증을 초래하여 시장에서 경쟁력을 상실하게 되는 경우가 발생할 개연성이 크다. 물론 환경 오염이 실질적으로 실현된 기술에 의하여 제거될 수 있는 것으로 보이기만 한다면 그로 인하여 시장에서 불이익에 처해지지만 않는다면 기업은 더 많은 돈을 기술혁신에 투자할 것이다.

기술혁신은 생산효과와 밀접히 연결되어 있기 때문에 경제적인 시장법칙을 통하여 걸러진다. 그러나 시장이 새로운 기술의 발전을 직접적으로 규정하지 못한다(Weingart, 1982). 기술혁신에 대한 기업의 투자는 시장에서 경쟁자를 고려하여 행해진다. 만일 어떤 기업이 기술혁신을 통하여 다른 경쟁기업이 경쟁력을 얻는 것을 관찰한다면, 그 기업은 새로운 기술을 도입하여 경쟁자에 대한 자율성을 확고히 하려고 시도한다. 그러면 다른 기업은 또다시 그 기업의 기술혁신을 고려하여 기술투자를 강행하여야 한다. 이러한 기술혁신의 순환이 일어나는 것은 불투명한 시장상황에서 기술혁신의 가능성이 기업이 즉각적으로 취할 수 있는 전형적인 위험부담의 감소전략이기 때문이다(Rammert, 1988).

다시말하면 기업은 경쟁자의 기대처리를 고려하여 경쟁자의 경쟁자로서 자신의 기대를 동시에 처리할 수밖에 없다. 이러한 이중적 우연성(Double contingency)에 근간하여 기업의 성공조건은 경쟁자의 결정에 달려 있게 된다. 따라서 시장에서는 결정을 내리는 데 불확실성이 지배한다. 그러므로 자발적으로 환경친화적 생산기술을 개발하거나 오염방지시설을 갖춘 혁신적 기업가는 시장에서 그렇지 못한 다른 기업들과 불평등한 조건에서 경쟁함으로써 좌초하기가 쉽다(Noh Jin-Chul, 1995).

해운산업 분에서도 기술 혁신에 관한 논의가 없는 것은 아니다. 항만 간 경쟁을 촉발시킨 운송 부문의 현대화는 일관운송컨테이너(Intermodal container)가 대표적이다. 이것은 종전의 재래식 일반화물선과 달리 표준화된 선적용기에 따른 혁신에 기인한 것이다. 기술혁신에 의해 국제상관습과 제도도 변경된다. 바람의 힘에 의해 운항하는 범선(Sailing ship)보다는 운항속

력이 비교적 일정한 기선(Steamship)의 발명은 정기적 운송을 가능하게 하여 불특정 다수의 화주로부터 화물을 위탁받아 운송할 수 있는 공공운송인(Common carrier)으로서 개품운송계약(Affreightment in a general ship)을 가능하게 만들었다.

개품산적화물(Break bulk cargo)은 다양한 운송기관을 이용하기 어려운 협동일관운송 화물도 아니면서 산적화물(Bulk cargo)도 아닌 종류의 화물로서 용기가 통일되지 않고 화물포장용 테어드 캔버스(Tared canvas), 골판지 상자, 나무상자(Crate), 드럼통, 배럴(Barrel) 등을 이용하여 화물을 적재하였다. 표준화된 단일용기가 사용되지 않기 때문에 그 결과 하역 시간이 불규칙적으로 이루어지게 되었다(Kemp and Young, 1971).

각기 다른 형태의 화물이 포장되어 적하할 수 있는 일반화물선(General Cargo ship)에서는 각각의 운송수단으로 옮겨질 때는 운송증권이 별도로 요구되었지만 1960년대 말 컨테이너(Container)라는 단일용기가 개발됨으로써 적양하가 효율적이 되었고 표준화되어 신속하게 하역할 수 있는 항만의 크레인의 하역경쟁이 시작되었다(Lewandowski, 2016).

또한 전용선에 의하여 운송모드간 환적이 수월해져서 복합운송증권(Combined Transport Document)이 사용되는 혁신이 나타났으며 세계의 우수한 항만은 컨테이너 전용항만으로 진화하였고 운송네트워크의 허브가 되었다.

현재까지 해운분야에서는 선박과 선박이 기항하는 항만의 기술수준은 선박이 우선하여 변화하는 형태였다. 항만의 경우에는 선박의 변화에 따라 비교적 후행하는 기술변화를 수용하였다고 볼 수 있는데 기선(Steam ship)의 등장에도 불구하고 범선(Sail ship)이 동일한 부두에서 하역이 이루어졌다는 것과 컨테이너선도 초기에는 잡화선과 같은 부두를 사용하였다는 점이다. 이후 컨테이너의 하역효율을 극대화시키는 전용 터미널의 시대가 개막된 것을 보더라도 항만의 변화는 후행적이다.

하지만 최근의 지구환경에 대한 관심에 따른 온실가스 대처는 항만이 선도적으로 추진하는 형태이다. 온실가스 배출통제구역인 ECA의 경

우에는 항만당국이 강제적으로 입출항하는 선박에게 규정준수를 강요하고 있다. 환경정책을 주도하는 유럽이 우선적으로 적용하여 시행하였을 뿐만 아니라 파리기후변화협정을 탈퇴한 미국도 선도적으로 시행하고 있다. 또한 세계 해운시장에 대규모 선단을 보유하고 있는 중국의 경우에도 주요 항만에 선도적으로 시행하였다. 이것은 한국 등 기타 국가의 대처에 비하면 선도적으로 취하고 있는 온실가스 규제 대책이다(Kim Sung-Kuk and Pak Myong-Sop, 2016).

새로운 기술이 항만에서 먼저 도입되어 강제화 되어 선박으로 하여금 기술혁신을 수용하게 하든지 아니면 신기술을 적용시킨 선박의 기항지로서 역할하기 위해 항만이 기술혁신을 수용하던지 간에 항만과 선박의 기술수용은 상호 관련이 있다. 기술 수용을 주도하는 주체가 다르다고 하더라도 하역이 발생하는 공간인 항만과 하역된 화물을 운송하는 선박은 서로의 기술혁신을 수용하지 않으면 안 된다. 또한 기술혁신에 의한 항만의 경쟁은 필연적으로 이루어지게 되었다. 최근 항만간 경쟁이 치열해 지면서 항만을 어떻게 평가하고 어떤 요소를 중요하게 고려하고 선택하는지에 대한 규명은 중요한 연구문제이다.

IV. 실증분석

1. 실험계획법

실험계획법(Design of Experiments)이란 최초의 실험으로 최대의 정보를 얻기 위해 실험을 어떻게 실시해야 하는지 연구하는 학문분야이다(Omura, 2013). 해결하고자 하는 문제에 대하여 가장 효율적으로 분석하기 위한 실험 방법, 데이터 확보, 통계적 방법을 최소화시키면서 계획하는 방법이다.

여기서 실험은 우발적 실험이 아닌 연구자가 시스템에 대한 입력변수를 조절했을 때 출력변수가 어떻게 나오는지 파악할 수 있는 실험으로 ‘계획된 실험’이어야 한다(Taguchi, 1962). 실험계획법을 이용하면 사회과학 연구에서 필

요한 통계량을 만족시키기 위하여 대규모의 설문지 조사법을 최소화 시켜서 비교적 소규모의 조사로 의미 있는 통계량을 확보할 수 있다는 장점이 있다.

통계적인 실험계획법을 통해 가상의 시나리오를 구축하고 그 시나리오를 개인에게 제공하여 개인의 선호를 찾은 일련의 기법으로 잠재 선호(Stated Preference)라고 하는 조사방법은 1980년대 중반이후 교통, 도시 연구분야에 본격적으로 적용되었다(Fowkes and Wardman, 1998). 특히 새로운 교통수단의 수요추정을 위해 탁월한 성과를 이루고 있는데 본 연구에서와 같이 변화하는 환경에 대한 항만의 선호도를 추정하는 방법으로는 유력한 연구방법이다.

본 연구에서는 선박 운항자들이 선호하는 항만을 파악하고 이러한 항만선호에 대응하는 시나리오를 분석하는 것이다. 이를 위하여 요인(Factor)과 수준(Level)을 <Table 3>과 같이 구성하였다. 우선 3개의 요인으로 항만 특성(Characteristic), 항만 서비스(Port Service), 추진연료(Bunkering)로 나누었고 해당 요인의 수준을 4가지로 구성하였다.

항만 특성(Characteristic) 요인은 항만의 특성을 규정하는 것으로서 서비스 수준(Service Quality)이 높은 항만, 탄소중립(Carbon Neutral) 항만, 물동량(Cargo volume)이 많은 항만, 디지털화된(Digitalization) 항만으로 나눌 수 있다.

항만 서비스(Port Service) 요인은 기항한 항만에서 선박에 육상공급전원(Shore Power)이 제공되든지, 서비스 비용(Price)이 적절하거나, 선박에 유지보수운영(Maintenance, Repair and Operations, MRO)이 원활한 정도, 다른 운송망 혹은 시스템에 연결정도(Connectivity)가 잘 이루어지는 것으로 구성하였다.

다음으로 선박의 추진연료(Bunkering) 요인을 구성하는 수준은 선박용경유(Marine Gas Oil, MGO), 중유(Heavy Fuel Oil, HFO), 액화천연가스(LNG), 기타 전기(Electric)로 구성하였다.

실험계획법에 사용할 데이터는 2020.9.10. ~11.20 사이에 <Table 4>와 같은 해운전문가 5인으로부터 확보한 평가 점수를 평균하여 응

Table 3. Factors and Levels

Factors	Levels			
	1	2	3	4
Characteristic	Service Quality	Carbon Neutral	Cargo volume	Digitalization
Port Service	Shore Power	Price	MRO	Connectivity
Bunkering	MGO	HFO	LNG	Electric

Table 4. Characteristics of Surveyor

No.	Degree	Job	Career	Certificate
1	Ph.D in Economics	Professor	20years over	Navigation Officer
2	Ph.D in Engineering	Captain	25years over	Navigation Officer
3	Master of Engineering	Professor	30years over	Marine Engineer
4	Ph.D in Economics	Lecturer	25years over	Customs Broker
5	Bachelor of Engineering	Chief Engineer	30years over	Marine Engineer

Table 5. Response Sets

No.	Characteristic	Factors and Levels		Preference
		Port Service	Bunkering	
1	Service Quality	Shore Power	Electric	6.6
2	Service Quality	Price	HFO	7.3
3	Service Quality	MRO	LNG	4.1
4	Service Quality	Connectivity	MGO	6.5
5	Carbon Neutral	Shore Power	Electric	3.9
6	Carbon Neutral	Price	HFO	7.6
7	Carbon Neutral	MRO	LNG	5.9
8	Carbon Neutral	Connectivity	MGO	4.7
9	Cargo volume	Shore Power	Electric	3.8
10	Cargo volume	Price	HFO	6.5
11	Cargo volume	MRO	LNG	5.5
12	Cargo volume	Connectivity	MGO	3.9
13	Digitalization	Shore Power	Electric	6.5
14	Digitalization	Price	HFO	6.3
15	Digitalization	MRO	LNG	5.0
16	Digitalization	Connectivity	MGO	6.4

답결과(Response Sets)를 구성하였다. 대부분 선박의 운항에 관련된 항해사(Navigation Officer)와 기관사(Marine Engineer)를 보유하고 있으며 실무경력 20년 이상의 선박 전문가로 구성

되었다. 또한 무역분야의 전문가로 관세사(Customs Broker) 자격이 있거나 경제분야 박사학위를 가진 전문가도 함께 응답을 하였다. 연구자에 따라서는 설문 결과의 결과를 확보하기

Table 6. Main Effect

Factors	Max Coefficient	Min Coefficient	Main Effect
Characteristic	0.20	-0.55	0.75
Port Service	1.70	-0.50	2.20
Bunkering	0.25	-1.77	2.02

Table 7. ANOVA

Factors	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F ratio	P-value
Characteristic	1.316	3	0.43858	2.882	0.124
Port Service	12.006	3	4.00292	26.280	0.000***
Bunkering	9.756	3	3.25292	21.355	0.001**
Residual	14.237	12	1.186		
Sum	23.994	15			

Notes: * $p < 0.1$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.001$.

위하여 응답자가 모두 참석하여 동시에 단일한 응답의 결과를 사용하는 방법과 개별적인 응답을 평균화 하여 사용하는 방법을 이용할 수 있다. 본 연구에서는 COVID19의 상황에 따라 집합하여 단일한 응답을 확보하는 방법보다는 개별적인 응답을 평균화하여 사용하는 것이 합리적이기 때문에 후자의 방법을 사용하였다.

응답의 결과는 <Table 5>와 같이 정리할 수 있는데 요인과 수준에 따른 항만의 선호(Preference)의 점수는 10점 만점으로 평가하고 각각의 항목에 응답한 응답자의 평균점수를 반영하였다.

2. 분석결과

실험계획법의 분석방법으로는 라틴 방진(Latin square)라는 방법을 이용하였으며 요인의 주효과를 분석할 수 있는데 <Table 6>과 같이 항만 서비스(Port Service)가 2.20으로 가장 많이 영향을 미치고 다음으로 추진연료(Bunkering)가 항만 특성(Characteristic) 보다도 선호하는 항만의 평가에 영향을 미치고 있다.

응답자들은 항만의 특성보다는 실제 선박이 기항 가능한 항만의 여건을 평가하는 데 있어

서 중요한 관심을 두고 있는 것으로 간주할 수 있다. 선박의 경우 장거리 운항을 하기 때문에 기항한 항만에서 다음 기항지까지의 화물을 적양하(Loading and Discharge)하고 다음의 항해 준비를 해야 하기 때문에 항만에서 제공하는 서비스는 매우 중요하다. 항해를 위한 선박연료 공급은 일반적으로 기항지 마다 공급하는 것이 아니라 항차 중 연료비가 저렴하고 편리한 곳에서 항해에 필요한 대부분의 연료를 공급받는다. 따라서 한국적 선박의 급유지는 한국, 싱가포르, 홍콩, 로테르담, 뉴욕, 씨애틀 및 로스앤젤레스 등으로 정해져 있다. 언급된 급유지는 물동량이 많은 대표적인 중심항만으로서 하역 작업 외에 선박의 운항관리에 강점이 있는 곳이다.

선호하는 항만에 대한 평가에 영향을 미치는 것에 대한 변동의 크기인 분산분석(ANOVA)를 <Table 7>과 같이 시행하였다. 분산분석표를 보면 전술한 <Table 6>의 영향도의 크기 순서와 동일하게 나타나고 있음을 확인하였다. 또한 유의수준(P-value)을 보면 항만 서비스(Port Service)와 추진연료(Bunkering)는 통계적으로 효과가 있는 것으로 나타난 반면에 항만 특성(Characteristic)은 통계적으로 효과가 없는 것으로 나타났다.

실험계획법을 통한 가상의 시나리오에서 항만의 선호도를 평가한 결과 전통적으로 중요한 항만서비스(Port Service)뿐만 아니라 추진연료(Bunkering)는 미래 항만의 주요한 경쟁력 요소로 파악되고 있다.

항만서비스도 자세히 보면 선박의 전원공급을 육상전원으로 제공하는 육상전원공급설비(AMP, Alternative Maritime Power) 또한 주요한 서비스 가운데 하나이다. 항해중인 선박이 항만에 기항하였을 경우에 안벽 접안 후부터 하역이 끝나고 출항할 때까지 선박에 필요한 전원을 자체 발전시설을 사용하는 것이 일반적이다. 하지만 선박이 자체발전을 통해 전원을 확보할 경우에 배출되는 SOx, NOx 및 미세먼지는 통제되어야 하는 중요한 사항이다. 따라서 많은 항만에서 AMP의 시설을 확충하고 있기 때문에 연료공급과 더불어 중요한 고려사항으로 판단하고 있다.

글로벌 선사들은 탄소중립 선언과 함께 선박의 CO2 감축 전략과 기술투자를 적극 추진하고 있다. 이러한 정책은 유럽이 선도적으로 추진하고 있으며 친환경 대체 선박연료의 개발연구가 활발하다. 따라서 선박추진 연료의 전환은 필수불가결하게 될 것으로 전망된다.

잠정적으로 LNG 연료추진선박은 현실적인 대안으로 알려져 있기 때문에 향후 미래의 항만은 LNG 연료 공급 인프라가 얼마나 구축되어 있는냐에 달려 있다고 본다. 이것은 실험계획법을 통해 살펴본 바와 같이 효과가 증명되었다.

V. 결론

오늘날 세계경제는 국가간 거래의 결과인 국제무역에 의해 의존되고 있다고 해도 과언이 아니다. 대부분의 국제물품운송의 절대다수가 해상운송을 통해 운송되고 있는 만큼 무역학에서는 해상운송 분야에 대한 관심이 자연스럽게

다. 특히 해상운송의 경우 전형적인 국제운송의 근간이 되고 있는 만큼 과학기술의 발전에 의한 해상운송의 변화가 무역규범에 영향을 미치기도 한다.

한편 지구사회는 지속가능성을 위협하는 온실가스 증가의 원인으로 화석 연료의 끝없는 사용과 사회 및 생태 시스템을 위한 자원 소비에 기인하고 있다고 판단하고 있다. 사회 각 분야에서 온실가스를 줄이면서 탄소중립 사회로 나아가고 있기 때문에 국제무역에서 증가하는 무역량에 따라 생산과 운송분야의 온실가스 문제를 방지할 수 없다.

따라서 국제해운의 환경규제는 자연스럽게 항만의 시설변화를 요구하게 될 것이며 이러한 요구를 만족시키지 못하는 경우에는 컨테이너선박과 항만의 등장에 따라 재래식 항만이 몰락한 사례와 같이 항만의 위상이 변화가 있을 것이다. 이러한 전망을 본 연구에서는 실험계획법을 이용하여 가상의 시나리오에서 항만의 선호도를 평가하였다. 평가결과 전통적으로 중요한 항만서비스(Port Service)뿐만 아니라 추진연료(Bunkering)는 미래 항만의 주요한 경쟁력 요소로 파악되었다.

미래에 대응하는 항만은 무엇보다도 항만 서비스의 지속적인 중요성과 아울러 선박연료 공급이 중요하다는 밝혀졌다. 따라서 항만당국자들에게는 국제환경규제에 적합한 연료 인프라가 중요하다는 시사점을 제공하고 있다.

물론 해운업체의 경우에는 환경규제에 적합하고 선사의 이익에 부합하는 연료 인프라가 확보된 항만에 기항할 수밖에 없으며 이것은 새로운 항만경쟁을 촉발시키는 원인이 될 것이다. 이러한 결과는 항만의 선택요소에서 선박의 환경규제와 기술혁신에 부합하는 평가 요소가 필요하다는 학술적 근거를 마련하였다는 것에 의의가 있다. 하지만 본 연구에서 밝혀진 요인들이 실제 항만의 네트워크에 변화를 주었는지에 대한 평가는 중장기적인 변화를 측정해야 하기 때문에 후속의 연구로 남겨둔다.

References

- ABS Global Gas Solution (2015), *LNG Bunkering: Technical and Operational Advisory*, Houston, TX: American Bureau of Shipping.
- Arolski, E. (2015), “LNG Bunkering Infrastructure in the Baltic Sea Ports”, *3rd Annual LNG Bunkering Conference*, 29 July, Suntec, Singapore International Convention & Exhibition Centre, Singapore.
- Cho, Chan-Hyoun (2002), “Port Selection Factors for the Newly Developed Ports in Korea”, *Korea Trade Review*, 27(2), 191-210.
- Cline, A. (2017), *The Current War: A Battle Story Between Two Electrical Titans, Thomas Edison And George Westinghouse*, Scotts Valley, C.A.: CreateSpace Publishing.
- Collison, F. M. (1984), “North to Alaska: Marketing in the Pacific Northwest-Central Alaska Liner Trade”, *Maritime Policy and Management*, 11, 99-112.
- Dubofsky, M. (2013), *The Oxford Encyclopedia of American Business, Labor, and Economic History*, Oxford, UK: Oxford University Press.
- Export-Import Bank of Korea (2015), *Market Research and Competitiveness of LNG fuel Propulsion Ship and Bunkering Industry Analysis*, Sejong, Korea: Ministry of Trade, Industry and Energy.
- Fowkes, T. and M. Wardman (1998), “The Design of Stated Preference Travel Choice Experiments: With Special Reference to Interpersonal Taste Variations”, *Journal of Transport Economics and Policy*, 22(1), 27-44.
- Gilmour, M. R. (1976), “Some Policy Implications of Subjective Factors in the Modal Choice for Freight Movements”, *Logistics and Transportation Review*, 12, 39-57.
- Haralambides, H. E., A. Verbeke, E. Musso and M. Benacchio (2001), “Port Financing and Pricing in the European Union: Theory, Politics and Reality”, *International Journal of Maritime Economics*, 3, 368-386.
- Jamaluddin, T. (1995), *Marketing of freight Liner Shipping Services with Reference to the Far East-Europe Trade: a Malaysian Perspective*, Ph.D. Dissertation, Department of Maritime Studies and International Transport, Cardiff, UK: University of Wales College of Cardiff.
- Jang, Heung-Hoon and Byoung-Sop Han (2009), “Network Theory Based Empirical Studies on the Factors Affecting Global Liners' Port Selection : Focused on Major Trade Port in Korea and China,” *Journal of Korea Port Economic Association*, 25(2), 1-24.
- Kemp, J. F. and P. Young (1971), *Notes on Cargo Work* (3rd ed.), Kenley, UK: Kandy Publication.
- Kim, Sung-Kuk and Myong-Sop Pak (2016), “A Study on Launching of New Climate System and Greenhouse Gas Emissions Regulations in China’s Ports”, *Journals of Korea Port Economic Association*, 32(2), 73-90.
- Lee, Ki-Yeol, Geun-Seop Kim and Bo-Kyung Kim (2017), *A Study on the Introduction of Emission Control Area(ECA) in Korea*, Busan, Korea: Korea Maritime Institute.
- Lewandowski, K. (2016), “Growth in the Size of Unit Loads and Shipping Containers from Antique to WWI”, *Packaging Technology and Science*, 29(8-9), 451-478.
- Marcell, K., C. Ferguson and C. Clarke (2019), *A Sea Change: Which Shipping Companies are Ready for the Low-Carbon Transition?*, London: CDP.
- Maritime Korea (2019), “Checking Strategies for Responding to Environmental Regulation and Digitalization of National Ships”, Available from

- <http://www.monthlymaritimekorea.com/news/articleView.html?idxno=23526> (accessed November 11, 2020)
- McGinnis, M. A. (1979), "Shipper Attributes towards Freight Transport Choice. A factor Analytic Study", *International Journal of Physical Distribution and Materials Management*, 10, 25-34.
- Noh, Jin-Chul (1995), "Adaptation of Technology to Environmental Problems", *Space and Environment*, 5, 245-276.
- Omura, Hitoshi (2013), *Experimental Planning and Distributed Analysis Story-Tips for Efficient Planning and Data Analysis*, Tokyo: Nikka Giren Publishing.
- Park, Han-Sun, He-Ri Park, Sung-Re Hugh and Bo-Ram Kim (2019), *A Study on the Sustainable Development of Maritime Industry Based on IMO Convention: Improvement Measures of Legal Systems for the Promotion of New Maritime Industries*, Busan, Korea: Korea Maritime Institute.
- Pearson, R. (1980), *Container Line Performance and Service Quality*, Marine Transport Center, Liverpool, UK: University of Liverpool.
- Rammert, W. (1983), *Soziale Dynamik der Technischen Entwicklung*, Opladen, Germany: Westdeutsche Verlag.
- SEA-LNG (2020), *SEA-LNG'S 'VIEW FROM THE BRIDGE' 2019/2020*, Oxford, UK: SEA-LNG Limited.
- Slack, B. (1985), "Containerization, Inter-Port Competition and Port Selection", *Maritime Policy and Management*, 12(4), 293-303.
- Starr, J. T. (1994), "The Mid-Atlantic Load Center : Baltimore or Hampton Road?", *Maritime Policy and Management*, 21(3), 219-227.
- Taguchi, Genichi (1962), *Studies on Mathematical Statistics for Quality Control*, Ph.D. Dissertation, Fukuoka, Japan: Kyushu University.
- Weingart, P. (1982), "Strukturen Technologischen Wandels. Zu Einer Soziologische Analyse Der Technik," In R. Jokisch (Ed.), *Techniksoziologie*, Frankfurt, Germany: Suhrkamp, 112-141.
- Willingale, M. C. (1981), "The Port-Routeing Behaviour of Short-Sea Operators; Theory and Practice", *Maritime Policy and Management*, 8(2), 109-120.
- Wilson, F. R., B. J. Bisson and K. B. Kobia (1986), "Factors that Determine Mode Choice in the Transportation of General Freight", *Transportation Research Record*, 1061, 26-31.
- You, Dong-Won (1992), *Environmental Economics*, Seoul: Bibong Publishing.