

이산화탄소 배출량을 고려한 국내 컨테이너터미널 효율성 분석

심민섭* · † 김율성

*한국해양대학교 해양컨테이너복합협동과정 물류시스템전공, † 한국해양대학교 물류시스템공학과 부교수

A Study on the Efficiency Analysis for the Domestic Container Terminals Considering Carbon Dioxide Emissions

Min-Seop Sim* · † Yul-Seong Kim

*Department of Convergence Interdisciplinary Education, Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† Logistics system engineering, Korea maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 전 세계적으로 기후변화에 대응하기 위하여 탈탄소화의 중요성이 강조되고 있으며, '2050 탄소중립'이 글로벌 의제로 부상하였다. 국내 항만공사는 우리나라 정부의 탄소중립 추진과정에 맞추어 세계적인 탄소중립 규제 흐름에 동참하고 있다. 항만에서 탈탄소화가 중요하게 인식되기 시작하면서, 2010년대 이후로 유해산출물을 고려한 컨테이너터미널 효율성 분석이 다양하게 진행되고 있다. 하지만, 이산화탄소 배출량을 고려하여 국내 컨테이너터미널의 효율성을 비교분석한 연구는 부족한 실정이다. 그리고 대부분의 선행연구는 IPCC 가이드라인에서 제시하고 있는 Tier 1 기준에 따라 이산화탄소 배출량을 측정하였으며, Tier 3 기준에 따라 효율성을 분석한 연구는 전무한 상황이다. 이에 본 연구에서는 17개 국내 컨테이너터미널 운영사를 대상으로 Tier 3 방식 기준 이산화탄소 배출량 지표를 활용하여 효율성을 분석하였다. 그리고 DEA-SBM 모형과 Undesirable Outputs 모형 분석결과를 비교하여 유해산출물 고려 전후의 효율성 변화를 파악하였다.

핵심용어 : 컨테이너터미널 운영사, 효율성 분석, 이산화탄소 배출량, DEA-SBM 모형, Undesirable Outputs 모형

Abstract : Recently, decarbonization has been emphasized worldwide to cope with climate change, and carbon neutrality by 2050 has emerged as a global agenda. The domestic port authorities have been participating in the global agenda in line with the government regulations. Since 2010, when decarbonization has been regarded as an important assignment in ports, container terminal efficiency considering undesirable outputs such as Carbon dioxide has been analyzed. However, most previous studies measured carbon dioxide emissions according to the Tier 1 and it is a first time to analyze container terminal efficiency based on the Tier 3 presented in the IPCC guidelines. 17 domestic container terminal operators were considered as decision making units and DEA-SBM Model was used. Subsequently, Undesirable outputs model was conducted to calculate the environmental efficiency.

Key words : Container terminal operator, Efficiency Analysis, CO₂ emission, DEA-SBM model, Undesirable outputs model

1. 서 론

IPCC(2021, Intergovernmental Panel on Climate Change)에 따르면, 지구온난화로 지구의 온도는 가파르게 상승하고 있으며, 평균 기온은 1850-1900년 대비 2001-2020년 약 0.99℃ 상승하였다. 세계 평균 해수면은 지속적으로 상승하여 21세기 말 최대 1.01m, 해수온도는 최대 3.7℃ 상승할 전망이다. 이러한 기후변화 문제를 발생시키는 가장 큰 원인 중 하나는 이산화탄소(CO₂)이다(Jung and Chung, 2004). 전 세계적으로 기후변화에 대응하기 위한 탈탄소화의 중요성은 지속적으로 강조되고 있으며, 2016년 파리협정 및 2019년 유엔 기후행동 정상회의 이후 121개 국가가 기후목표 상향동맹에 가입하면서 2050 탄소중립이 글로벌 의제로 부상하였다(KMI, 2021).
..... (중략)

2. 이론적 배경

2.1 우리나라 항만분야 이산화탄소 배출량 측정 방법

2.1.1 국토해양부(2008)

국토해양부(2008)의 「저탄소 항만 구축방안에 관한 연구」에서는 국내 30개 항만 및 257개 부두를 대상으로 하역장비, 외부차량, 선박으로 구분하여 이산화탄소 배출량을 산정하였다. 분석 범위는 육지 기준 항만 게이트를 기점으로 하며, 해상 기준 부두의 항계점부터 부두까지의 항만활동에서 발생하는 이산화탄소 배출량으로 제한하였다. 그리고 각 연료에 대하여 이산화탄소(CO₂) 배출량은 연료소모량[t]×순발열량

† Corresponding author : 중신회원, logikys@kmou.ac.kr 051)410-4332

* 정회원, tla6355@g.kmou.ac.kr 051)410-4890

$[TJ/t] \times \text{배출계수} [KgCO_2/TJ] \times \text{산화계수로}$ 표현하였다. 이를 통해 산출된 2007년 우리나라 항만의 이산화탄소 배출량은 약 421만 톤 CO_2 로 추정되었다. 이산화탄소 배출량은 광양항이 약 85만 톤 CO_2 (20.25%)로 가장 높았으며, 그 다음으로 울산항 약 80만 톤 CO_2 (18.98%), 인천항 약 56만 톤 CO_2 (13.25%), 부산항 약 50만 톤 CO_2 (11.93%) 순으로 나타났다. 또한, 부문별 발생량으로는 선박부문 62.61%, 하역부문 21.34%, 차량부문 16.05% 순으로 나타났다. (중략)

3. 연구 설계

3.1 분석 개요

본 연구에서는 유해산출물인 이산화탄소 배출량을 고려한 국내 컨테이너터미널 간 상대적 효율성을 비교하고자 DEA-SBM 모형과 Undesirable Outputs 모형을 통해 분석을 진행하였다. 분석을 위해 DEA-Solver Professional version 13.1 프로그램을 사용하였다. 투입변수 및 산출변수는 DEA 분석결과에 중요한 영향을 미치지 때문에 시사점의 가치가 있는지 판단하여야 한다. (중략)

4. 실증 분석

4.1 DEA-SBM 모형 분석결과

본 연구에서는 국내 주요 컨테이너터미널의 효율성을 분석하고자 DEA-SBM 모형을 이용하여 분석을 진행하였다. 방향 모형(Oriented model)은 투입변수 또는 산출변수에 대한 개별적인 효율성 정보를 제공하지 못하므로 비방향 SBM 모형(SBM Non-oriented)을 사용하여 투입물과 산출물을 동시에 최적화하였다. 투입변수는 선석길이(Input 1)와 하역능력(Input 2)을 사용하였으며, 산출변수로는 컨테이너물동량(Output 1)을 선정하였다. (중략)

5. 결 론

5.1 결론 및 시사점

지난 수십 년간, 글로벌 기후변화는 사람들로 하여금 온실가스 배출량 저감의 필요성을 인식하게 하였다. 지구온난화와 기후변화에 대한 관심이 많아지면서, 많은 항만들은 친환경적인 시설을 통해 환경친화적인 운영을 하고자 노력하고 있다(Chang, 2013). 그리고 많은 연구에서 컨테이너터미널의 효율성을 측정 시 온실가스 배출량을 중요한 고려요인으로 인식하고 있다(Na et al. 2017, Lin et al. 2019). 이에 본 논문은 이산

화탄소 배출량(CO_2)을 고려한 국내 컨테이너터미널 간 효율성을 비교하고자 DEA-SBM 모형 및 Undesirable Outputs 모형 분석을 진행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 국내 컨테이너터미널 운영사를 대상으로 DEA-SBM 모형 분석결과, 전체 평균 효율성은 0.643으로 나타났다. 효율성이 가장 높게 나온 컨테이너터미널 운영사는 부산항의 PNC, HJNC로 나타났다. 인천항에 위치한 컨테이너터미널 운영사는 평균수준의 효율성을 나타내고 있으며, 광양항, 평택당진항, 군산항에 위치한 컨테이너터미널 운영사의 효율성은 평균보다 낮은 것으로 나타났다. (중략)

References

- [1] Chang, Y. T.(2013), "Environmental efficiency of ports: a data envelopment analysis approach", Maritime Policy and Management, Vol. 40, No. 5, pp. 467-478.
- [2] Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Tone, K.(2006) "Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses: With DEA-Solver Software and References", Springer Science and Business Media.
- [3] Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Tone, K.(2007), "Data envelopment analysis: a comprehensive text with models", references and DEA-solver software, Vol. 2.
- [4] IPCC(2021), "Climate Change 2021: The physical science basis"
- [5] Jung, K. O. and Chung, Y. K.(2004), "The pollution and economic growth based on the multi-country comparative analysis", Journal of Industrial Economics and Business, Vol. 17, No. 4, pp. 1077-1098.
- [6] Jung, K. S., Park, S. H., Lee, H. C., Kim Y. N. and Yeo, G. T.(2020), "A Study on the Efficiency of Container Terminal Considering Undesirable Variables", Journal of The Korean Association of Shipping and Logistics, Vol. 36, No. 4, pp. 509-531.
- [7] KMI(2009), "Port Areas: Response to the Climate Change Regime"
- [8] KMI(2021), "A Study on Carbon Reduction Effects following the Smartization of Maritime Ports -Focusing on Power Conversion-