

배출규제해역(ECA) 시행이 페리 선사의 재무성과에 미치는 영향: Network SBM DEA 및 BTR 모형 분석*

이수형** · 임현우***

Analyzing the Impact of Emission Control Area (ECA) Enforcement on Ferry Companies' Financial Performance : Network SBM DEA and BTR model

Suhyung Lee · Hyunwoo Lim

Abstract

The International Maritime Organization (IMO) designated the Emission Control Area (ECA) in Northern Europe to reduce the NOx and SOx emissions from ships in the coastal areas. This study used Network slack-based measure (SBM) Data Envelopment Model (DEM) and Bootstrap Truncated Regression (BTR) model to analyze the ECA's impact on ferry companies' financial performances based on the financial data from eight ferry carriers in Northern Europe, the Mediterranean and North America from 2004 to 2017. To alleviate the problem of arbitrary variable selection in DEA, the variable selection criteria proposed by Dyson et al. (2001) were applied; the size of the company was considered through the Network SBM DEA model; and the company's profit-generating process was divided into stages to measure financial performance in more detail. In addition, the BTR model was applied to derive results that minimize the bias of the data. The study found that ECA regulations did not always negatively affect the shipping companies' financial performance. Rather, a steady increase in efficiency was observed for Northern European ferry companies which were subject to the strongest regulations. For North American ferry companies, government subsidies were found to have a significant impact on efficiency, and relatively small impact on efficiency due to the ECA and oil prices. For the Mediterranean ferry companies, efficiency values have decreased since the implementation of ECA regulation despite the lowest level of regulation in the region.

Key words: Ferry, Environmental regulation, Emission Control Area(ECA), Financial Performance, Efficiency, Network Slack Based Measure (SBM) Data Envelopment Analysis (DEA), Bootstrap Truncated Regression

▷ 논문접수: 2022. 07. 22. ▷ 심사완료: 2022. 09. 28. ▷ 게재확정: 2022. 09. 30.

* 본 논문은 2021년 인하대학교에 제출된 이수형의 박사학위 논문을 기반으로 작성되었음.

** 인하대학교 물류전문대학원, 제1저자, dltnagd00@naver.com

*** 인하대학교 아태물류학부 교수, 교신저자, hwlim@inha.ac.kr

I. 서론

선박에서 주로 사용하는 벙커C유는 중유로서 유황 함유량이 4.5%로 연소 시 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx), 미세먼지(PM) 등을 발생시키는 문제가 있다. 이에 따라 국제해사기구(IMO)는 북유역을 중심으로 연안지역 대기오염 방지 대책으로 배출규제지역(Emission Control Area: ECA)을 지정하였다(조정영 외, 2019). ECA를 통항하는 선박은 2006년부터는 황 함유량이 1.5% 이하인 연료를 사용하도록 하거나, 스크리버(Scrubber)로 불리는 배출가스 정화 장치를 설치하도록 의무화했다. 이후 황함유량 규제는 지속적으로 강화되어 2010년에는 1.0%, 2015년부터는 0.1%로 황 함유량 허용 기준치가 낮아졌다. 또한 지역적으로도 2012년 북미, 2014년 카리브해, 2015년 홍콩, 2016년 중국 등으로 ECA의 범위가 확대되어 왔다(Qin et al., 2017).

연양 선박의 경우 주로 공해상에서 운항하여 ECA에 체항하는 시간이 짧고, ECA에 진입하더라도 선박의 크기가 스크리버를 설치할 만큼 충분하여, 스크리버 설치를 통하여 유가 상승에 따른 비용 부담을 피할 수 있었다. 그러나 페리 선박의 경우, 운항 노선 대부분의 구간이 ECA 내에 포함되어 있으며, 스크리버를 설치할 수 있는 충분한 공간을 확보하기 어려워 기존 벙커C유에 비해 30%~40% 가량 고가인 저유황유를 구매할 수밖에 없었다. 그 결과 많은 페리선사들이 저유황유를 구매한 후 비용인상분을 유류할증을 통하여 소비자에 전가하는 방식으로 대응하였다(Chang et al., 2018).

저유황유 구매로 인한 유류비용 증가는 선박의 영업이익 감소로 이어질 수 있다. 그러나 이를 유류할증료에 반영한다면 고객 수요의 가격탄력성이 낮은 경우 매출액이 증대될 수 있고 가격탄력성이 높은 경우 매출액이 감소할 수도 있다(Cullinane & Bergquist, 2014). 결국 매출액과 영업비용의 변화는 영업이익에도 영향을 미치게 된다.

이에 따라 본 연구의 목적은 ECA 시행에 따른 환경규제가 페리 선사들의 재무지표로 구성된 효율성에 어떠한 영향을 미쳤는지 실증적으로 분석하는데 있다. 이와 관련한 본 논문의 연구 질문은 다음과 같다.

- 1) 유류할증으로 인한 선박의 매출액 변화가 Activity 효율성에 어떤 영향을 미쳤는가?
- 2) 유류할증으로 인한 매출액, 영업비용, 영업이익의 변화가 Profitability 효율성에 어떤 영향을 미쳤는가?
- 3) 저유황유 구매로 인한 영업비용의 증가와 영업이익의 감소가 ROI 효율성에 어떤 영향을 미쳤는가?
- 4) ECA 시행으로 인해 페리선사의 Activity, Profitability, ROI 효율성에 미치는 외부변수의 영향이 지역별로는 어떠한 차이가 있었는가?

본 연구는 2004년부터 2017년까지 북유역, 지중해, 북미 지역의 8개 페리 선박의 재무 데이터를 수집하여, ECA가 페리 선박의 재무성과에 미친 영향을 효율성의 관점에서 지역별로 분석하였다. 개별 기업의 재무성과 분석을 위해 주로 많이 사용되는 재무비율은 각 기업에 투입된 자원의 총량이 다름에 따라 발생하는 규모의 경제 효과가 차이를 반영하지 못하는 한계가 있다.

반면 효율성 모형은 서로 규모가 다른 기업의 재무성과 비교를 가능하게 한다. 따라서 각 페리선사의 ECA 대응책이 다른 선사에 비해 얼마나 경쟁력이 있었는지 알아보기 위해서는 페리선사의 재무성과를 효율성 측면에서 분석할 필요가 있다(Witzel, 2002). 현재까지 ECA 시행이 페리선사의 재무성과에 미치는 영향을 분석한 연구는 없었고 선박의 재무성과를 효율성 측면에서 분석하는 연구도 부족한 실정이다.

이를 위해 본 연구에서는 페리 선박의 매출액, 부채총액, 총자산, 순자산, 영업비용, 영업이익 등의 재

무 지표들을 이용하여 Activity 효율성, Profitability 효율성, ROI 효율성을 2단계에 걸쳐 추정하는 Network Slack Based Measure (SBM) Data Envelopment Analysis (DEA) 모형을 제시하였다. 이를 통해 산출된 각각의 효율성에 에 영향을 미치는 변수들을 검증하기 위하여 부트스트랩 절단형 회귀(Bootstrap Truncated Regression, BTR) 모형을 통한 회귀분석을 실시하였다. 회귀모형에 투입된 변수로는 페리 선사의 재무 지표들과 함께 해당 지역의 유가, 연도, 정부지원금, 연료유 황 함유량 기준 등이다.

II. 문헌 연구

해사 분야 학계에서는 그동안 선박으로부터 발생하는 대기오염물질에 관한 다양한 연구들이 수행되어 왔다. 이러한 연구들은 항만 내부와 원양 그리고 근해 지역의 선박으로부터 발생하는 오염물질의 양을 추산하는 것으로부터 시작되었으며, 추산의 방법론이 발전되어 감에 따라 선박으로부터 발생하는 대기오염물질 저감 방안에 대한 다양한 아이디어들이 제시되어 왔다.

Saxe & Larsen(2004)은 덴마크의 항만에 기항하는 선박들에서 기인한 대기오염물질들이 공기를 통해 퍼지는 문제와 해당 지역의 대기 질에 관한 연구를 수행하였다. 이 연구에서는 선박으로부터 발생하는 오염물질들이 해당 지역 근처에 거주하는 시민들의 건강을 위협하고 있다고 주장했다. Chang et al.(2014)은 인천항 출입 선박의 황산화물, 질소산화물, 미세먼지 발생량을 추정하였으며, 선박의 속도 제한 구역에서 유해가스의 발생량이 30% 가량 저감된다는 사실을 확인하였다. 이에 따라 선박 속도 저감 정책이 항만 근해 미세먼지 배출량에 중요한 역할을 할 수 있다는 가능성을 제시하였다. 최근에는 ECA의 시행이 실제로 오염물질 저감에 효과가 있었음을 Zhang et

al.(2020)에서 주장하였다. 또한 ECA에 따른 선사의 행태적 변화를 분석하는 연구들도 수행되었는데, Lian & Yang(2020)은 중국과 유럽을 잇는 장거리 철도와 해운 노선이 ECA 규제로 인하여 경쟁이 심화될 수 있다고 주장하였으며, Zhen et al.(2020)은 규제 해역을 항행하는 선박의 새로운 최적 경로를 제시하였다.

환경 경제학 분야에서는 오염 산업이 존재하는 지역의 경우 규제가 시작되면 해당 산업은 규제가 느슨한 지역으로 이동해 갈 것이라고 주장하였다. 이를 오염피난처 가설(Pollution Haven Hypothesis: PHH)이라고 한다(Eskeland & Harrison, 2003). 해운 분야에서는 PHH에 대해 Chang et al.(2018)에서 검증해 보려는 시도를 하였는데, ECA가 시행된 유럽의 항만에 대한 생산성 분석을 진행하였다. 이 연구에서는 t-test와 회귀분석을 통하여 항만의 효율성이 경제적 충격과 ECA에 영향을 받았으며, ECA로 인하여 항만의 생산성이 하락했다고 보고하였다.

해운 선사나 항만의 효율성을 분석하는 것은 오랜 기간 중요한 주제로 다뤄져 왔다(이브라힘·김현덕, 2021; 왕관·안승범, 2021; Chao et al., 2018). Bang et al.(2012)은 2단계 DEA 모형을 사용하여 글로벌 컨테이너 선사들의 운영 효율성과 재무효율성을 구분하여 측정하였다. 그 결과 선사들의 얼라이언스가 컨테이너 선사들의 재무효율성에 중대한 영향을 미쳤다는 것을 밝혔다.

Chang et al.(2017)은 주요 크루즈 선사의 효율성을 2단계 네트워크 DEA 모형을 통하여 추정하였다. 분석에 투입된 데이터는 선사의 손익계산서 데이터였는데, 1단계에서는 운영 효율성을 측정하였고, 2단계에서는 비운영적 효율성을 추정하였다. 이와 함께 추정된 효율성 값에 어떠한 요인이 가장 큰 영향을 미쳤는지를 BTR 모형으로 검증하였다. 그 결과 운영 효율성의 단계가 비운영 효율성의 단계보다 높게 나타났고, 비운영 효율성의 선사 간 차이가 크게 나타났는데, 이러한 차이는 해지에서 드러났다고 주장하였다.

〈표 1〉은 기존 문헌 중 선사의 효율성을 추정한 여러 연구들의 효율성 투입 산출 변수들을 요약한 것이다. 기존 연구들의 투입 산출 변수들을 살펴본 결과, 투입 산출 변수의 설정 과정에서 이론적 배경과 변수들 간의 논리적 연관 관계가 미약하다는 것을 발견하였다. 대부분의 연구들에서 변수 선정 과정에 대한 자세한 설명이 매우 부족하였으며, 변수 선정의 근거로 기존 연구에서 사용되었다는 것을 주로 제시하였다. 또한 서로 단위가 다른 TEU와 매출액, 선사의 운송 능력을 나타내는 Capacity 등을 하나의 모형에 모두 포함한 경우도 있었다. 이는 여러 투입 산출 변수들의 단위가 가진 특성을 무시하는 것으로, 결과 값의 왜곡을 일으킬 여지가 존재한다(Dyson et al. 2001). 따라서 이러한 문제점을 보완한 연구를 수행하여 선사의 효율성을 더욱 정밀하고 객관적으로 추정할 필요가 있다.

이상의 기존 논문이 갖는 한계점을 보완하기 위해 본 논문은 기존 논문과 비교할 때 다음과 같이 세 가지 측면에서 차별성을 두어 연구를 수행하였다.

첫째, 선사의 효율성 추정 모형에 있어서 선사의 재무제표와 재무비율을 반영하여 Dyson et al.(2001)이 제시한 DEA 프로토콜(해당 내용은 제III 장 연구 방법론에서 상술하였음)을 지키면서 선사의 효율성을 추정할 수 있는 모형을 제시하였다.

둘째, 세계 주요 페리 선사에 대하여 북해, 북미, 지중해의 각 지역적 구분을 고려한 분석을 시도하였다.

마지막으로, BTR 모형을 통하여 선사들이 직면한 유류비 상승과 유류 할증이 재무성과에 미친 영향을 분석하였다.

표 1. 기존 문헌에서의 효율성 추정 투입 산출 변수

저자	데이터	투입 변수	산출 변수
Lin & Liu(2005)	대만 해운선사	총자산, 자기자본	매출액, 순이익
Panayides et al.(2011)	글로벌 해운선사	총자산, 직원 수, 총자본	매출액
Lun & Marlow (2011)	글로벌 해운선사	영업비용, 운송 능력	매출액, 순이익
Bang et al.(2012)	글로벌 해운선사	총자산, 운송능력, 선박 수	매출액, 영업이익, 물동량
Chang et al.(2017)	주요 크루즈 선사	임금, 영업비용, 영업이익, 비영업이익, 감가상각	선내 수익, 티켓 수익, 매출액, 영업이익
Chao et al.(2018)	글로벌 해운선사	운송능력, 영업비용, 직원 수	매출액, 물동량(TEU)

III. 연구 방법론

1. DEA 변수 선정의 문제

본 연구에서는 DEA 각 페리선사의 효율성을 추정하고 회귀모형을 통해 ECA 규제 시행 전후로 어떤 변수가 페리선사의 효율성에 가장 큰 영향을 미쳤는지 분석하였다. 이때 투입 산출 변수의 선정은 DEA 모형 구성에 있어서 가장 중요한 문제 중 하나라고 할 수 있다. 어떤 변수를 사용하느냐에 따라 DEA 모형은 결과 값에 있어 큰 차이를 보인다. Dyson et al.(2001), Luo et al.(2012) 등은 DEA 연구의 자의적 변수 선정의 문제에 대하여 지적하였다. 그리고 Dyson et al.(2001)은 논문에서 DEA 변수 선정에 관한 다음 네 가지 프로토콜을 제시하였다.

- 1) 변수들은 Decision-Making Unit (DMU)이 사용하는 모든 자원들을 포함해야 한다.
- 2) 모형은 모든 레벨의 활동과 성과들을 아우를 수

있어야 한다.

- 3) 투입과 산출의 모든 요소들은 각 DMU 모두에게 존재하는 것이어야 한다.
- 4) 필요하다면 환경적 변수들을 반영할 수 있어야 한다.

Luo et al.(2012)은 재무 데이터를 이용하는 Cash Value Added 모형을 제안하였다. 그들은 이러한 재무 데이터 모형이 기존의 생산성 모형에 비하여 더 객관적이며 주관의 개입에 따른 효율성 값 산출의 오류를 피할 수 있다고 주장하였다.

본 논문에서도 이러한 주장과 궤를 같이하여 객관적이면서, 모든 생산의 단계를 반영할 수 있고, 생산에 들어가는 모든 자원과 산출물을 모두 반영할 수 있도록 손익계산서와 대차대조표에서의 기업이 이윤 추구 활동을 통하여 수익을 내는 흐름을 효율성 추정 모형에 반영하였다. 이에 따라 기업의 주요 재무 비율을 그 용도에 따라 분류하였다. 이는 유동성, 재무레버리지, 액티비티, 수익성, 시장 가치, 현금 흐름, 투자 대비 수익성 등이다(Lee et al. 2012; Reilly & Brown, 2011).

이러한 분류를 기반으로 DEA 모형을 구성하기에 적합한 재무비율을 선정하였다. 유동성과 현금흐름 지표는 모두 회사의 안정성과 관련이 있지만, 생산 활동에서의 투입 산출에 관련한 효율성과는 그 연관성이 적다. 따라서 이들은 본 연구 모형에서 제외하였다. 시장가치 비율의 경우 생산 활동의 결과물이 시장에서 주가가격을 통해 어떻게 평가받는지를 나타낸다. 그러나 시장에서의 가치 평가는 생산 활동의 영역이 아닌 생산 활동의 결과가 나타난 이후의 과정이므로 이 또한 제외하였다. 결과적으로 <표 2>와 같이 액티비티, 수익성, 투자 대비 수익성을 측정하는 8개의 재무비율을 사용하여 모형을 구성하였다. 그리고 각 재무비율을 분자와 분모로 분해하여 분자는 산출로, 분모는 투입 데이터로 사용하였다.

표 2. 주요 재무 비율

그룹	재무 비율	계산식
Activity ratio	자기자본회전율	매출액 / 총자본
	총자산회전율	매출액 / 총자산
	총부채회전율	매출액 / 부채총액
Profitability ratio	매출총이익률	총수입금액 / 매출액
	영업이익률	영업이익 / 매출액
	순이익률	순이익 / 매출액
Return on Invest (ROI) ratio	총자산이익률	순이익 / 총자본
	자기자본이익률	순이익 / 순자본

표 3. 기존 연구와의 변수 선정 비교

기존 연구 변수		본 연구 변수	
투입 변수	산출 변수	투입 변수	산출 변수
총자산, 자기자본, 직원 수, 영업비용, 운송능력, 선박 수, 임금, 영업비용, 영업이익, 비영업이익, 감가상각	매출액, 순이익, 영업이익, 물동량, 선내수익	부채총액, 순자산, 매출액(중간산출), 영업비용	매출액, 영업이익

<표 3>은 기존 연구에서 사용된 변수와 본 연구에서 사용된 변수를 비교한 것이다. 기존 연구에서의 변수를 주요 재무 비율에 입각하여 선정하였다.

2. Network SBM DEA 모형

본 연구에서는 Tone & Tsutsui (2009)가 제안한 Network Slack Based Measure (SBM) DEA 모형을 활용하여 각 페리선사들의 효율성을 추정하였다. 여

유분 기준 모형이라고 불리는 SBM 모형은 기존 DEA 모형과는 달리 상대적으로 과다하게 사용된 투입 여유분(input slack)과 상대적으로 적게 생산된 산출 여유분(output slack)을 통해 투입과 산출을 동시에 고려하여 효율성을 측정할 수 있다. 또한, 네트워크 모형은 투입물이 여러 생산 단계를 거쳐 산출물이 되어 나오는 과정을 단계별로 세밀하게 분석 가능하다는 장점이 있다.

본 연구에서는 페리 선사의 재무제표를 기반으로 선사가 자산을 사용하여 매출을 발생시키고, 여기에서 비용을 제한 후 영업이익이 발생하는 과정을 반영할 수 있는 총 2단계가 존재하는 네트워크 모형을 구성하였다.

본 연구가 적용한 Network SBM DEA 모형도는 <그림 1>과 같다. 모형의 첫 단계는 ① Activity 효율성으로 매출액을 분자로 취하는 세 개의 재무비율인 Total Asset Turnover, Stockholder's Equity Turnover, Total Liabilities Turnover를 사용하였다. 각 재무비율의 분모인 총자산, 순자산, 부채총액을 투입변수, 매출을 산출변수로 사용하였다.

두 번째 단계는 ② Profitability 효율성으로서 매출액에서 영업비용이 차감되고 영업이익이 산출되는 과정까지를 반영한다(Soteriou & Zenios 1999). 이 단계에서는 매출액과 영업이익이 투입 변수로 사용되고 영업이익이 최종 산출 변수로 사용된다. 이를 통해 실제 매출액이 순이익으로 전환되는 마진에 대한 효율성을 구할 수 있게 된다.

마지막으로, ROI에서는 첫 단계의 투입 변수였던 부채총액, 순자산, 총자산이 투입 변수로 사용되고 두 번째 단계인 Profitability의 산출물인 영업이익이 산출 변수로 사용된다. 이를 통하여 투자 수익률인 ③ ROI를 효율성의 관점에서 산출할 수 있다.

페리 선사의 효율성 추정은 페리 시장의 지역적 특수성을 고려하여 북유럽, 지중해, 북미 3개의 지역 별로 진행하였다. 세 개의 지역은 서로 다른 시장을 형성하고 있으며 선사들의 지역 간 노선중복은 없으며 각 지역 내에서 선사들의 경쟁이 있었다. 특히 북미 지역 페리 선사들은 유럽과 달리 공공성을 띠고 운영하여 매출액에 정부지원금이 포함되어있는 등 운영 방식에 있어 차이가 있었다.

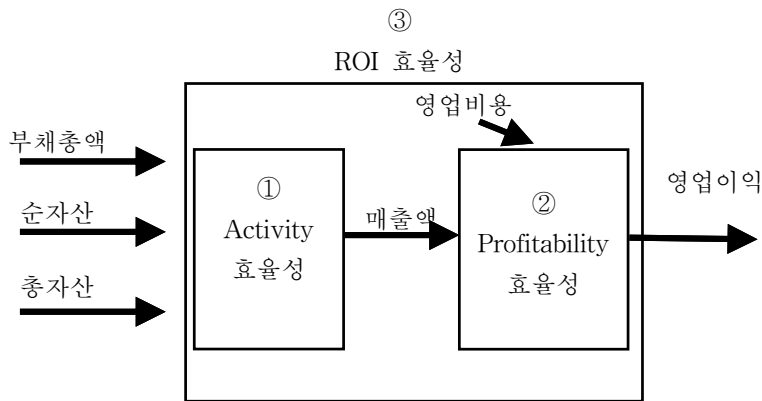


그림 1. Network SBM DEA 모형도

첫 번째 Activity와 두 번째 Profitability 단계에서의 페리선사 효율성은 다음 식을 적용하여 산출된다. 각 k 단계에서 페리선사 o 는 투입물 $x_o^k = (x_{1o}^k, x_{2o}^k, \dots, x_{io}^k)$ 를 이용하여 산출물 $y_o^k = (y_{1o}^k, y_{2o}^k, \dots, y_{ro}^k)$ 를 산출한다. 1단계와 2단계는 중간 투입/산출물인 $z_o = (z_{1o}, z_{2o}, \dots, z_{po})$ 를 통해 서로 연결된다.

$$\text{Minimize } \rho^o = \frac{1 - \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^{i_k} \frac{w^k s_i^{k-}}{i_k x_{io}^k}}{1 + \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^{r_k} \frac{w^k s_r^{k+}}{r_k y_{ro}^k}}$$

Subject to

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^k x_{ij}^k + s_i^{k-} = x_{io}^k, \quad k=1,2 \quad i \in I_k \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^k y_{rj}^k - s_r^{k+} = y_{ro}^k, \quad k=1,2 \quad r \in R_k \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^1 z_{pjo} = \sum_{j=1}^n \lambda_j^2 z_{pjo}, \quad p \in P \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j^k = 1, \quad k=1,2 \quad (4)$$

$$\lambda_j^k \geq 0, \quad (j=1,2,\dots,J)$$

$$s_i^{k-} \geq 0, \quad (i=1,2,\dots,I)$$

$$s_r^{k+} \geq 0, \quad (r=1,2,\dots,R)$$

λ_j^k 는 페리 선사 o 가 다른 페리 선사 j 를 얼마만큼 벤치마크 해야 하는지에 대한 가중치를 나타낸다. I_k 와 R_k , P 는 각 k 단계에 대한 투입 변수의 집합이고, w^k 는 각 단계 k 에 대한 중요도를 나타낸다. 따라서 $w^1 + w^2 = 1$ 이 된다. i_k 는 투입 변수의 개수를 의미하며, r_k 는 산출 변수의 개수이다. $\rho^o \in [0,1]$ 는 페리 선사 o 의 0에서 1 사이의 효율성

값이다.

제약식 (1)은 페리 선사 o 가 best practice 수준인 $\sum_{j=1}^n \lambda_j^k x_{ij}^k$ 에 비교하여 줄일 수 있는 투입 변수의 수준인 s_i^{k-} 를 의미한다. 마찬가지로 식 (2)는 페리 선사 o 가 산출물의 수준을 s_r^{k+} 까지 끌어올릴 수 있는 여지가 존재함을 의미한다. 식 (3)은 Network 모형을 의미하는 제약식으로 중간 산출물이 이전 단계에서 생산되어 그대로 다음 단계에 투입물로 사용됨을 의미한다. 식 (4)는 Variable Return to Scale (VRS: 규모가변모형)을 의미하는 제약식으로, 페리 선사의 규모를 고려하여 각각의 규모에 대한 프론티어와 효율성 값이 조정됨을 의미한다. 따라서 k 번째 단계의 효율성은 아래 식(5)와 같이 계산된다($k=1, 2$). 또한 ROI 효율성인 전체 효율성은 1단계에서의 투입물과 2단계에서의 산출물을 통하여 식(6)과 같이 계산된다.

$$\rho^{ko*} = \frac{1 - \sum_{i=1}^{i_k} \frac{s_i^{k-*}}{i_k x_{io}^k}}{1 + \sum_{r=1}^{r_k} \frac{s_r^{k+*}}{r_k y_{ro}^k}} \quad (5)$$

$$\rho^{3o*} = \frac{1 - \sum_{i=1}^{i_1} \frac{s_i^{1-*}}{i_1 x_{io}^1}}{1 + \sum_{r=1}^{r_2} \frac{s_r^{2+*}}{r_2 y_{2o}^2}} \quad (6)$$

3. 부트스트랩 절단형 회귀(BTR) 모형

기존의 많은 연구들은 기업의 효율성에 영향을 미치는 변수들을 찾기 위해 회귀분석을 실시했는데, 특

히 Tobit 모형을 주로 사용하였다(Chang et al. 2016; Gillen & Lall, 1997). Tobit 모형은 중도절단 회귀모형이라고도 불리는데, 종속변수가 좌측 또는 우측에서 절단된 형태로 관측될 때 사용된다. 효율성 값의 경우 SBM 모형을 사용할 때에 값이 0에서 1 사이로 분포하게 되며, 가장 효율적이라고 여겨지는 1 값이 중복되어 관측된다. 그러나 Simar & Wilson(2007)은 Tobit 모형을 사용하는 것은 관측치의 데이터 생성 과정을 간과할 수 있으며, 특히 ‘환경 변수’는 기업의 투입 산출에 관여하여 내재적 효율성에 영향을 미친다고 주장했다. 이는 수식으로 다음과 같이 표현된다.

$$f(X_i, N_i, \delta_i, Z_i) = f(X_i, N_i | \delta_i, Z_i) f(\delta_i, Z_i) f(Z_i) \quad (7)$$

식(7)에서 $f(\cdot)$ 는 관측치에 대한 확률밀도 함수이며, X_i 는 관측된 투입 변수의 벡터이다. N_i 는 제정된 산출 변수의 벡터이며, δ_i 는 알려지지 않은 효율성의 실제 값이다. Z_i 는 기업의 성과에 영향을 미치는 행렬식이다. 첨자 i 는 특정 기업을 의미하며, 식의 우변은 데이터 생성과정의 논리적 흐름을 나타내고 있다. 데이터 생성 과정은 투입 산출 변수의 관측치에 대하여 기업의 효율성과 환경변수가 투입과 산출 데이터를 결정한다. 그러나 DEA는 이러한 데이터 생성 과정을 반대로 따르게 되는데, DEA의 경우 관측된 투입 산출 변수를 이용해 효율성을 추정하고, 추정된 효율성 값을 환경 변수를 이용해 회귀 분석하여 그 효과를 추정하게 된다. 이러한 관계를 확인하기 위해 실제의 효율성 값의 행렬식을 $\delta_i = Z_i\beta + \epsilon_i$ 로 정의할 수 있다. 여기서 β 는 한계효과의 벡터이며, ϵ_i 는 오차 항이다. 만약 DEA의 효율성 값이 토빗모형으로 분석된다면 다음과 같다.

$$\delta_i = \hat{\delta}_i - Bias(\hat{\delta}_i) - u_i = Z_i\beta + \epsilon_i \rightarrow \hat{\delta}_i = Z_i\beta + \epsilon_i + Bias(\hat{\delta}_i) + u_i \quad (8)$$

$Bias(\hat{\delta}_i) = E(\hat{\delta}_i) - \delta_i$ 는 알 수 없는 실제 효율성 δ_i 와 계산된 효율성 값 $\hat{\delta}_i$ 간의 차이를 나타낸다. $Bias(\hat{\delta}_i)$ 는 데이터 생성과정에서 발생한 노이즈(Noise)로 볼 수 있다. u_i 는 오차 항이다. 식 (8)은 토빗 모형이 점근적으로 사라질 수는 있으나 비효율적이고 신뢰도가 낮은 추정치인 $Bias(\hat{\delta}_i) + u_i$ 를 고려하지 못한다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 이를 보완하여 추정의 효율성과 신뢰도를 높이기 위하여 Simar & Wilson(2007)이 제시한 부트스트랩 절단형 회귀(Bootstrap Truncated Regression, BTR) 모형을 사용하였다. 이 방법론은 몬테카를로 시뮬레이션을 사용하여 인위적인 데이터 생성 과정을 거치며 앞서 언급한 토빗 모형의 단점을 보완할 수 있다.

$$Efficiency_i = \beta_0 + \sum_n \delta_n X_{n,i} + \epsilon_i$$

$Efficiency_i$ 는 Network SBM DEA 모형을 적용하여 추정한 페리 선사 i 의 효율성 값이다. t 는 연도이며, $x_{n,i}$ 는 독립변수이다. 효율성은 총 3개 종류인 Activity, Profitability, ROI 값들이 사용되었으며 각각의 모형의 성질에 따라 서로 다른 독립변수들이 고려되었다. β_0 와 δ_n 은 각각 상수항과 회귀계수 값이며 ϵ_i 는 오차항이다.

본 연구에서는 독립변수의 선정에 있어 기존 문헌을 참고하였다. Kotowska(2015)에서는 ECA 규제로 인하여 페리 선사의 비용이 다양한 측면에서 증가할 것으로 보았으며, 스크러버 또는 친환경 선박의 건조 등의 대규모 투자가 아닌 한 유류비 상승으로 인하여 선사의 티켓 가격과 화물 운송비가 증가될 것으로 예상하였다. 본 연구에서는 이러한 유류비용의 상

승이 선사의 매출과 순이익 등에 영향을 줄 수 있다는 기존 문헌에 의거하여 유류비를 독립변수로 선정하였다(Notteboom & Vernimmen, 2009; Notteboom, 2011).

또한 ECA 규제에 의한 선사의 유류비 상승과 각 지역별 차이 등을 상세히 반영할 수 있도록 하기 위하여 Tallink, Finnlines, Irish Continental 등 북유럽과 발트해에서 운항하는 3개 페리 선사에 대해서는 Rotterdam 항만의 유가를 반영하였고, 지중해 3개 페리 선사인 Attica Group, Minoan Lines, Hellenic Seaways는 Genoa 항만의 유가를 반영하였다. BC Ferries, Marine Atlantic, Casco Bay Lines의 경우 북미 지역을 운항하는 선사로 미국 Houston 항만의 유가를 반영하였으며, 각각의 선사들이 ECA 규제에 포함되는 시기에 실제 사용한 유종의 유가를 해당 항만의 가격을 기준으로 반영하였다.

ECA 규제는 단계적 규제로서 글로벌 황 함유량 기준인 3.5%를 제외하고, ECA를 적용하는 해역에서는 선박 연료유의 황 함유량을 기준으로 1.5%를 Phase 1, 1.0%를 Phase 2, 0.1%를 Phase 3으로 규정할 수 있으며, 각 해역별로 Phase에 진입하는 시기가 달라진다(Chang et al., 2018). 따라서 본 연구에서는 ECA 규제를 모형에 반영하기 위하여 규제가 발효되어 선사들이 실제로 규제에 참여하기 시작하는 시기의 선박 연료유 황 함유량을 독립변수로 하여 모형에 포함하였다.

선사의 매출액의 경우 선사의 규모를 나타내는 변수로도 사용이 되어 왔다(Merkert & Morrell, 2012). 또한 매출액을 통하여 개별 선사의 업황이 직접적으로 반영이 가능하기 때문에 본 연구에서는 매출액을

독립변수로 모형에 포함하였다. 매출액의 경우 DEA의 변수 중 하나로 이를 회귀분석 단계에서 다시 독립변수로 포함시키는 접근법은 Ouenniche & Carrales(2018)와 Chang et al.(2017) 등에서 사용되었다. 이에 더하여, 효율성 추정을 위하여 사용한 부채총액, 순자산, 총자산, 영업비용, 영업이익 등이 독립변수로 사용되었는데, 이는 효율성 값에 대하여 실제로 어떤 투입 산출 변수가 가장 많은 영향을 미쳤는지를 알 수 있게 한다.

IV. 결과 분석

1. 데이터의 수집

본 연구에서는 북미 지역과 유럽 지역에 분포하는 8개 페리 선사의 2004년부터 2017년까지의 데이터를 사용하였다. 페리 선사의 재무 데이터의 경우 대부분의 페리 선사들이 영세한 기업이거나 기업공개가 되어있지 않은 기업이어서 수많은 페리 선사들 중 연간보고서를 통하여 재무 데이터가 공개된 기업만을 선정하였다. 또한 많은 선사들이 연안 해운(Short Sea Shipping)의 형태로 화물 운송업과 페리 사업을 동시에 진행하여서 실제로 어느 선사가 페리 선사인지를 구분해 내기에 어려움이 따랐다. 본 연구에서는 연구 범위를 페리 선사로 명확히 설정하기 위하여 해당 선사의 매출 비중을 기준으로 페리 사업의 비중이 50% 이상인 기업들만을 추려내어 샘플을 선정하였다.

〈표 4〉, 〈표 5〉, 〈표 6〉는 DEA 모형을 추정하기 위해 사용된 데이터를 요약한 것이다.

표 4. 북유럽 페리선사 DEA 모형 데이터 요약

(단위 : 천 유로)

변수	표본 수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
연도	40	2010.5	3,916	2004	2017
총자산	40	631,841	268,036.600	271,356	1,361,406
부채총액	40	344,373	171,398.400	113,931	894,518
순자산	40	287,468	123,370.900	68,645	506,145
매출액	40	208,945	75,320.520	79,459	385,118
영업비용	40	190,839	68,524.470	73,515	306,271
영업이익	40	18,106	31,489.180	-39,808	101,743

자료 : BC Ferries annual report, (2004-2017), Marine Atlantic annual report, (2008-2017)

표 5. 지중해 페리선사 DEA 모형 데이터 요약

(단위 : 천 유로)

변수	표본 수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
연도	25	2011	4,082	2003	2017
총자산	25	1,040,629	704,582.800	201,269	2,046,894
부채총액	25	743,061	656,092.100	57,956	1,548,839
순자산	25	297,569	120,271.500	97,425	521,432
매출액	25	455,110	311,423.000	73,185	859,300
영업비용	25	458,915	210,566.300	159,408	726,300
영업이익	25	61,578	52,469.910	-9,626	222,981

자료 : Finnlines annual report, (2004-2017), Tallink annual report, (2005-2016), Irish Ferries annual report, (2004-2017)

표 6. 북미 페리선사 DEA 모형 데이터 요약

(단위 : 천 유로)

변수	표본 수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
연도	40	2010.5	3,916	2004	2017
총자산	40	1,040,083	617,483.900	219,500	1,947,200
부채총액	40	629,128	402,805.100	97,100	1,304,500
순자산	40	410,554	244,717.900	18,000	824,400
매출액	40	550,764	250,447.500	251,700	1,152,994
영업비용	40	463,378	208,053.800	190,425	901,597
영업이익	40	87,385	67,327.450	-37,030	251,397

자료 : Hellenic Seaways annual report, (2005-2016), Attica Group annual report, (2004-2017), Minoan Lines annual report, (2004-2017)

모든 값은 당해 연도 환율을 적용하여 유로로 통일하였으며, 2010년 GDP 디플레이터를 이용하여 조정되었다. 이 중 영업이익의 경우 적자를 본 기업에 대해서 0 미만의 값이 나오게 된다. 영업이익의 경우 산출 변수인데, 값이 0 미만이 된다면 이론적으로 맞지 않다(Pastor, 1996). 따라서 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 Tone(2001)에서 제시한 방법을 통하여 모든 영업이익에 동일한 양수 값을 더하여 음수 값을 양수로 전환하였다.

〈표 7〉, 〈표 8〉, 〈표 9〉에서는 BTR 모형 추정을 위해 사용된 데이터가 요약되어 있다. 효율성 값들의 최댓값이 모두 1로 나타나 있고, 이러한 1 값이 중복적으로 나타나므로 Truncated 회귀분석 방법론을 사용하였으며, 실제 회귀분석은 효율성 값과 다른 여러 변수들의 단위 차이를 고려하여 표준화하여 분석하였다. 그리고 이때의 Truncated 회귀분석에서의 중복되는 1의 값은 표준화 하여 조정된 값을 사용하였다. 분석을 위해서 STATA 17버전을 사용하였다.

표 7. 지중해 지역 BTR 모형 데이터 요약

(단위 : 천 유로)

구분	구분	표본 수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
종속 변수	ROI 효율성	40	0.554	0.349	0.033	1.000
	Activity 효율성	40	0.713	0.211	0.244	1.000
	Profitability 효율성	40	0.673	0.271	0.113	1.000
독립 변수	총자산	40	1,040,083.0	617,483.9	219,500.0	1,947,200.0
	부채총액	40	629,127.6	402,805.1	97,100.0	1,304,500.0
	순자산	40	410,554.0	244,717.9	18,000.0	824,400.0
	영업비용	40	463,378.4	208,053.8	190,425.0	901,597.0
	매출액	40	550,763.6	250,447.5	251,700.0	1,152,994.0
	영업이익	40	87,385.3	67,327.5	-37,030.0	251,397.0
	황함유량 규제%	40	1.3	1.0	0.1	3.5
	지역 유가*	40	617.6	248.1	155.3	955.3

자료 : Clarkson Shipping Intelligence Network(검색일: 2021년 2월 15일)*

표 8. 북해 및 발트해 지역 BTR 모형 데이터 요약

(단위 : 천 유로)

구분		표본 수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
종속 변수	ROI 효율성	25	0.447	0.325	0.054	1.000
	Activity 효율성	25	0.851	0.198	0.396	1.000
	Profitability 효율성	25	0.245	0.295	0.032	1.000
독립 변수	총자산	25	1,040,629.0	704,582.8	201,269.0	2,046,894.0
	부채총액	25	743,060.6	656,092.1	57,956.0	1,548,839.0
	순자산	25	297,568.8	120,271.5	97,425.0	521,432.0
	영업비용	25	458,915.2	210,566.3	159,408.0	726,300.0
	매출액	25	439,157.4	298,308.9	73,185.0	830,100.0
	영업이익	25	61,578.2	52,469.9	-9,626.0	222,981.0
	정부지원금	25	81,336.0	83,045.6	23,377.0	350,999.0
	항함유량규제%	25	2.1	1.5	0.1	3.5
지역 유가(\$)	25	578.6	265.0	162.1	1,018.1	

표 9. 북미 지역 BTR 모형 데이터 요약

(단위 : 천 유로)

구분		표본수	평균	표준편차	최솟값	최댓값
종속 변수	ROI 효율성	40	0.578	0.342	0.002	1.000
	Activity 효율성	40	0.765	0.189	0.361	1.000
	Profitability 효율성	40	0.571	0.304	0.002	1.000
독립 변수	총자산	40	631,840.9	268,036.6	271,356.0	1,361,406.0
	부채총액	40	344,372.9	171,398.4	113,931.0	894,518.0
	순자산	40	287,468.0	123,370.9	68,645.0	506,145.0
	영업비용	40	190,838.6	68,524.5	73,515.0	306,271.0
	매출액	40	208,945.1	75,320.5	79,459.0	385,118.0
	영업이익	40	18,106.4	31,489.2	-39,808.0	101,743.0
	항함유량규제%	40	4.1	0.5	3.5	4.5
	지역 유가	40	420.7	157.9	169.5	666.8

2. Network SBM DEA 모형 결과

북유럽, 지중해, 북미 지역의 총 8개 선사에 대해

여 Network SBM DEA 모형을 통한 효율성 분석을 실시한 결과는 다음 <표 10>와 같다. 각 선사별 연평균 효율성 값은 북유럽 지역에서는 Irish

Continental이 Activity 효율성과 ROI 효율성 측면에서 각각 0.848, 0.798로 다른 두 선사에 비하여 높은 값을 기록하였으며 Profitability 효율성에서는 Tallink가 0.913으로 가장 높은 값을 보였다.

지중해 지역의 경우 Attica Group이 Activity 효율성에서 0.908로 가장 효율성이 높았고, Profitability 효율성과 ROI 효율성은 Hellenic Seaways가 0.656, 0.783으로 지역 내에서 가장 높은 값을 기록했다. Attica Group은 Activity 효율성은 높은 반면,

Profitability 효율성과 ROI 효율성이 지역 내에서 가장 낮아 매출액과 자산 규모 대비 과도한 비용을 지출한 것으로 판단된다.

북미 지역의 경우 Activity 효율성에서는 두 선사 간 큰 차이가 없었으나 Profitability 효율성에서 BC Ferries가 0.094로 매우 낮은 값을 기록하여 매출액 대비 영업비용 지출이 Marine Atlantic에 비하여 상대적으로 큰 것을 알 수 있었다.

표 10. Network SBM DEA 모형의 연평균 효율성 결과 및 표준편차

구분		Activity 효율성	Profitability 효율성	ROI 효율성	
북유럽	Finlines	평균	0.590	0.391	0.195
		표준편차	0.163	0.247	0.244
	Irish Continental	평균	0.848	0.748	0.798
		표준편차	0.155	0.091	0.226
	Tallink	평균	0.698	0.913	0.688
		표준편차	0.236	0.085	0.202
지중해	Attica Group	평균	0.908	0.465	0.480
		표준편차	0.104	0.286	0.307
	Minoan Lines	평균	0.554	0.605	0.501
		표준편차	0.073	0.297	0.324
	Hellenic Seaways	평균	0.844	0.656	0.783
		표준편차	0.135	0.320	0.336
북미	BC Ferries	평균	0.852	0.094	0.345
		표준편차	0.203	0.026	0.258
	Marine Atlantic	평균	0.850	0.473	0.599
		표준편차	0.202	0.367	0.369

〈표 10〉에서 표준편차를 보면 페리 선사들의 효율성 값이 연도별로 변동이 있었음을 알 수 있다. 특히, Marine Atlantic의 경우 Profitability 효율성과 ROI 효율성에서 0.367, 0.369의 표준편차를 기록하여 변동이 다른 선사들에 비하여 매우 컸다는 것을 알 수 있다. 그러나 평균만으로는 효율성과 효율성의 연도별 변화 추세를 알기 어렵고, 이러한 효율성의 연도별 변동이 ECA로 인한 것인지도 정확히 알 수 없다. 따라서 ECA가 시행되고 강화되는 시점에서 효율성 값의 변동이 있는지를 알아보고자 〈그림 2〉에

서 〈그림 10〉까지 지역별 페리 선사의 연도별 효율성 추세를 나타내었다.

〈그림 2〉에서 〈그림 4〉까지는 북유럽 지역 페리 선사들의 효율성 단계별 추세가 나타나있다. 북유럽 지역의 북해 및 발트해에서는 2006년과 2007년에 선박연료유 황 함유량을 1.5%로 제한하는 규제가 시작되었으며, 2010년 1.0%로 규제가 강화되었고, 2015년에 다시 0.1%로 더욱 강화되었다.

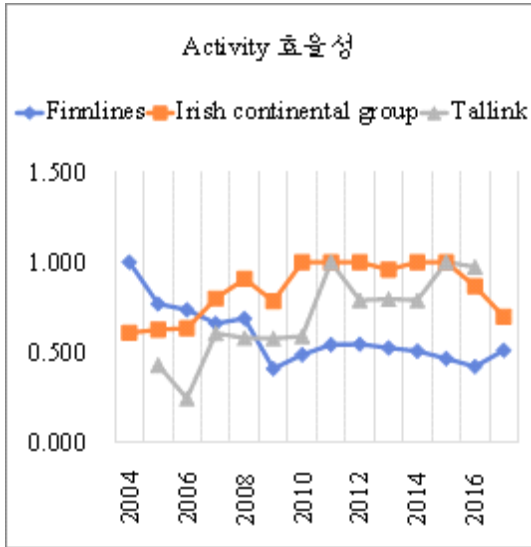


그림 2. 북유럽 페리 선사 Activity 효율성

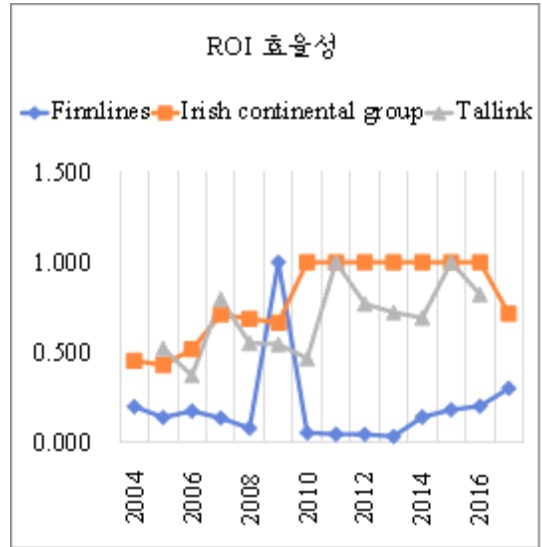


그림 4. 북유럽 페리 선사 ROI 효율성

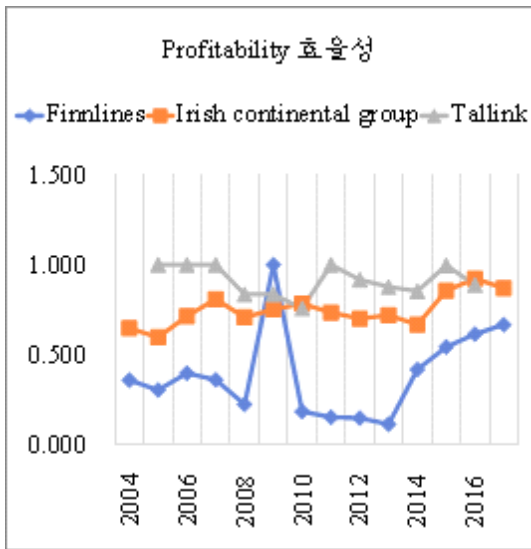


그림 3. 북유럽 페리 선사 Profitability 효율성

이를 토대로 <그림 3>을 보면 Irish Continental이 2010년을 기점으로 다른 선사에 비하여 상대적으로 Activity 효율성이 높은 값을 기록하는 것을 확인할 수 있다. 이는 Irish Continental이 주로 운항하는 지역이 영국 본섬과 아일랜드를 오가는 곳으로 ECA 규제 지역을 벗어난 곳이기 때문으로 보인다. 다른 두 북유럽 선사들의 경우 주로 운항하는 수역이 ECA 해역에 전부 포함되는데, 이로 인하여 Irish Continental이 매출액에 대한 타격이 적어, Activity 효율성 측면에서 이익을 보았을 가능성이 있는 것으로 판단된다.

<그림 3>에서는 Finnlines가 다른 두 선사에 비하여 연도별로 매우 낮은 Profitability 효율성을 보였다. 그러나 ECA로 인한 연도별 추세 변화로 볼 수 있는 뚜렷한 변동을 그래프 상에서 볼 수는 없었다. <그림 6>에서도 마찬가지로 Finnlines의 ROI 효율성이 낮은 것을 볼 수 있었는데, Profitability와 ROI 효율성에서 모두 낮은 값을 기록한 것은 타 선사들에 비하여 영업비용을 많이 사용한다는 것으로 해석이 가능하다. 그러나 역시 그래프 상에서 ECA로 인한 세 선사들의 공통적인 효율성 값의 변화를 알아내기

에는 어려움이 따랐다.

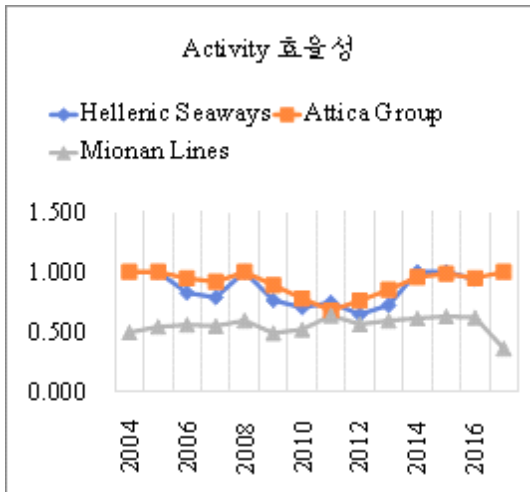


그림 5. 지중해 지역 페리 선사 Activity 효율성

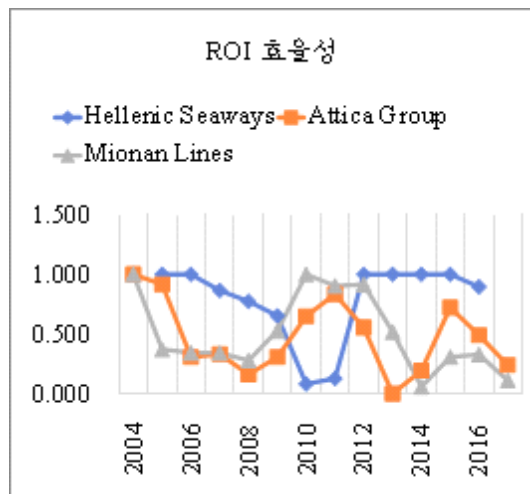


그림 6. 지중해 지역 페리 선사 Profitability 효율성

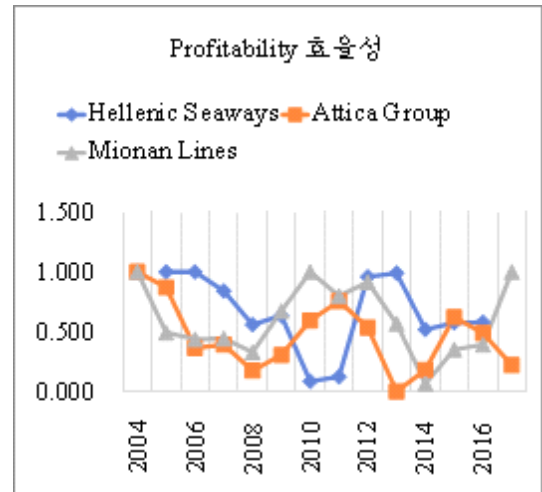


그림 7. 지중해 지역 페리 선사 ROI 효율성

〈그림 5〉에서 〈그림 7〉까지는 지중해 지역의 페리 선사들의 각 단계별 효율성을 나타낸다. 세 그래프에서 특징적인 점은 〈그림 5〉의 Activity 효율성에 비하여 〈그림 6〉의 Profitability 효율성과 〈그림 7〉의 ROI 효율성의 연도별 변동이 매우 심하다는 점이다. 즉, 지중해 선사들의 경우 매출액의 변동 폭은 비교적 작지만 영업비용의 변동과 이에 따른 영업이익의 변동이 심했음을 알 수 있다.

지중해 지역의 경우 2012년 글로벌 황함유량 규제인 3.5% 규제를 받은 지역으로 북유럽과 북미 지역에 비하여 매우 약한 수준의 규제를 받았다. 그럼에도 불구하고 〈그림 6〉과 〈그림 7〉에서는 2012년부터 2014년까지 Profitability 효율성과 ROI 효율성의 감소가 관측되었다. 다만, 이러한 변화가 실제로 ECA의 효과인지에 대해서는 추가적인 통계분석이 필요할 수 있다.

〈그림 8〉에서 〈그림 10〉까지는 북미 지역 페리 선사의 효율성 값이 나타나 있다. 북미 지역의 경우 2012년부터 황 함유량 1.0% 수준의 규제를 받은 지역이다. 또한 2015년부터는 북유럽과 마찬가지로 0.1%로 규제가 강화되었다. Marine Atlantic의 경우 2008년 이전 재무관련 자료의 부재로 인하여 2008년

부터 재무 데이터를 구할 수 있었으므로, 데이터에 대한 한계가 있으나 다행히 ECA 규제가 시행된 구간이 데이터에 포함되었다.

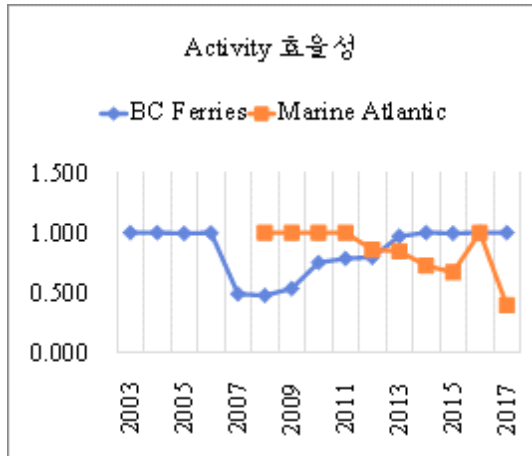


그림 8. 북미 지역 페리 선사 Activity 효율성

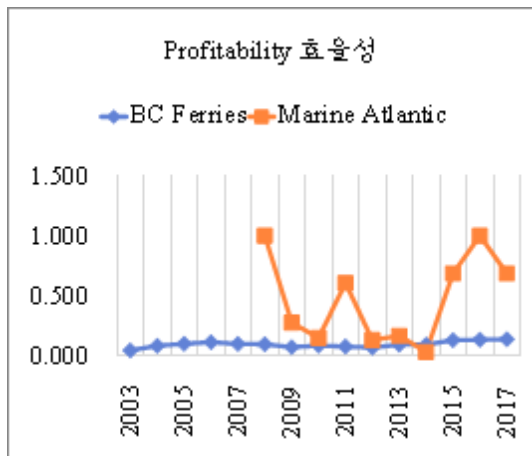


그림 9. 북미 지역 페리 선사 Profitability 효율성

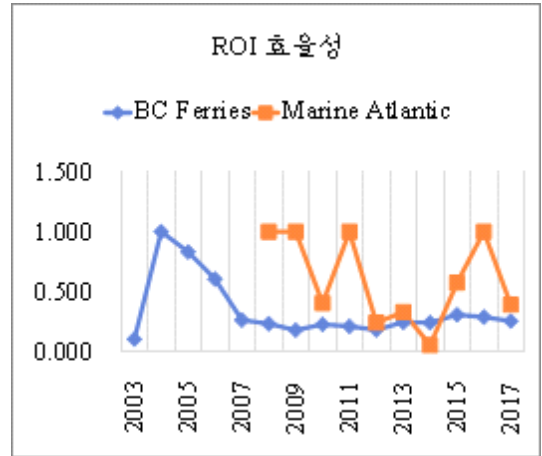


그림 10. 북미 지역 페리 선사 ROI 효율성

〈그림 8〉는 북미 지역의 Activity 효율성을 나타낸다. BC Ferries와 Marine Atlantic의 경우 같은 북미 지역의 선사임에도 2016년 기준 BC Ferries의 매출이 Marine Atlantic보다 8배 가량 높게 나타난다. 그럼에도 불구하고 두 선사는 Activity 효율성에 대하여 비슷한 수준을 보였다. ECA 규제가 시행된 2012년에는 Activity 효율성에서 두 선사의 추세선이 엇갈리는 모습을 보여서 공통된 추세를 발견하기에 어려움이 따랐다.

〈그림 9〉과 〈그림 10〉에서는 BC Ferries가 Marine Atlantic에 비하여 낮은 수준의 Profitability 효율성과 ROI 효율성을 보였다. ECA가 시행된 2012년을 기점으로 Marine Atlantic은 두 효율성이 모두 감소하는 모습을 보여서 ECA 시행에 따른 영업비용의 증가와 영업이익의 감소가 존재했을 수 있음을 짐작할 수 있었으나, BC Ferries의 경우 뚜렷한 변화를 관측할 수는 없었다. 또한 두 선사의 공통 추세를 발견하기에도 어려움이 따랐다.

북미의 두 선사의 경우 공기업의 형태로 운영되고 있는데, 캐나다 주 정부에서 매년 해당 선사들에게 보조금을 지급해 오고 있다. 이 보조금은 매출액에 합산되어 실제로는 적자인 경우가 많은 두 기업의 영업이익을 보전하는 데에 사용된다. 따라서 주 정부

의 보조금에 대한 고려 없이는 그래프만으로 정확한 ECA의 효과를 찾기에 어려움이 있다.

3. BTR 모형 결과

본 절에서는 BTR 모형을 통해 앞서 DEA를 통해 구한 페리 선사들의 효율성 값이 어떤 외생 변수로부터 영향을 받게 되었는지를 통계 기법을 통하여 확인한다. 분석은 단위의 차이를 보정하기 위하여 모든 값을 표준화 하여 진행하였다. 또한 모형의 적합도를 알기 위하여 Wald 검정을 수행하였다.

본 연구에서 사용된 표본은 그 시점이 2004년부터 2017년까지이다. 이 시기에는 페리 선사들이 LNG선 발주 또는 스크러버 설치와 같은 대규모 투자보다는, ECA 황 함유량 규제에 맞춘 저유황유를 구매하고 이를 유류할증의 형태로 소비자에게 전가하는 형태의 대응을 주로 해왔다. 선사들이 LNG선과 같은 친환경 선박을 발주하고 스크러버를 설치하는 등의 대응을 하기 시작한 것은 2015년 이후의 일이다. 따라서 본 모형에서는 표본 시계열 구간의 한계로 인하여 대규모 투자에 따른 효과보다는 유류할증에 따른 효과가 모형에 더 많이 반영되었을 것으로 보인다.

〈표 11〉은 종속변수가 Activity 효율성일 때 지역별 BTR 모형 분석 결과를 나타낸 것이다. Wald 검정의 결과는 세 모형에 대하여 모두 유의미한 값을 보였다.

북유럽 페리 선사들의 경우 유일하게 연료 황함유량 기준 변수만 부호는 음(-)으로 유의미하게 나타났

다. 연료유 황 함유량 기준은 강화될수록 값이 낮아지므로 음(-)의 부호는 ECA 규제가 강화될수록 효율성이 오히려 개선되었다고 해석할 수 있다. 이러한 결과가 나온 이유는 유류할증에 따른 것으로 보인다. 북유럽 페리 선사들의 경우 ECA 규제가 강화됨에 따라 고가의 저유황유를 구매하고 이에 따른 비용을 소비자에게 유류할증의 형태로 전가해 왔는데, 이에 따라 티켓 가격이 올랐고 매출액이 상승하는 결과를 가져왔다고 볼 수 있다. 매출액은 Activity 효율성의 산출 변수이므로 매출액 상승은 Activity 효율성의 증가를 가져온 것으로 해석이 가능하다. 또한 이는 북유럽 선사들의 주요 고객들이 유류할증에도 불구하고 지속적으로 페리 선사의 서비스를 이용한 것으로, 북유럽 지역 고객들의 수요의 가격 탄력성이 낮은 것으로 추론할 수 있다.

지중해 지역의 경우 ECA 규제 정도보다는 해당 지역의 유가에 Activity 효율성이 음(-)의 관계로 영향을 받은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 지중해 지역이 상대적으로 매우 낮은 수준의 선박 연료유 황 함유량 규제를 받았기 때문으로 볼 수 있다. 반면, 북미 지역의 페리 선사들은 ECA 규제의 효과와 유가에 의한 영향이 불분명하였다.

〈표 12〉에는 지역별 BTR 모형 분석 결과가 나타나 있다. 여기서 종속변수는 Profitability 효율성이며, 사용된 독립변수는 표 첫 열과 같다. Wald 검정의 결과 지중해를 제외한 북유럽과 북미 지역이 유의미한 결과를 보였다.

표 11. 지역별 BTR 모형 분석 결과 (종속변수: Activity 효율성)

구분	북유럽	지중해	북미
매출액	4.634***		4.608**
영업비용	-4.524***	-0.699	-4.855**
연료유 황 함유량 기준	-0.317	-1.022*	0.089
지역별 유가	-0.194	-0.667	-0.036
연도	-0.246	-1.540**	0.485*
정부지원금			0.496*
상수	0.297	0.565	0.011
표본 수	40	32	25
Wald Chi-square	43.490***	5.320	38.900***
Log likelihood	-26.324	-46.954	-22.128

***p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10.

Significant estimates (10%, 5%, 1%) are bold-faced.

표 12. 지역별 BTR 모형 분석 결과 (종속변수: Profitability 효율성)

구분	북유럽	지중해	북미
매출액	1.935***	2.155***	7.389***
부채총액	-1.166***	-1.009***	-5.848**
순자산	-1.118***	-0.965***	-1.397***
연료유 황 함유량 기준	-0.371**	-0.082	0.077
지역별 유가	0.154	-0.109*	-0.487
연도	-0.184	0.037	0.700
상수	0.076	-0.131**	1.379*
표본 수	40	32	25
Wald Chi-square	161.710***	189.080***	25.110***
Log likelihood	-14.799	-4.627	0.298

북유럽과 북미 지역의 페리 선사들의 경우 매출액과 영업비용에 있어서 유의미한 결과를 나타내었으며, 매출액이 높아지면 Profitability 효율성이 개선되고 영업비용이 높아지면 Profitability 효율성이 낮아졌다. ECA 효과와 유가에 대하여 북유럽과 북미 지

역 페리 선사들 모두 그 효과가 불분명하였다. 그러나 북미지역 선사들의 경우 정부지원금이 유의미한 변수로 관측되어 정부지원금과 Profitability가 서로 양(+)의 관계를 보였다.

표 13. 지역별 BTR 모형 분석 결과 (종속변수: ROI 효율성)

구분	북유럽	지중해	북미
영업이익	1.146***	0.070	
매출액			0.321
부채총액	-0.193***	1.331*	
순자산	-0.701***		-0.756***
총자산		-1.089*	
연료유 황 함유량 기준	-0.036	0.464	-0.281
지역별 유가	0.091***	-0.012	-0.739***
연도	0.077	0.509	0.042
정부지원금			0.828**
상수	-0.237***	-0.223	0.086
표본 수	40	32	25
Wald Chi-square	1155.510***	3.620	34.810***
Log likelihood	20.950	-35.065	-19.638

〈표 13〉에는 지역별 BTR 모형 분석 결과가 나타나 있다. 여기서 종속변수는 ROI 효율성이며, 사용된 독립변수는 표 첫 열과 같다. Wald 검정의 결과 지중해를 제외한 북유럽과 북미 지역이 유의미한 결과를 보였다.

북유럽 페리 선사들의 경우 ROI 효율성이 영업이익과 부채총액, 순자산에 영향을 받는 것으로 나타났으며, ROI 효율성의 투입 산출의 구성에 따라 영업이익과는 양(+)의 관계를 보였고, 부채총액과 순자산과는 음(-)의 관계를 보였다. 또한 ECA 규제에 강도는 그 효과가 불분명하였으며, 지역별 유가에 ROI 효율성 값이 양(+)의 영향을 받은 것으로 나타났다. 이는 유가 상승에도 불구하고, 전반적인 효율성의 개선이 있었던 것으로 보인다.

북미 지역의 페리 선사들의 경우 순자산이 많을수록 ROI 효율성이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 순자산이 투입 변수로 사용된 효율성 추정 모형의 특성에서 기인하는 결과이다. ECA 규제의 경우 효과가

불분명하였으며, 해당 지역의 유가에 음(-)의 영향을 받은 것으로 분석되었다. 또한 북미 지역 페리 선사들의 특징인 정부지원금이 유의미한 양(+)의 상관관계를 보였고, 이는 ROI 효율성에 정부지원금이 중요한 역할을 하였다고 볼 수 있다.

V. 결론

본 연구는 강화되는 해양 환경 규제 속에서 선사의 유류비 및 투자 비용에 직접적인 영향을 미치는 IMO의 선박 황 함유량 규제인 ECA가 페리 선사의 재무 효율성에 미친 영향을 알아보기 위하여 수행되었다. Network SBM DEA 모형 분석을 통하여 페리 선사의 각 단계별 효율성 값이 변화하는 추세는 지역별로 차이가 있었다. 북유럽 페리 선사들의 경우 같은 지역에서 운항하더라도 ECA 수역에 주요 항로가 얼마나 포함되는지에 따라 Activity 효율성 값에 차이가 있었다. Irish Continental의 경우 Finnlines와

Tallink에 비하여 주요 항로가 ECA 해역을 벗어나 있는 덕분에 2010년 ECA의 시행 이후 상대적으로 Activity 효율성에서 이득을 얻는 모습이 관측되었다. 그러나 그래프 상에서 특별히 ECA 시행 시점을 기준으로 효율성 변화를 관측하기에는 한계가 있었다.

지중해 지역의 경우 2012년 매우 낮은 수준의 함유량 규제대상이었던 관계로 ECA 시행보다는 유가 상승으로 인한 영업비용의 증가와 영업이익 감소로 Profitability 효율성과 ROI 효율성이 낮게 산출되었다.

북미 지역의 경우 샘플로 사용된 두 선사가 주 정부의 지원을 받아 운영하는 공기업이라는 공통점이 있는 반면, 매출액 기준으로 약 8배의 기업 규모 차이점이 존재했다. 그럼에도 두 선사의 Activity 효율성은 전반적으로 비슷한 수준을 보였다. ECA 시행 시점인 2012년 기준으로는 공통적인 추세를 찾기 어려웠다. 다만, Marine Atlantic은 ECA 규제 이후 Profitability와 ROI 효율성이 모두 감소하는 모습을 보여 유가 상승으로 인한 영업비용과 영업이익에서의 타격이 있음을 짐작케 했다.

DEA 모형으로 본 효율성의 추세는 직관적으로 그 변화를 알아내기 수월하다는 장점이 있으나, 통계적 정밀성이 부족한 단점이 존재하였다. 실제로 ECA 규제의 적용 시점에서 효율성 값의 변화가 ECA 규제의 효과인지 아니면 다른 외부 영향이 존재하였는지를 알 수 없었다. 따라서 이러한 사실을 알아내기 위하여 BTR 모형을 활용하여 지역별로 분석을 진행했다.

Activity 효율성의 경우 지중해와 북미 지역의 ECA 규제 강화에 대한 효과는 불분명하였으나, 북유럽 지역의 경우 ECA 규제가 강화될수록 오히려 페리선사의 효율성이 유의미하게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 가장 강력한 규제를 받아 온 북유럽 선사들이 실제로 ECA 시행 전부터 규제에 대해 오랜 기간 준비해 왔고, 적극적인 대응을 통하여 재무성과를 개선했다는 결론을 내릴 수 있다.

Profitability 효율성에 대해서는 세 개 지역 모두

ECA의 유의미한 효과가 관측되지 않았으며, ROI 효율성에서는 북유럽과 북미 지역에서 유의미한 값이 관측되었는데, 북유럽 지역의 페리 선사의 경우 유가와 정의 상관관계가 관측되었으며, 북미 지역 페리 선사의 경우 부의 상관관계가 관측되었다. 북미 지역 페리 선사가 해당 지역의 유가와 부의 상관관계를 보인 것은 유가가 상승하면 영업이익이 줄어드는 자연스러운 관계 때문으로 쉽게 이해가 가능하다. 반면, 북유럽의 경우 유가상승에 불구하고 ROI 효율성이 꾸준히 증가하여 반대의 결과를 보인 것으로 판단한다.

본 연구를 통하여 ECA 규제가 단순히 선사에 악영향만을 끼치는 것은 아니라는 것을 북유럽 지역 선사들의 예를 통하여 알 수 있었다. 또한 북미 지역의 경우 ECA 규제에 의하여 영업비용이 증가하고 영업이익이 감소하더라도 정부의 재정지원을 받는다면 Profitability 효율성과 ROI 효율성이 떨어지지 않을 수도 있음을 알 수 있었다(Giannakopoulou et al., 2016).

본 연구의 몇 가지 한계점은 다음과 같다. 첫째는 재무데이터를 공개하는 페리선사의 수가 매우 제한적이어서 가용한 모든 자료를 모아보았으나 총 8개 선사의 자료만을 얻을 수 있었다. 때문에 표본의 수가 많지 않아 연구 결과를 전세계 페리 시장 또는 더 나아가 연안해운이나 해운시장 전체로 일반화하기에는 한계가 있을 수 있다. 또한 본 연구에서 수집한 표본의 시점이 2004년부터 2017년까지이나 선사별로 수집의 한계가 존재하였고, ECA가 강화되는 2017년 이후의 시점을 모두 포함하지 못한 한계가 존재한다. 이 부분은 향후 데이터의 추가적인 수집을 통하여 연구를 확장해 볼 필요가 있다.

둘째, 지중해 지역의 경우 BTR 모형에 대한 Wald 검정결과가 회귀계수 값을 해석할 수 있을 만큼 좋지 못했다는 점이다. 이는 지중해 지역이 북유럽과 북미 지역과는 다른 특성을 가지고 있기 때문에 본 연구에서 사용한 독립 변수가 충분치 못했을

수 있다. 향후 연구에서는 지중해 지역의 특성에 집중하여 해당 페리선사들의 특성을 반영할 수 있는 새로운 모형의 도입이 필요할 수 있다.

참고문헌

- 왕관·안승범(2021), 중국 일대일로 항만의 효율성 평가, 한국항만경제학회지, 제37집 제1호, 19-30.
- 이수형(2021) 배출규제해역(ECA) 시행이 페리 선사 재무성과에 미치는 영향에 대한 분석: 자료포락분석(DEA)을 중심으로, 인하대학교 박사학위 논문.
- 이브라임·오사마·김현덕(2021), 지중해 컨테이항만의 효율성 분석에 관한 연구, 한국항만경제학회지, 제37집 제2호, 91-105.
- 조정정·윤경준·이향숙(2019), 선박에 기인한 대기오염물질 배출량 산정연구, 한국항만경제학회지, 제35집 제2호, 93-108.
- Bang, H. S Kang, H. W., Martin, J., & Woo, S. H. (2012). The impact of operational and strategic management on liner shipping efficiency: a two-stage DEA approach. *Maritime Policy & Management*, 39(7), 653-672.
- Chang, Y. T., Lee, S., & Park, H. K. (2017). Efficiency analysis of major cruise lines. *Tourism Management*, 58, 78-88.
- Chang, Y. T., Park, H. K., Lee, S., & Kim, E. (2018). Have emission control areas (ECAs) harmed port efficiency in Europe?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 58, 39-53.
- Chang, Y. T., Roh, Y., & Park, H. (2014). Assessing noxious gases of vessel operations in a potential Emission Control Area. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 28, 91-97.
- Chao, S. L., Yu, M. M., & Hsieh, W. F. (2018). Evaluating the efficiency of major container shipping companies: A framework of dynamic network DEA with shared inputs. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 117, 44-57.
- Cullinane, K. & Burgqvist, R. (2014). Emission control areas and their impact on maritime transport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 28, 1-5.
- Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S., & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of operational research*, 132(2), 245-259.
- Eskeland, G. S., & Harrison, A. E. (2003). Moving to greener pastures? Multinationals and the pollution haven hypothesis. *Journal of development economics*, 70(1), 1-23.
- Giannakopoulou, E. N., Thalassinos, E. I., & Stamatopoulos, T. V. (2016). Corporate governance in shipping: An overview. *Maritime Policy & Management*, 43(1), 19-38.
- Gillen, D., & Lall, A. (1997). Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(4), 261-273.
- Kotowska, I. (2015). The Influence of Sulphur Directive on the Ferry Market. *Świnoujście-Ystad/Trelleborg Ferry Lines-a Case Study*. *Ekonomiczne Problemy Usług*, (119), 11-20.
- Lee, P. T. W., Lin, C. W., & Shin, S. H. (2012). A comparative study on financial positions of shipping companies in Taiwan and Korea using entropy and grey relation analysis. *Expert systems with applications*, 39(5), 5649-5657.
- Lian, F., He, Y., & Yang, Z. (2020). Competitiveness of the China-Europe Railway Express and liner shipping under the enforced sulfur emission control convention. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 135, 101861.
- Lun, V. Y., & Marlow, P. (2011). The impact of capacity on firm performance: a study of the liner shipping industry. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*, 3(1), 57-71.
- Luo, Y., Bi, G., & Liang, L. (2012). Input/output indicator selection for DEA efficiency evaluation: An empirical study of Chinese commercial banks. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 1118-1123.
- Merkert, R., & Morrell, P. S. (2012). Mergers and acquisitions in aviation-Management and economic perspectives on the size of airlines. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(4), 853-862.
- Notteboom, T. (2011). The impact of low sulphur fuel requirements in shipping on the competitive-

- ness of ro-ro shipping in Northern Europe. *WMU Journal of Maritime Affairs*, 10(1), 63-95.
- Notteboom, T. E., & Vernimmen, B. (2009). The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping. *Journal of transport geography*, 17(5), 325-337.
- Ouenniche, J., & Carrales, S. (2018). Assessing efficiency profiles of UK commercial banks: a DEA analysis with regression-based feedback. *Annals of Operations Research*, 266(1), 551-587.
- Panayides, P. M., Lambertides, N., & Savva, C. S. (2011). The relative efficiency of shipping companies. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(5), 681-694.
- Pastor, J. T., & Ruiz, J. L. (2007). Variables with negative values in DEA. In *Modeling data irregularities and structural complexities in data envelopment analysis* (pp. 63-84). Springer, Boston, MA.
- Qin, Z., Yin, J., & Cao, Z. (2017). Evaluation of effects of ship emissions control areas: Case study of Shanghai Port in China. *Transportation Research Record*, 2611(1), 50-55.
- Reilly, F. K., & Brown, K. C. (2011). *Investment Analysis and Portfolio Management* (Text Only). Cengage Learning.
- Saxe, H., & Larsen, T. (2004). Air pollution from ships in three Danish ports. *Atmospheric environment*, 38(24), 4057-4067.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, 136(1), 31-64.
- Soteriou, A., & Zenios, S. A. (1999). Operations, quality, and profitability in the provision of banking services. *Management Science*, 45(9), 1221-1238.
- Tone, K., & Tsutsui, M. (2009). Network DEA: A slacks-based measure approach. *European Journal of Operational Research*, 197(1), 243-252.
- Witzel, M. (2002). A short history of efficiency. *Business Strategy Review*, 13(4), 38-47.
- Zhang, Q., Zheng, Z., Wan, Z., & Zheng, S. (2020). Does emission control area policy reduce sulfur dioxides concentration in Shanghai?. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 81, 102289.
- Zhen, L., Hu, Z., Yan, R., Zhuge, D., & Wang, S. (2020). Route and speed optimization for liner ships under emission control policies. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 110, 330-345.

배출규제해역(ECA) 시행이 페리 선사의 재무성과에 미치는 영향: Network SBM DEA 및 BTR 모형 분석

이수형 · 임현우

국문요약

본 연구의 목적은 국제해사기구(IMO)의 배출규제해역(ECA) 시행에 따른 환경규제가 페리 선사들의 재무지표로 구성된 효율성에 어떠한 영향을 미쳤는지 실증적으로 분석하는데 있다. 이에 따라 본 연구에서는 2004년부터 2017년 까지 북유럽, 지중해, 북미 지역의 8개 페리선사의 재무데이터를 수집하여, ECA가 페리선사의 재무성과에 미친 영향을 효율성의 관점에서 지역별로 추정하였다. 방법론적 측면에서 본 연구의 학술적 기여는 다음과 같다. DEA의 자의적인 변수 선정 문제를 완화하기 위하여 Dyson et al.(2001)이 제시한 변수 선정 기준을 적용했으며, Network SBM DEA 모형을 통하여 기업의 규모를 고려하는 동시에 기업의 수익 창출 과정을 단계별로 구분하여 재무성과를 보다 세밀하게 측정하였다. 또한 BTR 모형을 적용하여 편의(Bias)를 최소화한 결과를 도출하였다. 연구 결과 가장 강한 규제를 받았던 북유럽 선사의 경우 오히려 효율성의 꾸준한 증가가 관측되었다. 북미지역 선사들의 경우 정부지원금이 효율성에 큰 영향을 미친 것으로 드러났으며, 상대적으로 ECA와 유가에 의한 영향은 적었던 것으로 관측되었다. 반면 지중해 지역의 경우 가장 낮은 수준의 규제를 받았음에도 불구하고, 규제 이후로 효율성 값이 낮아지는 모습이 관측되었다. 본 연구는 향후 ECA가 확대될 예정인 아시아의 페리선사와 정책당국에 의사결정의 참고자료로서 기능할 수 있을 것으로 생각된다.

주제어: 페리 선사, 환경규제, 배출규제해역, Bootstrap Truncated Regression(BTR), 자료포락분석법(DEA)