

## 북태평양 조업선박의 운영 효율성 및 생산성 분석

조우연\* · 조건식\*\* · 여기태\*\*\*

### An Analysis of Operational Efficiency and Productivity for deep-sea fishing vessels in the North Pacific Ocean

Wooyoun Cho · Geonsik Jo · Gitae Yeo

**Abstract** : With the global warming phenomenon, the deep sea water area that fishing vessels can enter and operate is ever widening. For example, the Arctic Ocean recently has overall competitive advantages due to having many deep-sea fish stocks. The North Pacific region is a strategic coastal district, the closest access point of Arctic Ocean. For Korean fishing vessels which now operate in North Pacific region, and want to entry the Arctic Ocean, the analysis of technical efficiency is needed for preparing the better industry's future. This paper aims to analyze the relative efficiency, and select the low effective deep-sea fishing vessels in the North Pacific, and to suggest their desirables strategies. As a research methodology, Data Envelopment Analysis (DEA) and Malmquist Index are applied to 16 fishing vessels for the periods(2009 to 2013). To draw out the efficiency of targeted deep-sea fishing vessels, gross tons, horsepowers, and operating days are used as input variables while total catch stands for an output variable. As a result, CCR efficiency, BCC efficiency and scalability efficiency are measured to be 0.8405, 0.9484 and 0.8858 respectively for 5 years (2009 to 2013). In conclusion, 38% of total tons, 36% of horsepowers and 29% of operating days each fishing vessel should be reduced to keep their competitive powers.

**Key Words** : North Pacific Ocean, Operational Efficiency, deep-sea fishing vessels, Data Envelopment Analysis (DEA), Malmquist Index

---

▷ 논문접수 : 2014. 04. 30.    ▷ 심사완료 : 2014. 06. 13.    ▷ 게재확정 : 2014. 06. 17.

\* 인천대학교 동북아물류대학원 석사과정, elvis84@hanmail.net, 010)4443-5190, 대표집필

\*\* 인천대학교 동북아물류대학원 석사과정, keondegy@naver.com, 010)9700-8759, 공동저자

\*\*\* 인천대학교 동북아물류대학원 교수, ktyeo@incheon.ac.kr, 032)835-8196, 교신저자

## I. 서론

최근 기후변화, 개도국 중심의 지속적인 수산물 수요증가 및 중국의 수산물 수요상승에도 불구하고 국제조업기구 제재로 인하여 전 세계 어획생산량은 정체현상을 빚고 있다. 이에 따라 수산물 공급부족에 의해 발생하는 소위 ‘피시플레이션(fishflation)’이 전망되고 있다(인디펜던트, 2007.05.19). 실제로 전 세계 연근해어업 생산량은 1980년대 이후 약 20%가 감소하고 있어, 이와 같은 추세라면 2015년에는 1,000만 톤의 수산물 부족현상이 예측되는 상황이다. 이에 세계 주요 국가들은 신 어장개발에 대한 관심을 기울이고 있다. 그 중에서도 빙하가 녹으면서 쇄빙선의 도움 없이도 일반 어선들의 조업이 가능한 북극해에 대한 관심이 높아지고 있는 상황이다.

현재 북극해는 해수온도가 상승되면서 북해와 노르웨이해-바렌츠해-베링해의 어족자원이 북상하고 있고, 실제로 최근 아이슬란드 연안 해역에서도 고등어와 대구, 열빙어 등이 어획되고 있다. 특히 명태, 대구, 가자미, 청어, 대게, 도둑홍가자미, 그린란드 상어 등의 새로운 어장이 형성될 가능성이 높아지고 있다. 아직까지는 북극해 중부의 상업적 어로활동을 관리 할 수 있는 국제협약이 없기 때문에 어느 나라든 어획을 시작할 수 있는 상황이다. 이와 반면에 남빙양 수역의 경우 수십 년 전부터 어장개발이 되었으며, 우리나라 조업선도 매년 남빙양수역에 입역하여 고부가가치 어종인 비막치어(파타고니아 이빨고기)를 어획을 하고 있는 중이다.

일반적으로 국제해사기구(IMO)의 북극해 운항선박지침에 따르면, 북극해 범위를 그린란드 북위 67도 03'9 이상, 베링해 북위 60도 이상 북극권에 위치한 바다로 규정하고 있다. 우리나라의 경우 북극해 진출에 관한 어장연구 및 실제조업 경험이 없는 상태이므로 북극해수역 대한 연구가 어려운 실정이다. 하지만 북태평양 어획쿼터 협약의 풍부한 경험이 있으며, 북극해와 유사한 서베링 수역에서 수십 년 전부터 활동하고 있다. 즉 우리어선은 매년 5월부터 12월까지 북위 61도 부근에서 조업하고 있으며, 9노트로 항해 할 경우 1.5일이면 북극해 어장까지 도착 가능하다. 이러한 측면에서 북태평양 명태 트롤 조업선들의 운항경험 및 선박운항 데이터를 참고하여 향후 북극해 어장진출에 활용 할 수 있다. 현재 원양업계는 외부적으로 연안국들의 자원자국화 정책 및 쿼터료 인상, 각종 규제기구의 조업규제 강화, 환율하락, 국제유가 상승 및 어가하락, 내부적으로는 3D기피로 인한 선원수배 어려움, 제반어로원가 상승 등으로 인하여 한국 원양 업계는 최악의 경영난과 운영적 어려움에 직면해 있다. 이로 인해 현재의 상황을 고려한 합리적 운영방안에 대한 요구가 커지고 있는 상황이다. 본 연구에서는 현재 북태평양에서 조업하는 명태 트롤어법 조업선을 중심으로 효율성 및 생산성을 분석하였다. 이를 통해 북태평양수역 조업의 운영 효율성을 극대화 할 수 있는 조업일수 설정 및 선박의 크기, 속도 감축 등 적절한 운영방향을 찾고자 한다. 분석을 위해 효율성 및 생산성 분석기법으로 널리 활용되는 DEA 모형과 Malmquist지수 모형을 활용하였으며, 효율성 분석을 위한 투입변수로는

선박톤수, 선박마력수, 조업일수를, 산출변수로는 연간어획량을 선정하였다.

본 연구는 총 5장으로 구성하였다. 1장 서론에 이어 2장에서는 북태평양에서 운영하는 우리나라 조업선박의 현황을 소개하고, 3장에서는 북태평양 수역관련 운영 효율성 및 생산성 분석에 관한 선행연구를 살펴본다. 또한 4장에서 연구설계 및 실증분석을 통해 현재 운영상황의 정량적 분석 및 개선방안을 도출한 후, 5장 결론에서 연구 결과를 정리한다.

## II. 현 황

북태평양 수역은 우리나라 동해수역과 인접해 있는 주요 어장이며, 이동거리가 짧고 어로비용이 적기 때문에 조업관리가 용이하다는 특징이 있다. 북태평양 수역은 명태, 대구, 가자미, 청어, 꽁치, 오징어 등 국민 대중성 어종을 풍부하게 보유하고 있어, 자원 확보 측면에서 매우 중요한 어장으로 평가받고 있다. 특히 국내에 유통되는 명태의 90%이상이 북태평양 수역에서 어획되는 등 국가식량 확보차원에서도 중요한 수역으로 관리되고 있다.

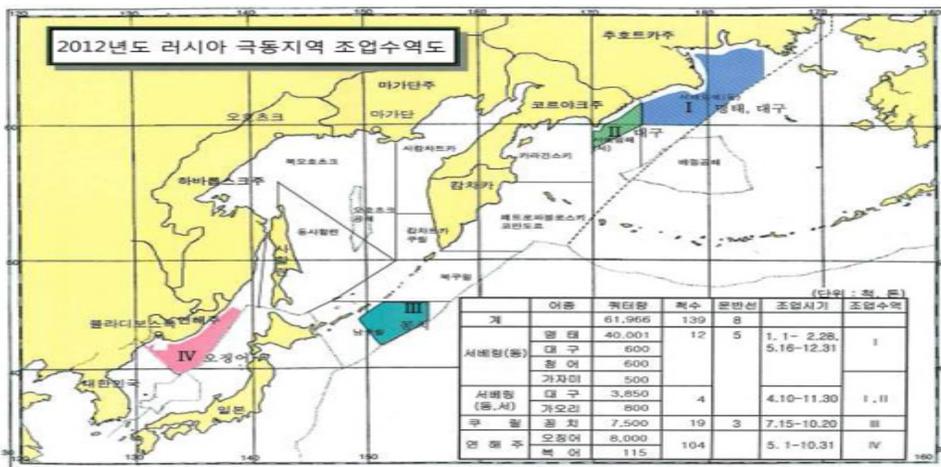
〈표 1〉 북태평양 수역 국적선 / 합작선 명태 어획현황

(단위 : 톤)

어종	구 분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
명태	국적선	38,996	46,798	48,796	39,025	24,420
	합작선	134,110	175,636	196,048	199,803	179,079
계		173,106	222,434	244,844	238,828	203,499

자료 : 한국원양산업협회 내부자료

〈그림 1〉 러시아 극동지역 조업수역도



자료 : 해양수산부, 제 21차 한-러 어업위원회 합의의사록 2011.12 pp. 18-20

북태평양 주요어장으로는 크게 오호츠크해, 서베링해가 있으며, 보통 오호츠크해는 1월~4월 까지, 서베링해는 5월~12월까지 입역이 가능하다. 선박형태에 따라 주 어획 어종은 다르나 트롤어선이 주로 대부분이며, 주 어종은 명태, 대구, 가자미 등을 어획하고 있다. 조업하는 우리나라 선박은 운영방식에 따라 국적선과 합작선으로 나눌 수 있으며, 2013년 기준 총 153척의 선박(트롤어선 6척, 대구저연승 2척, 콩치붕수 15척, 오징어 채낚이 108척, 합작트롤어선 22척)이 북태평양 수역에서 조업 중이다.

국적선의 경우 매년 한·러 어업협상을 개최하여 쿼터료를 지불하고 조업할 수 있는 어획권(쿼터량)을 할당받아 조업을 하게 되며, 합작선의 경우 러시아 현지회사와 생산과 판매에 대하여 사전 쿼터협상과 투자를 통해 운영되고 있다. 합작선 형태의 경우 러시아 현지법인의 실질적인 역할은 합작사업의 생산과 판매에 대하여 사전 쿼터협상과 배분 이후 사후적인 관리로 제한되어 있는 상황이다. 이에 한국회사들은 선박, 선원, 각종 운항비용을 지불하고, 러시아는 쿼터만을 제공하는 형태로 운영되며 어획물 판매는 전량 한국에 수출하고 있는 상황이다.

〈표 2〉 국적선 배정량 및 어획량

(단위 : 톤)

어종명	2011년		2012년		2013년	
	배정량	소진량	배정량	소진량	배정량	소진량
명태	40,001	38,796	40,001	39,025	40,000	24,420
대구	4,450	4,280	4,450	4,008	4,450	2,302
청어	600	197	600	122	600	58
가오리	800	419	800	620	800	191
가자미	500	0	500	0	0	0
콩치	7,500	4,007	7,500	6,099	7,500	2,014
오징어	10,000	5,200	8,000	5,681	8,000	0
복어	115	10	115	10	115	0
합계	63,966	52,909	61,966	55,565	61,465	28,985

자료 : 2013년 원양산업 통계연보 (한국원양산업협회)

〈표 3〉 합작선 수입현황

(단위 : 톤)

구분	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년
합작선	134,110 (11개사 17척)	175,636 (13개사 17척)	196,048 (14개사 20척)	199,803 (14개사 22척)	203,499 (14개사 22척)

자료 : 2013년 원양산업 통계연보 (한국원양산업협회)

### Ⅲ. 선행연구 고찰

북태평양 수역 및 수산업에 관해서는 다양한 관점에서 연구가 이루어지고 있는데, 본 연구에서는 이러한 선행연구를 북태평양 수역에 관한 연구와 운영 효율성 및 생산성 분석에 관한 연구로 구분하여 살펴보고자 한다.

#### 1. 북태평양 수역에 관한 연구

김수암(1995)은 지구 온난화 현상에 의하여 북태평양수역 환경이 변화되는 방향을 해양생태계의 변동방향과 결부시켜 분석하여 수산자원 재구축을 주장하였고, 이흥동 외(1996)는 북태평양 연안국의 수산정책에 따른 우리나라 명태 수급의 영향을 분석하고, 명태 수급을 위하여 연안국과의 합작사업의 당위성, 연안국들과의 어업협력 강화, 국제기구에 적극참여 및 전문가 양성 등의 대안을 제시하였다. 조현수 외(2004)는 북태평양에서 조업하는 콩치붕수망 국적선의 어획량과 시기별 수온 등을 검토하여 어탐장비인 소나 사용에 따른 어획효과에 긍정적인 영향을 주고 있다는 사실을 증명하였다.

김영승 외(2005)는 북태평양 중부 공해 해상어장에 대한 트롤어장 개발조사에 대한 결과 분석 및 조업선이 조업하는데 필요한 어장과 어획물의 실태에 대한 정보를 제공하였으며, 문성주 외(2009)는 BEP분석 및 민감도분석으로 북태평양 중부공해 다랑어 연승어장을 중심으로 향후에 발생할 수 있는 시나리오를 설정하여 해외어장의 손익분기점의 변화에 대한 분석과 해외어장 진출 시 합리적인 의사결정을 결정하는 요인들을 조사하였다.

이상의 선행연구를 살펴본 결과, 북태평양수역의 환경변화 분석이나 어종의 현황에 관한 연구가 주를 이루고 있는 반면, 조업선박의 운영현황에 대한 정량적인 분석이나 개선방안에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

#### 2. 운영 효율성 및 생산성 분석에 관한 연구

수산업 분야에서 DEA와 Malmquist를 이용한 연구들을 <표 4>와 같이 정리하여 보면, 투입변수로는 종사자수, 선박 마력수, 조업일수, 유류사용량과 같은 지표가 사용되고 있으며, 산출변수로는 어획량, 매출액과 같이 수익성과 관련된 지표가 사용되고 있다. 대표적으로 표희동 외(2010)는 MPI지수를 이용하여 2006년부터 2008년까지 매출액 규모별로 나눈 9개의 DMU를 대상으로 수산물 도매업의 생산성을 분석하였다. 그 결과 100~500백만원 규모가 가장 효율적으로 분석된 반면, 20~50만원, 500~1,000백만원 규모는 대체로 기술수준의 퇴보가 문제점으로 분석되어 생산성을 증대시킬 수 있는 기술혁신 정책의 필요성을 강조하였다. 이선영 외

(2008)의 연구에 따르면 부산지역 수산물 도매업체 1,067개 업체를 정보화 구축정도에 따라 4개의 그룹으로 구분하여 상대적 효율성을 분석한 결과, 정보화 시스템이 구축된 업체 그룹이 타 그룹에 비해 효율성이 높게 나타났으며, 순수 기술적 비효율성으로 인해 전체 효율성이 하락한 것으로 분석되었다. 서주남 외(2012)는 DEA와 Window/DEA모형을 이용하여 대형선망업을 운영하는 22개 선단을 대상으로 4년간의 생산효율성을 분석하였고, 규모의 확대를 통해 효율성을 증대시켜야 함을 주장하였다. 이동우 외(2008)는 쌍끌이 대형기선 저인망어선의 상대적 효율성을 분석한 결과 선박의 마력수와 톤수가 증가 할수록 효율성 및 어획능력이 하락하는 것으로 나타났다. 김도훈 외(2007)는 낙지통발어업의 어선별 효율성을 분석하였고, 어획능력이 전체적으로 10~15% 초과된 분석결과를 제시하며 초과 어획능력 감축을 위한 정책적 노력의 필요성을 강조하였다.

〈표 4〉 수산업 분야에서 DEA와 Malmquist를 적용한 기존연구

연구자	연구모형	투입변수	산출변수	평가대상
표희동 외 (2010)	Malmquist 지수	종사자수 사업경비	영업이익 매출액	매출액 규모별 9개 수산물 도매업체
이선영 외 (2008)	DEA 모형 Tobit 모형	종사자수 사업경비 사업체건물면적	영업잉여 매출액	부산지역 1,067개 수산물 도매업체
서주남 외 (2012)	DEA 모형 Window/DEA	선단별 톤수 마력수 선령 유류사용량 자원량	연간 생산량	대형선망수협 소속 22개 선단
이동우 외 (2008)	DEA 모형	총어획톤수 총어획마력 조업일수	어획량	한국 근해 쌍끌이 기선저인망 업체
김도훈 외 (2007)	DEA 모형	선박 마력수 선박 톤수 조업일수 어구 사용량	어획량	낙지통발업체 10개 선박
김도훈 (2006)	DEA 모형	선박 척수 선박 톤수 선박 마력수 조업일수	어획량	국내 근해어업 중 대형선망업체 선박
Paascoe et al. (2004)	DEA 모형	선박 생산력 선박 마력수 월별 항해일수	어획량	스페인 conil항의 낙지어업 선박 70척

DEA모형과 Malmquist 지수 모형이 소개된 후 은행, 대학, 병원, 약국, 정부, 철도, 공항, 항만 등과 같은 다양한 조직에서 활용되고 있다. 수산업 분야에서도 Paascoe et al.(2004), 김도훈(2006), 이동우 외(2008) 등의 논문에서 DEA를 활용하여 수산업분야의 운영 효율성을 분석하고 있으며, 세계 식량농업기구 전문가 회의에서도 어획능력 효율성을 측정하는 방법으로 본 연구 모형을 추천하고 있다. (FAO, 2000) 이러한 측면에서 본 연구는 DEA 모형과 Malmquist 지수를 적용하여, 북태평양 조업선박의 운영 효율성을 정량적으로 분석하고 향후 운영방안에 대한 시사점을 도출하는 데 그 목적이 있다.

## IV. 실증분석

### 1. 연구설계

#### 1) DEA, Malmquist 지수 모형 개요

본 연구에서는 북태평양 수역 운영선박의 효율성 분석을 위해 DEA 모형을 이용하여 특정시점의 정태적 효율성을 분석하고, Malmquist 지수(Malmquist Index: MPI) 모형을 통해 기간 변화에 따른 생산성을 분석하고자 한다.

DEA모형은 선형계획법(LP)에 기반을 두고 다수의 투입요소와 산출물을 가진 의사결정단위들(Decision Making units: DMUs) 간의 상대적 효율성 프론티어를 비교하여 평가대상의 효율값을 측정하는 비모수적 기법이다. (황경연 외, 2012; Sherman et al., 1985)

이 모형은 불변규모수익(Constant Return to Scale: CRS) 조건을 가정하고, 다수의 투입물과 산출물 간의 가중된 크기를 비교 한 후 타 DMU들의 상대적 효율성을 측정하는 DEA-CCR 모형과 최적의 규모에서 생산할 수 없는 경우를 고려한 가변규모수익(Variable Return to Scale: VRS) 조건의 DEA-BCC모형이 있다. Cooper(2000)에 의하면 규모효율성(Scale Efficiency: SE)은 CCR효율성/BCC효율성을 나타낼 수 있으며 그 값은 1보다 작거나 같다. 이 값을 통해 비효율성의 원인이 규모에 따른 불리한 상황 가운데 나타나는 것인지, 비효율적인 운영에 관한 것인지 또는 둘 다에 의한 것인지를 분석할 수 있다. (서동균, 2011; 서주남 외, 2012) 본 연구에서는 투입기준 DEA-CCR, BCC모형을 모두 활용하여 상대적 효율성을 측정하였다.

Malmquist 지수 모형은 시간의 흐름에 따라 개별 선박의 생산성이 어떻게 변화하는지 또는 시간의 흐름에 따라 개별기업간의 동적 효율성 변화에 어떤 차이가 있는지를 분석할 수 있는 방법이다. 이 모형은 단일기간의 상대적인 효율성을 측정하는 DEA 모형을 보완하기 위해 자주 이용되며, 결과를 통해 각 선박 생산성 변화의 원인이 기업수준의 효율성변화와 기술진보에

의한 기술변화로 구분하여 분석할 수 있다. Malmquist지수는 투입지향(Input-oriented)과 산출지향(Output-oriented) 모형 하에 규모수익불변(CRS)과 규모수익가변(VRS) 가정으로 측정 가능하다. (표희동 외, 2010; 장동현, 2011; 조건식 외, 2013)

$$M^t = \frac{D_1^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_1^t(x^t, y^t)}, \tag{1}$$

$$M^{t+1} = \frac{D_1^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_1^{t+1}(x^t, y^t)}$$

식(1)에서  $(x^t, y^t)$ 과  $(x^{t+1}, y^{t+1})$ 은 t기와 t+1기의 투입요소와 산출물의 조합을 나타내며,  $D_1^t(x^t, y^t)$ 과  $D_1^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 은 각각 t기와 t+1기의 투입기준 기술적 효율성을 의미한다.

Fare et al.(1994)에 따르면 식(1)의 Malmquist 지수를 기하평균하여 두 기간의 생산성 변화를 측정하기 위한 Malmquist 지수 식을 식(2)와 같이 정의하였다. 이 식은 t기와 t+1기 사이의 생산성 변화를 측정하는 것으로서 불변규모수익 가정 하에 투입 지향 거리함수로 계산하여 t기 기준의 기술적 효율성 변화와 t+1기의 기술적 효율성 변화를 측정한다. 측정값이 1보다 크면 생산성이 증가하였다고 측정하고, 그 값이 1보다 작으면 생산성이 감소한 것을 나타내고, 1인 경우 생산성의 변화가 없음을 의미한다.

$$M_c(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[ \frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_c^{t+1}(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{2}$$

또한 Fare et al.(1994)는 Malmquist 지수를 기술적 효율성 변화지수(Technical Efficiency Change Index: TECI)와 기술변화지수(Technical Change Index: TCI)로 구분하여 식(3)과 같이 표현하였다.

$$M_c(x^{t+1}, y^{t+1}, x^t, y^t) = \left[ \frac{D_c^t(x^t, y^t)}{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right] \times \left[ \frac{D_c^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_c^t(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_c^{t+1}(x^t, y^t)}{D_c^t(x^t, y^t)} \right]^{\frac{1}{2}} \tag{3}$$

식(3)의 첫 번째 항인 기술변화지수(TCI)는 전반적인 산업의 기술진보에 의한 기술변화가 생산성 변화에 기여한 정도를 의미하며, 두 번째 항인 기술적 효율성 변화지수(TECI)는 개별 평가대상의 기술적 효율성 변화정도를 측정한다.

본 연구에서는 Frontier Analyst 소프트웨어를 활용하였으며 규모수익불변(CRS)가정 하에

Malmquist지수를 분석하였다.

2) 변수 및 DMU선정

DEA와 Malmquist지수 분석을 이용한 조업선박의 운영효율성을 평가하기 위해 DEA를 적용한 수산업 분야의 기존 선행연구(Pascoe et al., 2004; 김도훈 외, 2007; 이동우 외, 2008; 서주남 외, 2012)를 바탕으로 투입, 산출변수를 도출하였다. 구체적으로 북태평양 수역 조업활동과 직접적인 관련이 있는 생산요소인 톤수, 마력수, 조업일수로 설정하여 이에 대한 선박별 자료를 활용하였다.

〈표 5〉 변수의 선정

구분	변수	단위
투입변수	선박톤수	톤 (G/T)
	선박마력수	마력(HP)
	조업일수	일(days)
산출변수	연간어획량	톤

〈표 6〉 효율성 분석을 위한 기초자료 (2013년 기준)

구분	DMU	선박톤수 (G/T)	선박마력수 (HP)	조업일수 (Days)	연간어획량 (톤)
국적선	DMU 1	1,555	3,300	136	4,081
	DMU 2	393	4,500	132	3,280
	DMU 3	2,866	4,800	146	3,948
	DMU 4	5,549	5,700	186	6,660
합작선	DMU 5	2,146	3,600	154	12,376
	DMU 6	5,377	5,800	199	13,938
	DMU 7	3,206	2,951	161	12,333
	DMU 8	3,222	6,000	171	11,053
	DMU 9	4,055	4,500	146	10,234
	DMU 10	4,443	7,000	180	12,544
	DMU 11	3,030	3,082	189	13,289
	DMU 12	3,090	4,400	168	11,778
	DMU 13	2,208	3,200	132	9,058
	DMU 14	1,337	2,700	157	7,554
	DMU 15	3,514	4,400	135	9,461
	DMU 16	740	2,700	163	11,459

연구의 대상으로는 2009년부터 2013년까지 북태평양 수역에서 운항한 총 16척(국적선 4척,

합작선 12척)의 선박을 DMU를 선정하였다. Banker et al.(1984)의 연구에서는 평가대상인 DMU의 수가 투입변수와 산출변수 수의 합보다 3배 이상 커야 타당성이 있다고 주장하고 있으며, Boussofiane et al.(1991)은 투입변수와 산출변수의 곱보다 2배 이상 커야 변별력이 있다고 지적하고 있다. 본 연구에서는 Banker et al.(1984)의 보수적인 기준 수를 적용하여 총 16개의 DMU를 확보하였다.

〈표 6〉과 같이 본 연구의 분석에 필요한 데이터는 북태평양 수역 조업선박 운영기업의 내부 자료를 이용하였으며, 선박의 운영 효율성 분석에는 Frontier Analyst를 활용하였다. 투입 및 산출변수의 기술통계량은 〈표 7〉에서 정리한 바와 같으며 본 연구에서 이상값(outlier)은 존재하지 않는다.

〈표 7〉 투입 산출변수의 기술 통계량 요약

구분	투입변수			산출변수
	선박톤수	선박마력수	조업일수	연간어획량
관측치수	16	16	16	16
최대값	5,549	7,000	199	13,938
최소값	393	2,700	132	3,280
평균	2,921	4,290	160	9,565
표준편차	1,499.78	1,313.05	21.35	3,487.57

일반적으로 DEA 모형에서 변수 간의 상관관계가 높을수록 변수의 의미가 유사한 것으로 해석되어 효율성 결과의 신뢰성이 떨어진다. 본 연구의 투입과 산출변수들의 상관관계를 분석한 결과, 가장 높은 상관계수는 선박톤수와 선박마력수의 상관계수인 0.6755와, 선박톤수와 조업일수의 상관계수인 0.6228으로 분석되었다. 이는 류동근(2005) 0.987, Wu et al.(2010) 0.906, 방희석 외(2011) 0.993의 수준을 감안할 때 적정한 수준인 것으로 판단된다.

〈표 8〉 투입 산출변수의 상관관계 분석 (2013년 자료)

	선박톤수	선박마력수	조업일수	연간어획량
선박톤수	1	0.6755	0.6228	0.3987
선박마력수	0.6755	1	0.4109	0.0777
조업일수	0.6228	0.4109	1	0.6159
연간어획량	0.3987	0.0777	0.6159	1

## 2. 정태적 운영 효율성 분석

투입기준 DEA-CCR, BCC 모형에 의해 분석된 각 선박의 효율성 측정결과는 <표 8>, <표 9>와 같다. 투입기준모형은 산출 요소가 고정된 상태에서, 투입변수의 사용량의 비례감소 형태로 효율성을 계산하여 투입변수의 효율성을 측정한다. 또한 효율성의 값이 1이면 투입요소의 낭비가 발생되지 않고, 다른 선박과 비교할 때 효율적으로 운영되고 있는 선박을 의미하며, 1보다 작은 효율성일 경우 투입요소의 낭비가 발생하여 다른 선박보다 상대적으로 운영 효율성이 낮다고 해석할 수 있다.

측정결과에 의하면, 지난 5년간(2009년~2013년) 평균 효율성은 CCR효율성(기술효율성) 0.8405, BCC효율성(순수기술효율성) 0.9484, 규모효율성 0.8858로 나타났다. 2013년 평균 CCR효율성은 77.43%로 22.57% 정도 효율성 개선의 여지가 있음을 보여주고 있다. 이러한 결과를 선박별로 살펴보면, DMU16은 2009년부터 2013년까지 효율치의 값이 1을 나타내고 있어 다른 선박과 비교해 보았을 때 운영효율성이 높은 것으로 분석된다. 즉 DMU 16은 현재 효율적인 운영을 하고 있으며 적절한 규모의 선박을 이용하고 있다고 할 수 있다. 기존의 북태평양수역은 유빙과 기상 등의 이유로 선박안전성에 위험이 되는 일이 발생하여 선박톤수와 선박마력수를 타 수역의 조업지보다 증가된 선박으로 투입하여 어장에서의 장기 체류 가능일수를 확보하는 것이 관건이었으나, 현재 북태평양수역은 기후 온난화 등의 영향으로 유빙의 영향이 비교적 감소하였다. 이에 선박의 감항성 개선으로 운영의 폭이 증가하였으며, 상업쿼터제의 도입으로 할당된 쿼터량만의 조업만이 가능하므로 비효율적인 중대형 조업선 보다 DMU 16과 같이 일정 규모이하의 조업선도 충분히 효율적인 운영이 가능한 것으로 판단된다.

또한 DMU1, DMU2, DMU4 등 국적선의 효율성이 합작선의 효율성 보다 비교적 낮게 측정되었다. 이는 합작선의 경우 현지 러시아 회사와 직접적인 사전 쿼터협상으로 어획권을 구득하는데 반해, 국적선의 경우, 매년 한·러 어업협상을 바탕으로 한 정부의 배정을 바탕으로 어획권을 획득하는 운영방식의 차이로 인해 조업가능 어획량이 상대적으로 낮기 때문으로 분석된다. 또한 러시아수역의 잦은 조직개편으로 인하여 국적선에 대한 경비정 및 군함에 의한 감시 강화는 최근 어획량의 대폭 하락을 야기하였고, 한국원양산업협회에 따르면 2013년의 경우 배정량 대비 61%의 쿼터만을 소진한 것으로 나타났다. 뿐만 아니라 잦은 태풍 등 기상악화로 인한 어선의 피항이 잦아져, 실 조업일수 감소로 인하여 효율성 하락이 더욱 커진 것으로 판단된다.

정태적 효율성 분석결과를 요약하고 있는 <표 10>을 보면, 5년간 CCR효율성 측면에서 11개~12개 선박, BCC효율성 측면에서 7개~9개 선박들이 비효율적으로 운영하고 있는 것으로 나타났다. 또한 2013년 규모수익성(RTS)이 IRS로 나온 선박은 10개, CRS로 나온 선박은 4개, DRS로 나온 선박은 2개로 나타났다. 지난 5년간 IRS로 나온 선박이 8개~10개로 규모에 대한 수익체증 선박의 비중이 높은 것으로 판단되며, 현재 운영 규모가 비교적 작기 때문에 적정한

수준의 규모를 달성하는 것이 북태평양 수역 운영 선박의 경제성을 높이는 방법으로 판단된다.

〈표 9〉 2009~2011년 정태적 효율성 분석 결과

DMU	2009년			2010년			2011년		
	CCR	BCC	SE	CCR	BCC	SE	CCR	BCC	SE
DMU 1	0.5817	1.0000	0.5817	0.5502	1.0000	0.5502	0.5424	1.0000	0.5424
DMU 2	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 3	0.6560	0.7623	0.8606	0.7200	0.9777	0.7365	0.5703	0.8057	0.7078
DMU 4	0.7153	0.7622	0.9384	0.6335	0.7387	0.8576	0.6293	0.7974	0.7892
DMU 5	0.7360	0.7581	0.9709	0.7950	0.7970	0.9976	0.9577	0.9996	0.9581
DMU 6	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9289	0.9485	0.9793
DMU 8	0.9481	0.9765	0.9709	0.9148	0.9350	0.9783	0.8582	0.9142	0.9388
DMU 9	0.9296	1.0000	0.9296	0.8928	0.9320	0.9579	0.8120	0.9764	0.8316
DMU 10	0.9300	0.9693	0.9594	0.8947	0.9129	0.9801	0.7675	1.0000	0.7675
DMU 11	0.9916	0.9946	0.9970	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 12	0.9562	0.9641	0.9918	0.9464	1.0000	0.9464	0.9187	1.0000	0.9187
DMU 13	0.8822	0.8847	0.9972	0.6863	0.8823	0.7778	0.9403	0.9439	0.9962
DMU 14	0.6163	1.0000	0.6163	0.6313	1.0000	0.6313	0.6692	1.0000	0.6692
DMU 15	0.9456	0.9744	0.9704	0.8984	1.0000	0.8984	0.8988	0.9004	0.9982
DMU 16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
평균	0.8680	0.9404	0.9240	0.8477	0.9485	0.8945	0.8433	0.9554	0.8811

〈표 10〉 2012~2013년 정태적 효율성 분석 결과

DMU	2012년			2013년		
	CCR	BCC	SE	CCR	BCC	SE
DMU 1	0.5692	1.0000	0.5692	0.3863	1.0000	0.3863
DMU 2	1.0000	1.0000	1.0000	0.5390	1.0000	0.5390
DMU 3	0.6297	0.7380	0.8533	0.3365	0.9041	0.3722
DMU 4	0.7418	0.7595	0.9766	0.4456	0.7097	0.6279
DMU 5	0.8993	0.9120	0.9861	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 6	0.9192	1.0000	0.9192	0.8716	1.0000	0.8716
DMU 7	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 8	0.9647	0.9788	0.9856	0.8043	0.8493	0.9471
DMU 9	0.9672	0.9887	0.9783	0.8723	0.9575	0.9110
DMU 10	0.9652	0.9734	0.9916	0.8672	0.8826	0.9826
DMU 11	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
DMU 12	0.9666	0.9730	0.9934	0.8724	0.8931	0.9768
DMU 13	0.6608	0.8437	0.7832	0.8539	1.0000	0.8539
DMU 14	0.6559	1.0000	0.6559	0.6671	1.0000	0.6671
DMU 15	0.9682	1.0000	0.9682	0.8721	0.9976	0.8742
DMU 16	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
평균	0.8692	0.9479	0.9163	0.7743	0.9496	0.8131

〈표 11〉 정태적 효율성 분석결과 요약

구분		2009년		2010년		2011년		2012년		2013년	
		CCR	BCC								
DMU	효율	4개	7개	5개	9개	4개	8개	4개	8개	4개	9개
	비효율	12개	9개	11개	7개	12개	8개	12개	8개	12개	7개
	계	16개									
평균효율성		0.868	0.940	0.848	0.948	0.843	0.955	0.869	0.948	0.774	0.950
규모 수익	IRS	9 개		8 개		9 개		9 개		10 개	
	CRS	7 개		6 개		5 개		6 개		4 개	
	DRS	0 개		2 개		2 개		1 개		2 개	

한편, DEA 모형에서는 〈표 11〉과 같이 비효율적인 선박들이 효율적으로 운영하는 선박들과 비교를 통해 벤치마킹해야 할 준거집단을 제시하며, 투입물과 산출물의 가중치인 람다( $\lambda$ ) 값을 통해 증가 또는 감소시켜야 투입, 산출요소의 양을 제공한다. 따라서 북태평양 조업 선박은 전반적으로 선박톤수를 38%, 선박마력수를 36%, 조업일수를 29% 줄여야 효율적인 운영이 가능한 것으로 확인되며, 참조빈도가 높은 DMU5, DMU7, DMU11, DMU16 등의 선박이 벤치마킹 대상으로 이용될 수 있다.

〈표 12〉 준거집단 및 프로젝션 (CCR-I 기준, 2013년)

DMU	점수	준거단위( $\lambda$ )	선박톤수	선박마력	조업일수	어획량
1	0.4052	DMU5(0.272), DMU16(0.062)	-59%	-65%	-59%	0%
2	0.5390	DMU16(0.286)	-46%	-83%	-54%	0%
3	0.3365	DMU5(0.319)	-76%	-76%	-66%	0%
4	0.4456	DMU5(0.538)	-79%	-66%	-55%	0%
5	1.0000		0%	0%	0%	0%
6	0.8716	DMU5(1.126)	-55%	-30%	-12%	0%
7	1.0000		0%	0%	0%	0%
8	0.7859	DMU5(0.893)	-41%	-46%	-21%	0%
9	0.6997	DMU5(0.827)	-56%	-34%	-30%	0%
10	0.7433	DMU5(1.014)	-51%	-48%	-26%	0%
11	1.0000		0%	0%	0%	0%
12	0.7228	DMU5(0.573), DMU7(0.291), DMU16(0.096)	-28%	-28%	-28%	0%
13	0.6717	DMU7(0.357), DMU11(0.018), DMU16(0.386)	-33%	-33%	-33%	0%
14	0.6559	DMU11(0.180), DMU16(0.451)	-34%	-34%	-37%	0%
15	0.6011	DMU5(0.596), DMU7(0.169)	-48%	-40%	-40%	0%
16	1.0000		0%	0%	0%	0%
평균			-38%	-36%	-29%	0%

### 3. 동태적 운영 효율성 분석 (생산성 분석)

〈표 12〉, 〈표 13〉은 2009년~2013년의 분석기간 동안 생산성(MPI) 변화의 추이를 기술적 효율성 변화지수(TECI)와 기술변화지수(TCI)로 나누어 보여주고 있다. 2009년~2010년 사이에는 MPI가 1.2462로 추정되어 조업 선박의 운영에 있어 생산성이 24% 정도 상승하고 있다고 평가할 수 있으며, 이 기간 TCI가 1.2748임을 미루어 비추어볼 때 이 기간 이루어졌던 산업 전반의 신형어탐기 도입 및 국적선, 합작선의 출항시점 개선을 통한 충분한 조업일수 확보, 적절한 쿼터수배 등 산업의 기술수준 향상에 의해서 생산성이 개선되었음을 알 수 있다.

하지만 2010년~2013년 사이에는 생산성이 약 1%~2%로 하락하는 등 생산성이 답보 상태이다. 특히 2012~2013년에는 TECI가 0.8801로 나타나 12% 정도 하락한 것을 보았을 때, 전반적인 생산성의 하락은 개별 선박 운영의 비효율성에 기인하였음을 보여준다. 이는 당해 기상악화로 인한 탱카선의 유류공급 및 냉동운반선의 전재 및 보급일정 차질로 인한 감항능력 저하 및 선복과잉이 생산성의 하락에 영향을 주었다. 또한 2013년 북태평양 수역에서 조업하는 대부분의 기업들이 쿼터로 인상 및 어획량 예측실패로 인해 충분한 어획 쿼터량을 확보하지 못하였으며, 이는 어획량 감소 및 기술적 효율성 변화지수(TECI) 하락의 결과를 초래한 것으로 판단된다.

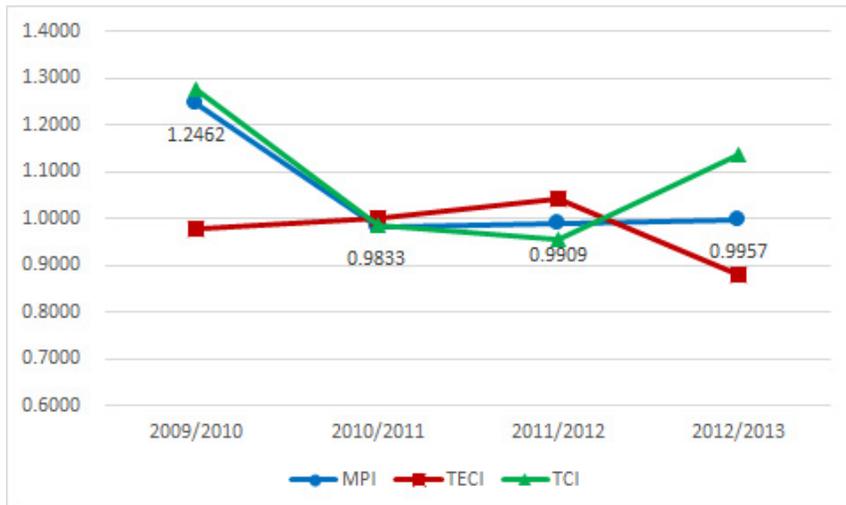
〈표 13〉 2009~2011년 생산성 분석 결과

DMU	2009년~2010년			2010년~2011년		
	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI
DMU 1	0.9458	1.2713	1.2023	0.9859	0.9629	0.9494
DMU 2	1.0000	1.0665	1.0665	1.0000	1.0552	1.0552
DMU 3	1.0975	1.2876	1.4132	0.7920	0.9952	0.7882
DMU 4	0.8857	1.3141	1.1639	0.9933	1.0250	1.0181
DMU 5	1.0802	1.2681	1.3699	1.2046	0.9368	1.1285
DMU 6	1.0000	1.3166	1.3166	1.0000	1.0458	1.0458
DMU 7	1.0000	1.2489	1.2489	0.9290	0.9308	0.8647
DMU 8	0.9648	1.2926	1.2471	0.9382	0.9969	0.9353
DMU 9	0.9604	1.3141	1.2620	0.9095	1.0115	0.9199
DMU 10	0.9621	1.3077	1.2582	0.8577	1.0355	0.8882
DMU 11	1.0084	1.2605	1.2711	1.0000	0.9497	0.9497
DMU 12	0.9897	1.2865	1.2733	0.9708	0.9592	0.9312
DMU 13	0.7780	1.2802	0.9960	1.3701	0.9324	1.2775
DMU 14	1.0244	1.2903	1.3219	1.0599	0.9759	1.0343
DMU 15	0.9501	1.2998	1.2350	1.0004	0.9943	0.9947
DMU 16	1.0000	1.2926	1.2926	1.0000	0.9515	0.9515
평균	0.9779	1.2748	1.2462	1.0007	0.9849	0.9833

〈표 14〉 2011~2013년 생산성 분석 결과

DMU	2011년~2012년			2012년~2013년		
	TECI	TCI	MPI	TECI	TCI	MPI
DMU 1	1,0494	1,0058	1,0555	0,6007	1,1925	0,7163
DMU 2	1,0000	0,8840	0,8840	0,5390	0,9972	0,5375
DMU 3	1,1043	0,9724	1,0738	0,5343	1,1945	0,6382
DMU 4	1,1787	0,8742	1,0305	0,6007	1,1925	0,7163
DMU 5	0,9391	1,0331	0,9701	1,1119	1,1504	1,2791
DMU 6	0,9192	0,8700	0,7996	0,9482	1,1925	1,1307
DMU 7	1,0765	1,0129	1,0903	1,0000	1,0829	1,0829
DMU 8	1,1241	0,9411	1,0579	0,8337	1,1925	0,9942
DMU 9	1,1913	0,8858	1,0553	0,9018	1,1925	1,0753
DMU 10	1,2576	0,8713	1,0957	0,8985	1,1925	1,0714
DMU 11	1,0000	0,9985	0,9985	1,0000	1,0234	1,0234
DMU 12	1,0522	0,9802	1,0313	0,9025	1,1931	1,0768
DMU 13	0,7027	1,0191	0,7161	1,2922	1,0931	1,4126
DMU 14	0,9803	0,9795	0,9602	1,0170	1,0466	1,0644
DMU 15	1,0771	0,9292	1,0009	0,9007	1,1925	1,0741
DMU 16	1,0000	1,0351	1,0351	1,0000	1,0387	1,0387
평균	1,0408	0,9558	0,9909	0,8801	1,1355	0,9957

〈그림 2〉 북태평양 조업선박 생산성 추이



## V. 결 론

본 연구는 DEA 모형과 Malmquist지수 모형을 활용하여 북태평양조업선박의 운영 효율성을 분석하는 것을 목적으로 하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

북태평양 수역에서 조업하는 선박 중 2009년부터 2013년까지 운항한 16척의 선박을 DMU로 선정하고 Frontier Analyst 소프트웨어를 이용하여 효율성 및 생산성을 분석하였다. 타당한 분석결과 도출을 위하여 선박톤수, 선박마력수, 조업일수를 투입변수로 이용하였고, 연간어획량을 산출변수로 사용하였다. 정태적 운영 효율성 분석에서는 CCR모형과 BCC모형을 적용하여 분석을 실시하였으며, 그 결과 전반적으로 규모의 증가를 통한 수익성 향상을 도모해야 할 것으로 판단된다. 또한 운영하고 있는 선박들은 선박톤수를 38%, 선박마력수를 36%, 조업일수를 29% 줄여야 현재보다 효율적인 운영이 가능한 것으로 나타났다. Malmquist지수 모형을 적용하여 생산성 추이를 분석한 결과 2009년~2010년 사이에는 24%의 상승 있었으나 2010년~2013년 사이에는 생산성이 답보상태인 것으로 분석되었다. 특히 내부 요소의 효율성 결합을 나타내는 기술적 효율성(TECI)의 경우 2012년~2013년 사이에 12% 정도 하락하여 생산성 향상을 저해하고 있는 것으로 나타났다. 북태평양 조업 선박들은 내부 운영효율성 향상을 위해 보다 많은 노력이 필요한 것으로 보인다. 이러한 측면에서 선박톤수 및 마력수의 증대가 생산성의 증대에 직결된다고 볼 수 없으며, 유빙의 위험이 완화된 현시점에서는 적절한 규모의 조업선박 투입과 함께 합리적인 조업일수 및 사전 쿼터수배를 통해 조업선박의 운영효율성 개선을 도모하여야 할 것이다. 현재 북태평양수역은 국가식량 확보차원에서 중요한 수역이며, 국내에 유통되는 명태의 90% 이상이 생산되는 의존도가 높은 어장이다. 이와 더불어 북극해의 경우, 연안의 국가들은 어업 분야의 주도권 확보를 위한 독점화를 추진하고 있으며, 북극해 연안국 중 차지하는 면적이 가장 넓은 러시아의 경우 푸틴대통령의 지시 아래 러시아 극동지역의 캄차트카, 마가단, 사할린주 등에 수산물 거점항 개발에 힘쓰고 있다. 또한 블라디보스톡에 수산물 가공 복합단지를 건설하고 마스터 플랜 실행방안 수립에 착수하고 있다. 미국의 경우 2002년부터 매년 시험조업을 실시하는 등 북태평양(서베링) 및 북극해(축지해) 수역에 대한 연구조사를 위해 연간 110억원 규모의 예산을 투자하고 있는 상황이다. 따라서 정부에서는 운영 효율성 향상을 위한 적절한 어획능력 관리와 더불어 안정적 명태 수급을 위하여 보다 폭넓은 관세감면 혜택 부과 등의 조업선박 생산성 향상을 위한 정책적 지원이 필요하다.

하지만 본 연구에서 활용한 DEA 모형과 Malmquist 모형은 선정된 변수만을 고려하여 효율성 및 생산성을 평가하므로 현실의 다양한 문제를 반영하지 못하는 한계가 존재한다.

## 참고문헌

- 김도훈, “DEA 기법을 이용한 우리나라 대형선망어업의 어획능력 측정에 관한 연구”, 『자원·환경경제연구』, 제15권 제1호, 2006, 71-94.
- 김도훈·안희준·이경훈·황진욱, “DEA 기법을 이용한 낙지통발어업의 어획능력 측정”, 『한국어업기술학회지』, 제43권 제4호, 2007, 339-346.
- 김수암, “기후변화와 북태평양의 수산자원 변동에 관한 고찰”, 『해양정책연구』, 제10권 제1호, 1995, 107-142.
- 김영승·오택윤·조삼광·최석관·고정량·양원석, “북태평양 중부 해산어장에 있어서 저층 트롤의 어획실태”, 『한국어업기술학회지』, 제41권 제3호, 2005, 179-187.
- 김학소, “미래 국부창출을 위한 북극해 전략”, 『한국선진화포럼/한국해양수산개발원 특별토론회』, 2011, 11.
- 류동근, “국내 컨테이너 전용터미널의 효율성 비교: DEA 접근”, 『해운물류연구』, 제47권, 2005, 21-38.
- 문성주·진상대·안영수·김영승·황선재, “불확실성하에서 북태평양 미드웨이 시험어장의 경제성 평가: 다량어연승 어장을 중심으로”, 『수산경영론집』, 제40권 제1호, 2009, 153-172.
- 방희석·강효원, “DEA를 활용한 글로벌해운선사의 효율성측정”, 『한국항만경제학회지』, 제27권 제1호, 2011, 213-234.
- 서동균, “DEA모형을 이용한 부산항 배후시설 ODCY의 운영효율성 분석”, 『한국항만경제학회지』, 제27권 제4호, 2011, 51-71.
- 서주남·김도훈, “대형선망어업의 동태적 생산효율성 분석”, 『수산경영론집』, 제43권 제1호, 2012, 11-18.
- 이동우·이재봉·정석근·김영혜, “한국 근해 쌍끌이 대형기선저인망어선의 규모별 효율성과 어획능력 활용도 평가”, 『한국수산과학회지』, 제41권 제6호, 2008, 485-492.
- 이선영·주수현·이동철, “수산도매업 정보화와 상대적 효율성: 부산지역의 수산물도매업을 중심으로”, 『유통정보학회지』, 제11권 제1호, 2008, 51-68.
- 이장원·김형기·김성호, “한·중·일 3국의 항만 경쟁력 비교 연구”, 『국제지역연구』, 제11권 제4호, 2008, 333-360.
- 이흥동·이광남, “북태평양 명태자원관리와 국내 명태수급에 관한 분석”, 『Ocean and Polar Research』, 제18권, 1996, 79-89.
- 장동현, “농협 하나로마트의 DEA 효율성과 Malmquist 생산성 분석”, 『산업경제연구』, 제24권 제2호, 2011, 953-967.
- 조건식·여기태, “DEA와 Malmquist지수를 이용한 연안여객 항로 운영 효율성 분석”, 『로지스틱스연구』, 제21권 제4호, 2013, 67-85.

- 조현수 · 문대연 · 김명승 · 이주희 · 김형석, “북태평양 한국 풍치붕수망어업의 현황 분석”, 『한국 어업기술학회지』, 제40권 제2호, 2004, 97-103.
- 최정윤 · 남수현 · 강석규, “한국 수산업협동조합의 경영효율성 평가: 자료포락분석”, 『수산경영론집』, 제34권 제2호, 2003, 109-129.
- 최종열 · 김기석 · 김도훈, “연안어업경영의 생산효율성 분석: DEA와 SFA 기법 비교를 중심으로”, 『한국경영과학회지』, 제35권 제3호, 2010, 59-68.
- 표희동 · 김종천, “수산물 도매업의 생산 효율성 평가에 관한 연구”, 『수산경영론집』, 제41권 제3호, 2010, 21-44.
- 표희동 · 김종천, “맘퀴스트 생산성지수를 이용한 수산물 가공식품 도매업의 생산성 분석에 관한 연구”, 『Ocean and Polar Research』, 제32권 제4호, 2010, 387-396.
- 황경연 · 성봉석 · 송우용, “DEA와 Malmquist지수를 활용한 외항해운기업의 효율성 및 생산성 분석”, 『통상정보연구』, 제14권 제3호, 2012, 323-350.
- 해양수산부, 『제 21차 한-러 어업위원회 합의의사』, 2011.
- 한국원양산업협회, 『2013년 원양산업 통계연보』, 2013.
- 한국원양산업협회, 『원양산업지』, 2014.
- Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W., “Some models for estimation technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis”, *Management science*, Vol.30 No.9, 1984, 1078-1092.
- Boussofiane, A., Dyson, R. G. and Thanassoulis, E., “Applied data envelopment analysis”, *European Journal of Operational Research*, Vol.52 No.1, 1991, 1-15.
- Caves, D. W., Christensen, L. R. and Diewert, W. E., “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity”, *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, Vol.50 No.6, 1982, 1393-1414.
- Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. L., “Measuring the Efficiency of Decision Making Units,” *European Journal of Operational Research*, Vol.2, 1978, 429-444.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M. and Tone, K., *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. and Zhang, Z., “Productivity growth, Technical progress, and Efficiency change in Industrialized countries”, *The American Economic Review*, Vol.84 No.1, 1994, 66-83.
- Food and Agriculture Organization of United Nations(FAO), Report of the technical consultation on the measurement of fishing capacity, *FAO Fisheries Report*, Vol.615, 2000, 1-51.
- Pascoe, S. and Herrero, I., “Estimation of a composite fish stock index using data

- envelopment analysis” , *Fisheries Research*, Vol.69 No.1, 2004, 91-105.
- Sherman, H. D. and Gold, F., “Bank branch operating efficiency: evaluation with data envelopment analysis” , *Journal of Banking & Finance*, Vol.9 No.2, 1985, 297-315.
- Wu, Y. C. J. and Goh, M., “Container port efficiency in emerging and more advanced markets” , *Transportation Review*, Vol.46 No.6, 2010, 1030-1042.

## 국문요약

### 북태평양 조업선박의 운영 효율성 및 생산성 분석

조우연 · 조건식 · 여기태

지구온난화와 더불어 조업이 가능한 수역이 넓어지고 있다. 특히 수온상승으로 풍부한 어족자원이 이동하고 있는 북극해의 경우 최근 관심이 높아지고 있다. 북태평양지역은 북극해에 가장 가깝고 진입하기 용이한 지역이다. 현재 북태평양에서 조업하고 있는 한국수산업은 미래 북극해 조업에 대비하여 효율성분석 등을 통하여 미래를 대비하여야 한다. 이러한 측면에서 본 연구는 자료포락분석(DEA)방법 및 Malmquist지수를 활용하여 북태평양 수역에 조업하는 선박 중 2009년부터 2013년까지 운항한 16척의 선박의 효율성을 분석하는 것을 연구의 목적으로 하였다. 효율성 분석을 위해 투입변수로는 선박톤수, 선박마력수, 조업일수를, 산출변수로는 연간어획량을 선정하였다. 측정결과에 의하면, 지난 5년간(2009년~2013년) 평균 효율성은 CCR효율성 0.8405, BCC효율성 0.9484, 규모효율성 0.8858로 나타나, 운영하고 있는 선박들은 전반적으로 선박톤수를 38%, 선박마력수를 36%, 조업일수를 29% 줄여야 현재보다 효율적인 운영이 가능할 것으로 나타났다.

**핵심 주제어 :** 북태평양, 운영효율성, 원양어업 선박, 자료포락분석(DEA), Malmquist지수