

SFA를 이용한 굴, 홍합 양식어가의 효율성 분석

김태현 · 박철형^{1*}

부경대학교 응용경제학과, ¹부경대학교 경제학부

Analysis for Efficiency in the Oyster, Mussel Aquaculture Household using SFA

Tae-Hyun Kim and Cheol-Hyung Park^{1*}

Department of Applied Economics, Graduate School, Pukyong National University, Busan, 48513, Korea

*¹Division of Economics, College of Humanities & Social Sciences, Pukyong National University,
Busan, 48513, Korea*

Abstract

This study applied the Stochastic Frontier Analysis to estimate which independent variable affects to efficiency of aquaculture household. This study used wage and facility scale as input variables, sales volume as an output variable to estimate efficiency. Also, the study used region, species, water quality to estimate technical inefficiency factors of the model. The data used for this study were obtained by the operating costs survey using 1:1 interview method.

The study selected translog production model with technical inefficiency term estimated as half-normal distribution. In addition, the study used pearson and spearman correlation coefficient among efficiency estimating models. Also, the study analysed differences among estimated efficiencies through t-test, and showed us 0.1793 in species, 0.4677 between Geojae and Masan.

Keywords : Stochastic Frontier Analysis, Efficiency, Aquaculture, Technical Inefficiency Factors, Water Quality

I. 서 론

우리나라는 수산물의 안정적인 공급과 국민건강 증진의 측면에서 양식 산업이 크게 발전해 왔다. 우리나라의 국민 건강에 있어 수산물은 고품질의 영양소를 가지고 있으며, 중요한 단백질 공급원으

Received 26 February 2016 / Revised 20 June 2016 / Accepted 22 June 2016

*Corresponding author : +82-51-629-5319, chpark@pknu.ac.kr

© 2016, The Korean Society of Fisheries Business Administration

로 자리매김하고 있다. 그 중 굴은 전, 무침, 구이, 국, 젓갈로, 홍합은 탕, 전 등으로 국민들이 즐겨먹는 식품이며, 따라서 국민 식생활에 있어 중요한 수산자원이라 할 수 있다.

굴과 홍합 양식은 수하연 방식의 보급으로 1980년대 이후 급속하게 팽창하였지만 생산성 증가에만 치중한 결과, 1990년대 이후에는 밀식 및 과잉시설로 인해 생산성이 악화되었다. 이와 더불어 연안공업단지 개발 등 급속한 산업화의 결과, 다양한 원인에 의해 양식어장으로 유입되는 오염물질의 증가로 식품 안전성에 문제가 제기되기도 한다.

굴과 홍합의 경우, 생물학적 특성 및 영양성분에 대한 연구는 활발하지만, 변화하는 어장환경에 따른 양식어가에 대한 생산효율성 분석은 미흡한 실정이다. 기존의 효율성 분석인 자료포락분석은 비모수적 기법을 이용하기 때문에 통계적 유의성을 판단할 수 없다는 한계점을 지닌다(Park et al., 2012). 따라서 본 연구의 목적은 모수적 기법인 Stochastic Frontier Analysis(SFA)를 활용해 굴과 홍합 양식어가의 효율성을 추정하고 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하는 것이다.

본 연구는 상기 기술한 연구목적을 이루기 위하여 다음의 순서로 전개하였다. 제 II 장에서는 본 연구의 이론적 배경인 선행연구와 이론연구를 통해 연구의 필요성과 목적을 제시한다. 제 III 장의 실증 분석에서는 수집한 표본자료를 통해 굴과 홍합 양식어가의 생산함수를 추정하고, 비효율성의 원인을 추정한다. 제 IV 장에서는 앞에서 살펴본 연구의 결과를 요약하고 분석과정에서 나타난 한계점 등을 언급하며 끝을 맺고자 한다.

II. 이론적 배경

1. 선행연구의 검토

굴과 홍합에 관한 인문사회과학적 선행연구를 살펴보면, 소비지도매시장 패류 실질경매제도의 실효성 분석 - 굴, 바지락, 홍합에 대해(Kim, 2004)에서 소비지도매시장의 가격과 다른 유통단계 가격 사이의 관계 변화를 살펴봄으로써 실질경매가 기록경매보다 개선되었는지 확인하였다. 수입물량의 비중이 작은 굴, 바지락, 홍합의 월별 가격 시계열 자료로 유통단계 가격 간의 상관계수 분석, Chow 검정, CUSUM · CUSUM squares 검정을 이용하여 구조변화를 분석하였고, 그랜저 인과성 검정을 이용하여 인과관계를 분석하였다. 굴 수하식 양식업의 발전과정에 관한 연구(Han, 2005)에서 굴 양식 산업의 초기 발달 단계에서 현재까지의 발전 과정과 향후 발전방안을 모색하였다. 특히 수하식 양식의 도입단계부터 5단계로 나누어 분석하였는데, 각 단계별로 수출실적, 양식기술, 생산량 등의 항목으로 나누어 분석하였다. 초기 도입 대비 현재 어장의 생산성은 1.8배 이상 증가하였는데, 이는 어장의 집약적인 이용으로부터 기인하였다고 분석하였다. 김장굴의 수요 분석 및 예측(Nam et al., 2012)에서 계량경제학적 기법을 이용하여 김장굴 수요를 예측하였다. Pooled data에 대한 이분산, 다중공선성을 검정 및 치료하였고, 통상최소자승법을 통해 추정치의 통계적 유의성을 확보하였다. 또한 현황분석에서 김장굴 수요는 패턴 및 계절성이 있다는 것을 밝혀냈다. 시계열 분석을 이용한 굴 가격 예측에 관한 연구(Nam et al., 2012)에서 굴의 가격함수를 추정하였고 다중회귀모형, ARIMA모형, VAR모형을 이용하여 미래 가격을 예측하였다. 그리고 시계열 자료에 대한 단계별 검정을 통해 모형의 적합도를 비교 · 분석하였다. 시계열 분석을 이용한 굴 생산량 예측 가능성에 관한 연구(Nam et al., 2012)에서 다중회귀모형, SARIMA모형, VECM모형을 이용하여 생산량을 예측하였고 자료에 대한 검정을 통해 시계열의 안정성을 확인하였다. 대표어종을 너머 굴 생산량을 예측하였다.

효율성에 관한 선행연구는 수산물 도매업의 생산 효율성 평가에 관한 연구(Pyo et al., 2010)에서 수산물 도매업의 규모별 패널자료에 대해, 맘퀴스트(malmquist) 생산성지수를 이용하여 생산성을 분석하였다. 기술적 효율성 변화지수와 기술 변화지수를 분해하였고, 기술적 효율성 변화지수는 순수 기술효율성 변화지수와 규모 효율성 변화지수를 구분하여 문제해결의 시사점을 제시하였다. 맘퀴스트 생산성지수를 이용한 수협 산지 위판장의 총요소생산성 변화의 추정(Park, 2011)에서 계량적인 기법을 이용하여 생산성을 측정하고, 맘퀴스트 생산성 지수를 통해 변화 요인을 분석하였다. 특히 39개의 DMU 가운데 목포, 해남군, 마산, 권현망, 부산시, 한림 수협은 총요소생산성의 변화가 전적으로 기술진보 및 퇴보라 할 수 있는 기술수준의 변화에 의해 결정되었다. 이는 생산가능곡선 자체의 이동을 나타내며, 이들 6개의 DMU를 정밀 분석함으로써 기술수준의 향상에 관한 가능성을 제시하였다. DEA를 이용한 수산양식업 효율성의 비교분석에 관한 연구(Park et al., 2012)에서 확정적인 추정치라는 한계점을 지닌 선형계획법에 커널밀도추정법(kernel density estimation)과 반사법을 적용한 부트스트랩(bootstrap) 자료포락분석을 이용하였고, 이를 통해 양식어종의 효율성 점수를 추정하였다. 양식업의 양식방법별 어종별 생산효율성 비교분석에 관한 연구(Park, 2012)에서 양식방법별로 생산효율성의 차이가 존재하는지 분석하기 위해 전통적인 자료포락분석을 이용하였다. 또한 편의수정효율성 점수의 추정치를 도출하여 기존 자료포락분석의 한계점을 수정하였다.

확률 선형 모형을 이용한 선행연구는 확률적 프론티어 모형과 DEA모형에 의한 기술효율성 비교(Kim, 2008)에서 14개 주식 거래소를 대상으로 모수적 기법과 비모수적 기법의 결과가 상호 간에 어떤 관계가 있는지 알아보았다. 또한 두 기법으로 추정된 결과에 대해 스피어만(spearman) 서열 상관계수 · 맨-휘트니(mann-whitney) 검정을 적용하였다. 양식어가에 대한 연구로는 SFA를 이용한 전북 양식업의 지역별 효율성분석에 관한 연구-완도지역을 중심으로-(Kim et al., 2012)에서 완도 내 완도읍, 노화읍, 보길면의 28개 양식어가를 대상으로 경영실태조사를 실시하였으며, SFA기법을 적용하여 생산효율성과 결정요인을 추정하였다.

앞선 선행연구와 같이 그동안 굴과 홍합에 대해 많은 선행연구가 진행되어 왔고, 계량적인 기법을 이용한 연구도 많지만, 경영실태조사 자료로 모수적 방법인 SFA를 이용하여 굴과 홍합 양식어가의 효율성 분석을 시도한 선행연구는 미미한 형편이다. 따라서 본 연구는 기존의 자료포락분석의 한계점을 극복하여 굴과 홍합 양식어가의 생산효율성 분석을 시도하고자 한다. 또한 본 연구에서는 여수, 마산, 남해, 거제도 지역을 확장하였고, 수하연 방법으로 양식하는 35개의 굴, 홍합 양식어가를 대상으로 경영실태조사를 하였다. 아울러 비효율성의 결정 요인으로 품종과 지역, 그리고 환경변수인 해양수질 점수를 추가하여 분석을 시도하고자 한다.

2. 이론연구

확률적 프론티어¹⁾ 생산함수는 확정적 프론티어 생산함수의 오차항 문제를 해결하기 위해 기존의 모형에 Aigner et al.(1977)과 Meeusen et al.(1977) 등이 확률오차항을 추가한 모형이다. 이들이 사용한 확률적 프론티어 생산함수 모델은 식 (1)과 같다.

$$\ln(y_i) - X_i\beta + v_i - u_i, \quad i=1, 2, \dots, N \quad (1)$$

1) 확률프론티어 분석에 대한 이론적 배경은 김상문(2012), pp.78-79, 박춘광 외(2012), pp.1991~2007의 설명에 기초하고 있고 부분적으로 수정한 것이다.

여기에서 확률오차항 u_i 에는 측정오차, 산출물 변수에 대한 확률요인, 생산함수를 추정할 때 구체화 되지 않은 투입물 변수들에 대한 결합효과 등이 포함된다. Aigner, Lovell and Schmidt(1977)는 확률오차항 u_i 는 반정규분포 또는 지수분포를 따르는 u_i 와 독립적이라 가정하였고, 평균이 0, 분산이 σ_u^2 인 정규분포를 따르며 독립적인 확률변수로 가정하였다. 앞서 기술된 식 (1)은 확률변수인 $\exp(X_i\beta + u_i)$ 에 의해 프런티어를 형성하기 때문에 확률적 프런티어 생산함수라고 할 수 있다. 따라서 양(+) 또는 음(-)의 값을 가질 수 있는 확률오차 u_i 에 의해 프런티어 모형의 확정적 부분인 $\exp(X_i\beta)$ 의 주변에 확률적 프런티어 산출량이 분포하게 된다.

효율성 측정과 관련하여 n번째 기업의 기술효율성(technical efficiency)은 아래의 식 (2)로 추정할 수 있다.

$$TE_n = \frac{Y_n}{Y_n^*} = \frac{f(X_n\beta)\exp(v_n - u_n)}{f(X_n\beta)\exp(v_n)} = \exp(-u_n) \quad (2)$$

식 (2)에서 분모는 효율변경선 상 최대 산출량을 나타내고, 분자는 n번째 기업의 실제 산출량을 나타낸다. 추정된 기술효율성의 추정치는 0과 1 사이의 값을 지니고, 0에 가까울수록 비효율성이 존재, 1에 가까울수록 비효율성이 존재하지 않는 것을 의미한다. 정규성 조건 위반으로 기존의 확률적 프런티어 모델에서는 최우추정법의 사용이 가능하지 않았으나, 확률적 프런티어 생산함수 모델의 경우 최우추정법을 이용하여 가설검정과 표준오차를 측정할 수 있다.

Ⅲ. 실증 분석

1. 분석 자료의 개요 및 기술통계량

본 연구는 굴과 홍합 양식어가를 대상으로 한 경영실태조사 자료를 기초로 연구의 대상이 되는 양식 어가를 선정하였다. 경영실태조사 방식은 표본기간(2012~2014년) 내 평균적인 소요 경영비를 조사하였다.

분석에 선정된 어가는 총 35어가이며, 굴 양식 16어가, 홍합 양식 19어를 분석대상으로 선정하였다. 지역별로는 마산 5어가, 남해 6어가, 거제 10어가, 여수 9어가이다. 조사기간은 2015년 3~4월로 두 달간, 조사방법은 1:1 면접법으로 실시하였으며, 면접 소요시간은 한 가구당 평균 30분이 소요되었다.

본 연구를 위해 분석대상이 되는 산출변수는 판매량을, 투입변수는 노동의 변수인 인건비, 자본의 대리변수인 시설규모를 사용하여 모형을 선정하였다. 기초통계량을 요약하면 다음과 같다. 판매량은 평균 394,701kg, 표준편차는 460,092kg, 양식어가별로 15,000kg부터 2,208,000kg까지 분포하고 있다. 투입변수에서 인건비는 평균 70,243,429원, 표준편차는 72,209,507원, 양식어가별로 최대 4,400,000원부터 273,630,000원까지 분포하고 있다. 시설규모의 경우 양식어가별로 사용하는 수하연의 길이가 다양하기 때문에, 수하연의 길이와 해당 수하연을 가진 개수를 곱하여 양식어가별로 표준화하였다. 시설규모는 평균 6,350m, 표준편차 7,618m, 양식어가 별로 600m부터 46,000m까지 분포하고 있다. 기초 통계량을 분석한 결과, 양식어가의 규모에 따라 판매량, 인건비, 시설규모의 편차가 다소 큰 것으로 나타났다.

양식어가의 효율성에 영향을 줄 수 있다고 판단되는 비효율성의 원인변수로 해양 수질 점수, 지역,

<표 1> 굴, 홍합 자료의 기초통계량

변수	단위	평균	표준편차	최댓값	최솟값
판매량(O)	kg	394,701	460,092	2,208,000	15,000
임금(I)	원	70,243,429	72,209,507	273,630,000	4,400,000
시설규모(I)	m	6,350	7,618	46,000	600
DMU 수		35			

주 : O는 산출, I는 투입을 의미함

<표 2> 굴 자료의 기초통계량

변수	단위	평균	표준편차	최댓값	최솟값
판매량(O)	kg	409,176	360,278	973,300	15,000
임금(I)	원	91,280,000	82,500,788	273,630,000	9,400,000
시설규모(I)	m	7,375	3,308	12,000	600
DMU 수		16			

주 : O는 산출, I는 투입을 의미함

<표 3> 홍합 자료의 기초통계량

변수	단위	평균	표준편차	최댓값	최솟값
판매량(O)	kg	382,511	539,758	2,208,000	84,500
임금(I)	원	52,528,421	58,757,663	230,400,000	4,400,000
시설규모(I)	m	5,486.842	9,938.670	46,000	800
DMU 수		19			

주 : O는 산출, I는 투입을 의미함

품종을 선정하였다. 해양 수질 점수²⁾를 계산하기 위해서 국가해양환경정보시스템(www.meis.go.kr)에서 제공하는 샘플을 사용하였고, 본 연구의 경영비 설문조사의 표본기간이 2012~2014년임에 따라, 2012~2014년 지점별 샘플의 평균을 사용하였다. 또한 품종별로 양식어가의 효율성에 영향을 줄 수 있는지 분석하기 위해 굴과 홍합을 품종 가변수로 선정하였고, 지역별 효율성 차이를 분석하기 위해 거제, 마산, 남해, 여수를 지역 가변수로 선정하여 추정하였다.

해양 수질 점수에 관한 기초통계량은 <표 4>와 같다. 기초통계량을 살펴보면, 진해 07지역의 경우 평균 42.25, 최댓값 90으로 전체 대상 지역 중 수질평가 점수가 가장 높았고, 마산 07지역의 경우 평균 27.50, 최댓값 45로 전체 대상 지역 중 수질평가 점수가 가장 낮았다. 수질평가점수는 투명도, 클로로필, 용존무기질 등의 자료를 활용하여 환산하는데, 해당하는 점수가 높을수록 어장환경이 좋지 않음을 의미한다. 또한 환산된 해양 수질 점수를 기반으로 1~5등급으로 구간을 나누어 수질평가등급을 매긴다.

2) 해역별 클로로필, 용존무기질(DIN), 용존무기인(DIP), 클로로필(Chl-a), 용존산소(DO), 염분, 수온을 표준화하여 해양 수질 점수를 계산하고, 분기별로(2월, 5월, 8월, 11월) 해당 평가 등급을 공시한다. 본 연구에서는 대상 양식어가가 위치한 지점이 대한해협에 속해 있기 때문에 대한해협의 산식을 기준으로 해양 수질 점수를 계산하였고, 경영실태조사의 표본기간과 평행하도록 3년간(2012~2014년) 평균 해양 수질 점수를 사용하였다.

<표 4> 수질평가 점수 기초통계량

	지역	평균	표준편차	최댓값	최솟값
마산	07	27.50	8.73	45	20
	08	31.50	16.16	61	20
진해	03	39.17	20.99	81	20
	07	42.25	19.83	90	20
	08	41.83	17.92	80	20
진주	01	31.58	11.32	56	20
	02	30.92	7.98	50	20

2. 분석 모형의 선택

기술적 효율성을 추정하기 위해 본 연구는 SFA모형을 이용하며, 이론적 배경에서 언급하였듯이, 오차항을 확률적 오차항과 기술적 비효율성을 나타내는 오차항으로 나누어 표시하였다(Aigner et al., 1997; Kumbhakar, 1990). 본 연구에서 분석 대상이 되는 2변수의 생산함수와 5변수의 생산함수모형을 수식으로 표현하면 아래의 식과 같다.

$$\ln(Q_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(L_i) + \beta_2 \ln(K_i) + v_i - u_i \quad (2)$$

$$\ln(Q_i) = \beta_0 + \beta_1 \ln(L_i) + \beta_2 \ln(K_i) + \beta_3 \ln(L_i)^2 + \beta_4 \ln(K_i)^2 + \beta_5 \ln(L_i) \ln(K_i) + v_i - u_i \quad (3)$$

본 연구의 실증분석 과정을 요약 기술하면 다음과 같다. 먼저 분석 대상이 2변수 모형인 콥더글라스(cobb-douglas) 생산함수와 5변수 모형인 트랜스로그(translog) 생산함수 중 어떤 모형을 갖는지 검정한다. 다음으로 기술적 비효율성을 나타내는 u_i 의 존재여부를 검정하고, u_i 의 설명 변수를 추정함으로써 비효율성의 요인을 찾는다.

<표 5> 모형 선정을 위한 우도비 검정 결과

	2 변수 모형	5 변수 모형	LR 통계량
LR 통계량	-41.675	-36.905	9.541

위의 표는 판매량을 설명하는 모형에 있어 독립변수에 인건비(노동)와 시설규모(자산)를 사용하는 2변수 모형과 독립변수에 인건비(노동), 시설규모(자산), 인건비제곱, 시설규모제곱, 인건비와 시설 규모의 곱을 사용하는 5변수 모형의 우도비검정 결과를 나타낸 것이다.

로그우도비(log likelihood ratio) 검정 결과, LR통계량이 9.54로 추정되고 5%의 유의수준에서 $\chi^2_{0.95,1} = 3.84$ 인 귀무가설을 기각하였고, 또한 1% 유의수준에서도 $\chi^2_{0.99,1} = 6.63$ 인 귀무가설을 기각하였다. 즉 5변수를 사용하는 트랜스로그 생산함수가 2변수를 사용하는 콥더글라스 생산함수 모형보다 자료를 잘 설명하는 것으로 분석되었으므로, 본 연구의 생산함수 모형은 5변수의 트랜스로그 생산함수 모형으로 선정한다.

3. 비효율성 존재여부 분석

적정한 기술적 비효율성 함수를 선정하기 위해 트랜스로그 생산함수 모형을 대상으로 3가지 모형

<표 6> 트랜스로그 생산함수 모형의 추정 결과

	모형 1	모형 2	모형 3
	$\mu \neq 0$	$\mu = 0$	MLE
β_0	27.607*** (27.861)	27.388*** (22.000)	26.394 (0.593)
β_1	-3.727*** (-18.878)	-4.451*** (-6.384)	-2.262 (-0.415)
β_2	3.061*** (35.845)	4.709*** (3.862)	0.344 (0.092)
β_3	0.154*** (4.375)	0.197*** (2.2373181)	0.089 (0.478)
β_4	0.015 (0.090)	0.012 (0.058)	0.070 (0.256)
β_5	-0.157 (-0.999)	-0.253 (-0.909)	-0.066 (-0.180)
σ^2	3.327*** (7.972)	1.619*** (5.891)	1.0061557
γ	0.999*** (5431.109)	0.999*** (260865.880)	
μ	-1.790*** (-4.003)		
Log(likelihood)	-36.183	-36.905	-46.479

주 : 1. *** 는 1%의 유의수준에서 귀무가설이 기각됨을 의미함.

2. μ 비효율성을 나타내는 오차항을, μ 는 평균을 나타냄.

을 설정하여 비교하였다. <표 6>에 나타난 모형 1은 기술적 비효율성의 분포가 절단된 정규분포(truncated normal distribution)를 가정한 모형을, 모형 2는 기술적 비효율성의 분포가 반정규분포(half normal distribution)를 가정한 모형을, 모형 3은 오차항에서 기술적 비효율성이 존재하지 않는 일반적인 회귀분석 모형을 의미하며, 최우추정법을 이용한 추정치이다.

비효율성의 존재여부는 γ 값을 통해 확인할 수 있다. γ 값은 $\frac{\sigma_{\mu}^2}{\sigma_{\mu}^2 + \sigma_v^2}$ 를 나타내고 1에 가까울수록 기술적 비효율성이 강하게 존재하고 있음을 의미한다. γ 값의 경우, 모형 1과 모형 2에서 1에 가까운 값이 추정되어 기술적 비효율성이 강하게 존재하였음을 확인할 수 있었고, t 값이 2를 넘어 5%의 유의수준에서 통계적으로 유의미한 값으로 추정되었다.

기술적 비효율성의 존재 여부와 오차항의 분포의 형태를 검정하기 위해 우도비검정을 실시하였다. <표 7>은 생산함수의 형태와 기술적 비효율성의 효과를 검정하기 위하여 우도비검정(likelihood ratio test: LR 검정)을 실시한 결과를 요약한 것이다.

먼저 기술적 비효율성의 존재 유무를 검정하기 위해, 모형 1과 모형 3을 비교한 결과, 우도비 값이 19.149로 추정되었다. 이는 5%의 유의수준($\chi_{0.95,2}^2 = 5.99$)에서 기술적 비효율성이 존재하지 않는다는

<표 7> 가설검정 결과

가설	LR 통계량	통계량
$H_0: \gamma = \mu = 0$	19.149	$\chi_{0.95,2}^2 = 5.99$
$H_0: \mu = 0$	1.444	$\chi_{0.95,2}^2 = 5.99$

귀무가설을 기각하였고, 또한 1%의 유의수준($\chi_{0.99,2}^2=9.21$)에서도 귀무가설을 기각하였으므로, 트랜스로그 생산함수 모형에 기술적 비효율성이 존재하고 있음을 나타낸다.

다음으로 오차항의 분포에 대해 검증하기 위해, 모형 1과 모형 2를 비교한 결과, 우도비 값이 1.444로 추정되어 귀무가설을 채택하였다. 이는 절단된 정규분포(truncated distribution)보다는 반정규분포(half normal distribution)가 기술적 비효율성을 나타내는 오차항의 분포의 형태를 설명하는데 유의하다는 것을 의미한다.

요컨대, 트랜스로그 생산함수 모형은 기술적 비효율성이 존재하였고, 오차항의 분포가 반정규분포를 따르는 것으로 나타났다.

4. 비효율성의 원인 분석

아래의 <표 8>에 나타난 모형 1은 3년 평균의 해양 수질 점수와 품종(굴, 홍합), 지역(거제, 남해, 마산, 여수)의 더미변수를 비효율성의 설명변수로 선정하여 추정한 모형이다. 모형 2는 비효율성이 확률적이기는 하지만 해양 수질 점수, 품종, 지역의 더미변수가 영향을 받지 않는다고 가정한 모형이다. 또한 <표 9>는 비효율성 결정요인의 존재 여부를 검증하기 위하여 우도비검정을 실시한 결과이다.

<표 8> 비효율성의 비효율성 결정요인 분석

	모형 1	모형 2
β_0	28.610*** (28.796)	27.607 (27.861)
β_1 (임금)	-4.200*** (28.796)	-3.727 (-18.878)
β_2 (시설규모)	3.787** (2.044)	3.061 (35.845)
β_3 (임금 ²)	0.190*** (3.999)	0.154 (4.375)
β_4 (시설규모 ²)	0.054 (1.363)	0.014 (0.090)
β_5 (임금×시설규모)	-0.243*** (-4.046)	-0.157 (-0.999)
δ_1 (수질평가점수)	0.045* (1.728)	
δ_2 (품종)	-3.082*** (-6.033)	
δ_3 (남해-거제)	1.297* (1.833)	
δ_4 (마산-거제)	-4.092*** (-30.713)	
δ_5 (여수-거제)	-0.585 (-0.634)	
σ^2	1.752* (1.785)	3.327 (7.972)
γ	1.000*** (5728.088)	1.000 (5431.109)
Log(likelihood)	-26.086	-36.183

주 : *, **, *** 은 각각 1%, 5%, 10% 유의수준에서 귀무가설이 기각됨을 의미함.

<표 9> 가설검정 결과

가설	LR 통계량	χ^2 통계량
$H_0 : \gamma = \delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = \delta_4 = \delta_5 = 0$	20.19	$\chi^2_{0.95,6} = 12.59$

모형 1과 모형 2를 비교하여 기술적 비효율성의 존재 유무를 검정한 결과, 우도비 값이 20.19로 추정되었으며, $\chi^2_{0.95,6} = 12.59$ 로 5%의 유의수준에서 귀무가설을 기각하였고, 1%의 유의수준에서 기술적 비효율성이 없다는 귀무가설인 $H_0 : \gamma = \mu = 0$ 을 기각하였다($\chi^2_{0.99,6} = 16.812$). 이는 생산함수에 기술적 비효율성이 확률적으로 존재하고 있음을 나타내고, 해양 수질 점수, 품종, 지역의 더미변수가 동시에 영향을 주고 있는 것으로 검정되었다.

트랜스로그 생산함수³⁾ 모형의 독립변수의 계수 추정치를 살펴보면, 인건비의 계수를 나타내는 Beta 1, 시설규모의 계수를 나타내는 Beta 2, 인건비 제품의 계수를 나타내는 Beta 3, 인건비와 시설규모의 곱의 계수를 나타내는 Beta 5의 t통계량이 2보다 크게 추정되어, 5%의 유의수준에서 유의한 값을 나타내었다.

통계적으로 유의한 값을 나타낸 기술적 효율성의 설명 변수는 해양 수질 점수, 품종, 지역(남해, 마산)이었다. 해양 수질 점수의 경우 평가된 점수가 높을수록 비효율이 존재하는 것으로 나타났고, 해양 수질 점수가 높다는 의미는 어장환경이 좋지 않다는 의미이다. 품종의 경우 굴에 비해 홍합의 효율성이 높은 것으로 나타났다. 지역별 효율성은 거제에 비해 마산의 효율성이 높은 것으로, 남해에 비해 거제가 효율성이 높은 것으로 추정되었다.

한국해양환경조사연보에서 평가하는 WQI(Water Quality Index) 평가 등급 결과와 본 연구의 결과를 비교해 보면, 양식어가의 효율성과 어장이 위치한 인근 지역의 수질환경 사이에 의미 있는 추론을 시도해 볼 수 있다. 본 연구에서 선정된 양식어가의 어장 위치는 마산의 경우 심리지선, 반동지선, 용

<표 10> 표본어가가 위치한 지역과 수질평가 지역 비교

표본어가		해양수질평가 지역	
도시	지역	거점	등급
마산	심리	마산 07	1~2
	반동	진해 03, 07	1~2
	용호	진해 07	1~2
	양도	진해 03	1~2
거제	송포	마산 08	1~2
	연구	진해 08	2~3
	황덕	마산 08	1~2
남해	금음	진주 01	2
	율도	진주 02	2~3

자료 : 국가해양환경정보통합시스템(MEIS), www.meis.go.kr, 2012~2014.

3) 종속변수와 독립변수를 Z값으로 표준화하여 판매량에 대한 임금 및 시설규모의 영향을 분석한 결과, 각각 판매량의 표준편차가 한 단위 증가할 때 임금은 0.098 표준편차 단위 증가하였고, 시설규모는 0.941 표준편차 단위가 증가하였다. 이는 임금보다 시설규모를 늘리는 것이 판매량을 증가시키는데 더 주요한 영향을 준다는 것을 의미한다.



자료 : 국가해양환경정보통합시스템(MEIS), www.meis.go.kr.

<그림 1> 표본어가가 위치한 지역과 수질평가 지역 비교(마산, 거제)



자료 : 국가해양환경정보통합시스템(MEIS), www.meis.go.kr.

<그림 2> 표본어가가 위치한 지역과 수질평가 지역 비교(남해)

호지선, 양도지선, 거제의 경우 송포지선, 연구지선, 황덕지선, 남해의 경우 금음지선, 울도지선이다. 경영비 조사 수역과 수질평가 조사 수역을 비교하면 <표 10>과 같다. 마산의 경우 심리지선은 마산

07, 반동지선은 진해 03, 진해 07, 용호지선은 진해 07, 양도지선은 진해 03이다. 마산지역의 경우 평균적으로 수질평가 등급이 1~2등급으로 나타낸다. 거제의 경우 송포지선과 황덕지선은 마산 08, 연구지선은 진해 08이다. 거제는 평균적으로 수질평가 등급이 1~3등급으로 나타났다. 남해의 경우 금음지선은 진주 01, 울도지선은 진주 02이다. 남해는 평균적으로 수질평가 등급이 2~3등급으로 나타났다.

요컨대 어장환경이 좋지 않을수록 양식 생산에 비효율이 존재하였고, 품종의 경우 굴에 비해 홍합의 생산효율성이 높은 것으로 나타났다. 또한 지역별 효율성 순위는 마산의 생산효율성이 가장 높았고, 거제, 남해 순서로 뒤이어 추정되었다.

5. 품종별 지역별 T-검정

확률 프린티어 모형으로 분석한 결과 품종별 지역별로 차이가 있는 것으로 추정되었다. 따라서 가변수를 취한 품종별 지역별 차이의 크기를 분석하기 위해 T-검정을 실시해 보았다.

<표 11> 품종별 T-검정 결과

	Levene 검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
	F	유의 확률	t	자유도	유의 확률	평균차	차이의 표준오차	95% 하한	95% 상한
등분산이 가정됨	.604	.442	-1.866	33.000	.071	-.179	.096	-.375	.016
등분산이 가정되지 않음			-1.839	29.602	.076	-.179	.098	-.379	.020

1) 품종별 T-검정

먼저, 품종별 T-검정을 실시한 결과는 <표 11>과 같다.

굴-홍합의 T-검정 결과 등분산 검정에서 유의확률이 0.05 이상이므로, 5%의 유의수준에서 등분산이 가정되었다는 귀무가설을 채택하였다. 이때 평균의 동일성에 대한 유의확률은 0.07로 두 품종간의 평균의 차이가 없다는 귀무가설을 10%의 유의수준에서 기각하였다. 즉 10%의 유의수준에서 홍합과 굴 사이에는 0.179만큼 효율성 평균차이가 존재함을 확인하였다.

2) 지역별 T-검정

지역별 T-검정⁶⁾을 실시한 결과는 <표 12>와 같다.

거제-마산의 T-검정 결과, 등분산 검정에서 유의확률이 0.05 이상이므로, 5%의 유의수준에서 등분산이 가정되었다는 귀무가설을 채택하였지만, 10%의 유의수준에서는 귀무가설을 기각하였다. 하지만 두 경우 모두 평균의 동일성에 대한 유의확률은 5%의 유의수준에서 거제와 마산 간 평균의 차이가 없다는 귀무가설을 기각하였다. 즉 5%의 유의수준에서 거제와 마산 사이에는 0.468만큼 효율성 평균차이가 존재함을 확인하였다.

거제-여수의 T-검정 결과 등분산 검정에서 유의확률이 0.05 이상이므로, 5%의 유의수준에서 등분산이 가정되었다는 귀무가설을 채택하였다. 이때 평균의 동일성에 대한 유의확률은 0.652로 거제와 마산, 두 지역 간의 평균의 차이가 없다는 귀무가설을 채택하였다. 즉 거제와 여수 사이에는 효율

6) 여수-마산 간에는 5%의 유의수준에서 0.409만큼 효율성 평균차이가 존재하였고, 마산-남해 간에는 5%의 유의수준에서 0.437만큼 효율성 평균차이가 존재하였다. 하지만 여수-남해 간에는 효율성 평균차이가 존재하지 않았다.

<표 12> 지역별 T-검정 결과

		Levene 검정		평균의 동일성에 대한 t-검정						
		F	유의 확률	t	자유도	유의 확률	평균차	차이의 표준오차	95% 하한	95% 상한
거제 마산	등분산이 가정됨	4.037	.066	-3.224	13.000	.007	-.468	.145	-.781	-.154
	등분산이 가정되지 않음			-4.195	12.706	.001	-.468	.112	-.709	-.226
거제 여수	등분산이 가정됨	.745	.400	-.460	17.000	.652	-.059	.128	-.329	.211
	등분산이 가정되지 않음			-.466	16.715	.647	-.059	.126	-.326	.208
거제 남해	등분산이 가정됨	.240	.632	-.188	14.000	.853	-.031	.166	-.386	.323
	등분산이 가정되지 않음			-.183	9.779	.858	-.031	.170	-.411	.349

성 평균의 차이가 존재하지 않음을 확인하였다.

거제-남해의 T-검정 결과 등분산 검정에서 유의확률이 0.05 이상이므로, 5%의 유의수준에서 등분산이 가정되었다는 귀무가설을 채택하였다. 이때 평균의 동일성에 대한 유의확률은 0.853으로 거제와 남해, 두 지역 간의 평균의 차이가 없다는 귀무가설을 채택하였다. 즉 거제와 남해 사이에는 효율성 평균의 차이가 존재하지 않음을 확인하였다. 이는 앞선 SFA 모형의 추정결과인 10%의 유의수준에서 거제와 남해의 효율성의 차이가 있다고 추정된 것과 다르게 나타났다.

요컨대, 독립표본 T검정 결과 10%의 유의수준에서 품종별로 0.179만큼 효율성 평균의 차이가 존재한다고 추정되었다. 거제-마산은 0.468만큼 효율성 평균의 차이가 존재한다고 5%의 유의수준에서 추정되었다. 하지만 거제와 남해지역에서는 효율성의 차이가 유의미한 수준에서 추정되지 않았다.

IV. 결론 및 한계점

본 연구는 양식어가의 효율성에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해 SFA 모형을 적용하였다. 수하연 방식으로 양식을 하는 굴, 홍합 양식어가의 2012~2014년 3년 평균 경영실태조사 자료를 기반으로 분석하였고, 종속변수는 판매량, 독립변수는 인건비와 시설규모를 사용하였다. 또한 양식어가에 영향을 미칠 수 있는 변수로 해양 수질 점수, 지역, 품종을 사용하였다.

연구의 분석결과를 요약하면 다음과 같다. 본 분석에 적합한 모형을 선정하기 위해 콤팩트 클래스 생산함수와 트랜스로그 생산함수의 우도비 검정 결과를 이용하였고, LR통계량이 9.541로 추정되어 트랜스로그 생산함수 모형이 선정되었다. 트랜스로그 생산함수 모형의 비효율성 존재여부를 확인하기 위해, 비효율성이 존재하지 않는다는 가정하에 최우추정법으로 추정한 모형과 비효율성을 오차항으로 추가시킨 모형을 우도비 검정한 결과, LR통계량이 19.149로 추정되어 비효율성이 존재하는 것이 확인되었고, 오차항의 분포가 반정규분포 모형으로 추정되었다.

기술적 비효율성의 원인을 분석하기 위해 원인변수로 해양 수질 점수, 품종, 지역을 선정하여 분석하였다. t통계량을 기준으로 해양 수질 점수는 10%의 유의수준에서, 품종은 5%의 유의수준에서, 지역은 마산-거제 5%의 유의수준, 남해-거제 10%의 유의수준에서 효율성에 차이가 있음을 확인하였다. 즉 홍합이 굴에 비해 효율이 존재하였고, 어장환경이 좋지 않을수록 비효율이 존재하였다. 또한 지역별 효율성 순위는 마산> 거제> 남해 순서로 추정되었다.

또한 효율성 차이의 크기를 추정하기 위해 T-검정을 실시하였으며, 그 결과 10%의 유의수준에서

홍합 양식어가가 굴 양식어가보다 0.179만큼의 효율이 존재하는 것으로 나타났고, 5%의 유의수준에서 마산이 거제보다 0.468만큼 효율이 존재하는 것으로 나타났다.

본 연구는 굴과 홍합 양식어가에 대한 사회과학적 조사를 수행하고, 모수적 기법인 SFA모형을 활용하여 양식어가의 비효율성 원인변수를 추정함과 동시에 통계학적 검정방법을 통해 품종별 지역별 효율성의 차이를 추정하였다. 특히 다양한 원인으로 인해 연안으로 유입되는 오염물질이 늘어나는 현실에 맞추어 어장 환경의 관점에서 남해안의 대표적인 품종인 굴과 홍합 양식어가에 대해 경영 효율성 분석을 실시하였다는 점이 본 연구의 차별성이자 의의라 여겨진다.

하지만 본 연구는 다음과 같은 한계점을 지닌다. 먼저, 비효율성의 설명변수 중 거제-남해 지역의 경우 SFA모형에서는 유의미한 변수로 추정되었지만, T 검정에서는 비효율성의 설명 변수로 추정되지 않았다. 둘째, 자료의 한계로 인해 품종별로 굴과 홍합을 나누어서 분석을 시도해 보았지만, 유의미한 값이 추정되지 않았다. 따라서 보다 많은 자료 수집을 통해 품종별 분석을 시도해 본다면 보다 의미 있는 연구가 될 수 있을 것이라 판단된다. 셋째, 실증분석에서 양식어장의 효율성과 수질환경을 비교하는 추정의 시도는 지역별로 양식 어장 경영의 효율성에 영향을 끼치는 다른 설명변수를 고려하지 않은 한계점을 지닌다. 끝으로, 해양 수질 점수 자료 확보의 한계로 인해 표본 양식어장의 수질이 아니라 가까운 인근지역의 수질 점수를 사용한 한계점이 있다. 하지만 경영실태조사의 결과로 추정된 지역별 효율성 차이를 처음으로 어장 수질 환경의 관점에서 비교를 시도해 본다는 점에서 의미 있는 추정이라 판단된다. 또한 양식 어장의 효율성을 설명할 수 있는 다양한 변수 중 환경변수는 앞으로 고려해야 할 중요한 변수라 판단하므로 향후 본 연구가 발전되어야 할 점이라 여겨진다. 아울러 양식어가의 효율성에 영향을 주는 경영 요소를 분석하는 것도 본 연구가 발전되어야 할 점이라 여겨진다.

REFERENCES

- Aigner, D., Lovell, C. A. K. and Schmidt, P. (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models," *Journal of Econometrics*, 6 (1), 21 – 37.
- Battese, G. E. and Coelli, T. J. (1992), "Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: with Application to Paddy Farmers in India," *Journal of Productivity Analysis*, 3 (1), 136 – 153.
- Battese, G. E. and Coelli, T. J. (1995), "A model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data," *Empirical Economics*, 20, 325 – 332.
- Han, S. M. (2005), "A Study on the Development Process of the Oyster Hanging Aquaculture," Mater's Thesis, Gyungsang National University, Jinju, South Korea.
- Kim, B. C. (2008), "Comparison of the Technical Efficiency between the Stochastic Frontier Model and DEA Model," *Journal of science & culture*, 2 (18), 37 – 44.
- Kim, B. T. (2004), "An Analysis of the Effectiveness of the Real Auction System on Shellfish in the Wholesale Market for Consumers, with respect to Oysters, Little Clams and Mussels," *Ocean policy research*, 19 (1), 19 – 42
- Kim, H. S. and Song, J. H. (2012), "A Study on the Efficiency Analysis of Abalone Aquaculture in Wando Region Using Stochastic Frontier Approach," *The Journal Fisheries Business Administration*, 43 (2), 66 – 77.
- Kim, S. M. (2012), "An Evaluation of Local Waters Efficiency by Using SFA," *Journal of Water policy & Economy*,

19, 73 – 89.

- Marine Environment Information System MEIS (2015), "Observation Information," accessed November 20, 2015 [available at <http://www.meis.go.kr>].
- Meeusen, W. and van den Broeck, J. (1977), "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error," *International Economic Review*, 18 (2), 435 – 444.
- Nam, J. O. and Noh, S. G. (2011), "Forecast and Demand Analysis of Oyster as Kimchi's Ingredients," *The Journal Fisheries Business Administration*, 42 (2), 69 – 83.
- Nam, J. O., Noh, S. G. and Park, E. Y. (2012), "A Study on Forecasting Oyster Price with Time Series Analysis," *Ocean policy research*, 27 (1), 65 – 94.
- Nam, J. O. and Noh, S. G. (2012), "A Study on Forecast of Oyster Production using Time Series Models," *Ocean and Polar Research*, 34 (2), 185 – 195.
- Park, C. G., Kim, B. C. and Lee, D. M. (2012), "A Comparison of the Technical Efficiency in the Modified DEA-CCR Model and the Stochastic Frontier Production Model on the Community Credit Cooperatives," *Journal of Industrial Economics and Business*, 25 (3), 1991 – 2007.
- Park, C. H. (2011), "The Comparative Estimation of Productivity Changes in Fisheries Port Markets Using the Malmquist Distance Functions," *Journal of Institute of Human and Social Science*, 12, 57 – 82.
- Park, C. H. and Choi, C. H. (2012), "The Comparative Analysis of the Aquaculture Efficiency Based on DEA," *Journal of the Korean Association of Island*, 24 (1), 33 – 49.
- Pyo, H. D. and Kim, J. C. (2010), "Productivity Analysis in Fisheries Processed Wholesale Products Using Malmquist Productivity Index," *The Journal Fisheries Business Administration*, 32 (4), 387 – 396.
- Yang, D. H., Jang, Y. J. and Noh, J. H. (2012), "An Analysis on Technical Inefficiency of Regional Public Hospitals using Stochastic Production Frontier Model," *The Korean Journal of Health Economics and Policy*, 4, 41 – 62.