

SFA를 이용한 전복 양식업의 지역별 효율성분석에 관한 연구 - 완도지역을 중심으로 -

김혜성* · 송정헌**

A Study on the Efficiency Analysis of Abalone Aquaculture in Wando Region Using Stochastic Frontier Approach

Hye-Seong Kim* and Jung-Hun Song**

Abstract

Based on the survey on aquaculture management status in Nohwa-eup, Bogil-myeon, Wando-eup in Wando region, this study aimed to estimate productive efficiencies of abalone aquaculture production using a stochastic frontier approach (SFA) and to find out their determinants.

In the analysis, a Cobb-Douglas production function with an inefficiency term that follows an half-normal distribution was assumed for the estimation of productive efficiencies. Then, based on the outcomes of productive efficiencies, determinants of productive efficiency were investigated using a tobit regression model. Results showed that the average inefficiency was estimated to be 10% and the production size would be a statistically significant variable for the production. In addition, it was shown that the cage installing method would be an important factor affecting to the level of productive efficiency.

Key words : SFA, Stochastic Frontier Approach, Productive Efficiency Analysis, Abalone Aquaculture

I. 서 론

60억을 넘어선 전 세계적인 인구 증가에 따라 주요 단백질 공급원으로서 수산물 소비는 중국을 비롯한 개발도상국을 중심으로 계속해서 증

가하고 있지만, 자원고갈 등으로 인해 기존 ‘잡는 어업’의 생산량이 한계를 드러냄에 따라 ‘기르는 어업’에 의한 양식수산물의 중요성과 그 비중이 점차 증대되고 있다. 우리나라 수산물 총 생산량에서도 일반해면이나 원양어업 생산량은

접수 : 2012년 9월 10일 최종심사 : 2012년 9월 21일 게재확정 : 2012년 9월 24일

*부경대학교 해양산업경영학과 대학원

**부경대학교 해양산업경영학과 부교수(Corresponding author : 051-629-5960, seabream@pknu.ac.kr)

정체 또는 감소하고 있으나, 천해양식 생산량은 2000년 635,373톤에서 2011년 1,477,546톤으로 2.3배 증가하였고, 총생산량에서 천해양식 생산량이 차지하는 비중 역시 2000년 26%에서 2011년 45.4%로 지속적으로 증가하는 추세를 보이고 있다.

천해양식 생산량 가운데 전북생산량은 2000년 20톤에서 2011년 6,779톤으로 지난 10여 년간 생산량의 비약적인 발전을 이루었다. 2011년을 기준으로 전북은 패류양식 생산량에서 1.7%, 생산금액에서 약 42.9%의 비중을 차지하였으며, 천해양식 총생산금액에서는 두 번째로 비중이 높은 13.4%로서 조피볼락, 김류, 굴류를 능가하게 되었다.

전남도의 조사에 따르면 도내 21,000여가를 대상으로 2011년 소득을 조사한 결과 1억 원 이상의 고소득자가 2,220여가(10.6%)였으며, 이 중 20.3%(451여가)는 완도군의 천복양식 어가로 나타났다. 때문에 현재 전체 생산량의 80%를 담당하고 있는 완도에서는 천복 양식업이 고소득을 보장하는 새로운 농어촌 귀향 모델로서 각광받아 고학력 전문직 청년층의 유입이 지속적으로 이루어지고 있으며, 가족연봉제 등과 같은 기업 경영방식을 도입하여 운영하는 어가가 늘어나고 있는 실정이다. 완도 내 해상가두리 천복양식 면허 건수와 면적은 지난 7년간 연평균 약 14%씩 증가하였다.

천복 양식업에 있어 이와 같은 지속적인 생산량과 생산금액의 증대에도 불구하고, 평균 판매 단가는 2000년 97,070원/kg에서 2011년 35,242원/kg으로 급격하게 하락하여 연평균 8.4%의 지속적인 감소 추세를 보이고 있어, 이러한 생산의 양적 증대가 실제로 양식 어업인의 소득으로 이어지는지에 대한 문제에 의문과 함께 천복 양식 어가의 경영상태를 진단할 수 있는 양식경영실태 조사를 통한 연구의 필요성이 제기된다.

본 연구에서는 완도지역에서의 양식경영실태 조사를 통하여 생산에서 발생하는 기술적 효율

성을 추정하고, 이러한 기술적 효율성에 영향을 주는 요인을 규명함으로써 개별 경영체 간의 경영격차를 설명하고자 하였으며, 이러한 기술적 효율성을 지역별로 비교해 봄으로써 완도지역 해상가두리 천복양식업의 생산효율성 향상방안을 제시하고자 한다. 또한, 국제 원자재 가격변화 등으로 인한 양식원가의 지속적인 상승과 외국과의 자유무역협정 체결로 국제적 경쟁 심화가 예상되는 가운데, 본 연구를 통해 현재의 경영상태를 진단함으로써 단기적으로는 경영체 효율화를 위한 기준을 검토하고, 장기적으로는 이러한 외적 환경 변화에 향후 능동적으로 대처하여 지금까지의 급성장에서 안정적인 산업적 기반을 마련할 수 있는 기회를 마련하고자 하였다.

II. 선행연구 및 이론적배경

1. 선행연구 검토

양식업의 생산효율성을 분석한 국외 연구를 살펴보면, Sharma et al.(1999)은 DEA 기법을 이용하여 중국 내수면 어류 양식장에서 다종양식(polyculture) 시 경제적 효율성과 다양한 어종에 대한 최적사육밀도를 추정하였다. Inuma et al.(1999)은 기술적 비효율성 모델을 이용한 SFA 기법으로 말레이시아 잉어 양식의 기술적 효율성과 그 결정요인을 추정하였고, Martinez - Cordero et al.(2004)은 투입물 거리 함수를 이용하여 멕시코 새우 양식장의 환경 영향이 포함된 농장성과 지표를 평가하고자 하였다. Chianga et al.(2004)은 SFA 기법을 이용하여 대만 밀크피쉬 생산의 기술적 효율성을 분석하였다. Cinemre et al.(2006)은 DEA 기법을 이용하여 터키 송어 양식장의 비용 효율성과 비효율성의 결정 요인을 추정하였다. 양식업 경영실태에 대한 국외 연구들은 계량 경제적(econometric method) 측면에서 접근하여 DEA, SFA 기법을 이용한 연구들이 활발하게 이루어지고 있는 상태이다.

양식업의 생산효율성을 분석한 국내 연구들은 주로 대상품목 양식이 활발한 지역에서의 표본조사를 바탕으로 양식경영실태를 분석하여 양식표준을 설정함으로써 효율적 관리기준을 바탕으로 양식소득 향상 방안을 제시하는 방향으로 이루어져 왔다. 관련 연구로서 박영병 외(2006), 어윤양(2006), 김태용 외(2006), 박영병(2007), 송정현(2011) 등을 찾아볼 수 있다. 김태용 외(2006)는 하의도 Y전복양식장 경영실태를 사례로 수익성을 검토하여 완도의 유사규모업체 5곳의 평균치와 비교분석하였다. 하의도의 경우, 타 지역에 비해 양식시설과 면적에 있어 협소하지만 전반적인 재무상태가 안전하고 양호한 것으로 나타났다. 박영병 외(2007)는 전북 양식의 표준양식원가를 추정하고, 수익성과 경제성 및 민감도를 분석하였다. 조사대상은 육상 수조식 양식장과, 해상가두리식 양식장을 모두 포함하였고, 완도, 해남, 진도, 여수, 흑산도, 동해안, 제주에 걸쳐 전국 85개 양식장의 자료가 이용되었다. 분석 결과, 거의 모든 지역 모든 규모에서 현재의 가격에서는 경제성이 없으며, 규모에 따른 비용의 감소는 있지만 수익의 증가는 판단할 수 없었다.

국내 농업분야에서는 DEA 기법 뿐만 아니라 SFA 기법을 적용하여 생산효율성과 그 결정요인을 추정한 다양한 연구들이 이루어져 왔다. 관련 연구로는 안동환 외(1999), 김웅 외(2006), 여민수(2011) 등을 찾아볼 수 있었으며, 수산업에서는 최종열 외(2010)는 근해어업의 연안자망어업을 대상으로 DEA와 SFA 기법을 모두 적용하여 생산효율성을 분석하였다. 최근에는 DEA 기법을 이용하여 생산효율성을 분석함으로써 효율적 양식경영 방안을 제시하고자 하는 국내 연구들이 증가하고 있다. 서주남(2009)은 부산 기장지역 미역, 다시마 양식장의 경영자료를 바탕으로 DEA 기법을 이용하여 생산규모별 비교분석을 통해 해조류 생산의 적정규모를 추정하고자 하였다. 또한 양식경영효율화 방안을 검토하

기 위해 측정된 어장규모별 효율성을 수익성, 어장단위당 생산성, 노동생산성과 연계하여 설명하였다. 강효군(2011)은 광어양식업의 경영실태를 파악하고 DEA 기법을 이용하여 생산효율성을 분석함으로써 효율적 생산을 위한 적정 양식수준을 도출하고자 하였다. 김도연(2012)은 DEA 기법을 통해 해상가두리 양식업에서 대상이 되는 다수 어종에 대한 생산효율성을 분석하여 상대적으로 효율적인 어종과 비효율이 일어나는 원인을 알아봄으로써 개별 어종의 생산성 향상 방안을 제시하였다. 현재까지 국내 연구에서 계량경제적 측면의 전북양식업 효율성 분석에 관한 연구는 이루어지지 않았으며, 기존 양식업 연구에서 또한 생산효율성 추정을 위해 모수적 기법인 확률적 프론티어 접근법(stochastic frontier approach, SFA)을 적용한 연구는 이루어지지 않은 상태다.

2. 분석모형의 이론적 배경

1) 효율성의 측정방법

Koopmans(1951)와 Debreu(1951)의 영향을 받아 효율성을 실증적으로 측정하고자 하였던 Farrell(1957)의 연구는 Aigner and Chu(1968)에 의해 모수적 효율성 측정 방법으로 발전하였다. 이후 Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)에 의해서 비모수적 효율성 측정방법으로 발전하게 되었다.

Charnes, Cooper, and Rhodes(1978)는 Farrell의 연구결과를 바탕으로 자료포락분석(data envelopment analysis, DEA)이라고 하는 효율성 측정을 위한 비모수적 방법을 제시하였다. DEA 기법은 선형계획법 모형(linear programming model)의 형태를 갖는 경영과학기법으로써 경영체의 효율성 측정뿐만 아니라 비효율성의 원인 및 효율성 개선의 목표수준 설정을 위한 방법으로 다양하게 이용되고 있다. DEA 기법은 다수투입·다수산출 상황을 모형에서 명시적으로 고려할 수 있는 장점이 있으나 확률오차의 영

향을 고려하지 않는 확정적모형(deterministic model)으로서 측정상의 오차 등을 모두 비효율성으로 간주하여 비효율성이 과장될 수 있다는 것이 단점으로 지적된다.

2) 확률프론티어모형

Aigner and Chu(1968)는 Farrell의 연구결과를 바탕으로 산업의 효율성을 측정하기 위한 계량 경제학적 생산분석 방법을 제시하였다. 이러한 연구는 Aigner, Lovell, and Schmidt(1977), Meeusen and van den Broeck(1977) 등에 의해서 확률적 프론티어 접근법(stochastic frontier approach, SFA)으로 발전하여, 이후 Jondrow, Lovell, Materov, and Schmidt(1982)의 연구에 의해 개별경영체적 수준에서 효율성 측정이 가능하게 되었다. 모수적 방법인 SFA 기법은 효율성 측정에서 확률오차의 영향을 명시적으로 고려함으로써 모형에 이용된 투입변수들의 통계적 검증이 가능하며, 확률오차와 비효율성이 구분되어 측정되는 장점이 있다. 그러나 다수투입 · 다수산출 상황을 고려하는 것이 어렵고, 생산함수의 형태와 비효율성의 분포를 미리 가정해야만 한다.

SFA는 아래와 같은 식 (1)로 모형화한 생산프론티어와 효율성을 추정하는 방법이다.

$$y_i = h(x_i; \beta) e^{v_i} e^{-u_i} = y_i^* e^{v_i} e^{-u_i} \quad (1)$$

여기서 y_i 는 경영체 i 의 산출량, x_i 는 투입벡터, h 는 생산함수, β 는 생산함수의 모수가 된다. v_i 는 평균값이 0이고, 분산이 σ^2 인 정규분포를 가정한 확률변수로서 모형설계오류, 측정오차, 그리고 확률적 사건의 영향을 의미한다. 그러므로 e^{v_i} 는 1을 중심으로 변동하며 확률오차의 영향으로 생산함수 $h(x_i; \beta)$ 가 변동하는 비율로 해석가능하다. u_i 는 경영체 i 의 비효율성 수준을 나타내고, $0 \leq u_i < \infty$ 의 범위를 갖는 확률변수가 되며, 따라서 e^{-u_i} 는 $0 < e^{-u_i} \leq 1$ 의 범위에서 변동하는 경영

체 i 의 효율성 수준이 된다.

확률프론티어모형에서 비효율성의 분포는 반정규(half-normal) 분포, 절단정규(truncated-normal) 분포, 지수(exponential) 분포, 감마(gamma) 분포의 4가지 분포가 제안되어 있으며, 모수의 추정방법은 최우추정법(maximum likelihood method), 수정최소자승법(corrected ordinary least squares method)을 적용할 수 있다.

식 (1)의 확률프론티어모형(stochastic frontier model, SF모형)은 양변에 로그를 취하여 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$y_i' = h(x_i'; \beta) + v_i - u_i \quad (2)$$

식 (2)에서 추정된 결과로부터 경영체 i 의 기술적 효율성(Technical Efficiency) 즉, 생산효율은 다음 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

$$TE_i = \exp(-u_i) \quad (3)$$

가장 효율적인 경우는 u_i 가 0이 되는 경우로서, 이때의 $TE_i = 1$ 이 된다. 다시 말해 TE 는 $[0, 1]$ 사이의 값을 갖게 되며, 개별 경영체의 효율성은 자료 내에서 최적 효율의사결정단위와 비교한 상대적인 값으로서 1에 가까울수록 효율적이며, 0에 가까울수록 비효율적이다.

Ⅲ. 양식경영실태

1. 조사목적 및 내용

최초 양식 개시 시기가 다른 지역별로 어장 환경에 따른 생산성의 차이를 알아보고자 조사지역을 선정함에 있어 완도 내에서도 선발주자가 되는 부속섬 중 노화도와 보길도, 후발주자가 되는 본섬 완도를 대상지역으로 선정하게 되었다. 또한 비교적 동일한 조건하에서 개별 경영체의 경영방식은 경영성과에 어떻게 반영되는지를 알아보기 위해 다양한 규모의 경영체를 조사대상으로 포함하고자 한 지역 내에서도 2개 이상

〈 표 1 〉 조사항목

항목	내용
기본 현황	- 인적사항 - 종사기간
1. 시설 현황	- 생산면적 (가두리 칸수) - 가두리 시설방법 (2열, 3열, 4열) - 먹이시설 (미역·다시마 시설 보유현황)
2. 양식 종료	- 치패 입식량, 입식시기, 마리당 가격 - 판매까지 사육기간 - 1년 후 / 판매까지 생존율 - 먹이 공급 주기, 1회 공급량
3. 경영 실태 (2011년 기준)	- 수익: 생산량, 생산금액 - 비용: 종묘비, 인건비, 식대, 유지보수비, 유류비, 먹이시설유지비 등

의 어촌계를 방문하여 조사를 실시하였다. 조사는 현지에서 2012년 1월부터 3개월 간 실시되었으며, 응답은 질문자에 의한 면접조사법을 통해 일대일로 이루어졌다.

2. 조사결과

수집한 설문지는 총 28건이며, 노화읍 10건(5개 어촌계), 보길면 8건(4개 어촌계), 완도읍 10건(2개 어촌계)에서 응답되었다. 지역별 평균 종사기간은 노화읍이 가장 높은 9.4년으로 나타났으며, 다음으로 보길면이 8.5년, 완도읍이 7.2년 순으로 나타났다.

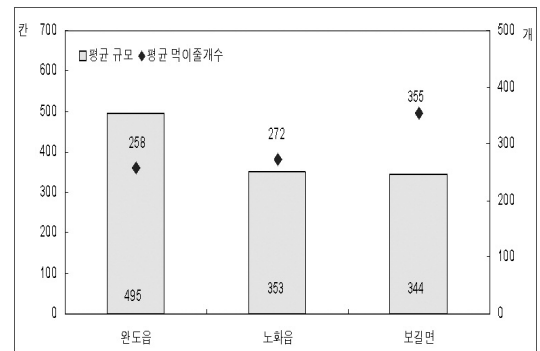
규모를 살펴보면 1칸 평균 규격이 2.2m²×2.2m²인 가두리를 기준으로 평균 규모가 가장 큰 곳은 495칸인 완도읍이고, 다음이 노화읍 353칸, 보길면 344칸 순이다. 규모별 분포를 살펴보면 세 지역 모두 60%가 300~600칸 사이인 중규모 수준으로 나타났다.

가두리 시설방식¹⁾ 분포는 완도읍의 경우 80%가 3열로 시설하고 있으며, 노화읍은 80%, 보길면에서는 75%가 4열로 시설하고 있었다. 보통 3열보다는 4열이 좀 더 과밀하게 양식하고 있는

것으로 볼 수 있으며 2열로 시설하는 곳은 조사되지 않았다.

자가생산을 위한 먹이줄²⁾ 보유 현황을 살펴보면 보길면이 355줄로 가장 높게 나타났으며, 다음 노화읍 272줄 완도읍 258줄 순으로 나타났다. 〈그림 1〉과 같이 평균 규모와 먹이줄 개수를 비교해 보면 규모가 클수록 먹이줄 개수가 줄어드는 형태를 보였다.

치패의 입식시기는 세 지역 모두 11월 초에서 중순 사이이며, 평균 입식량이 가장 높은 지역은 한칸당 1,500마리인 완도읍이고, 그 다음 보길면



〈그림 1〉 규모대비 먹이줄 보유 현황

- 1) 시설방식은 가두리를 해상에 배열한 방식을 의미하는데, 예를 들어 90칸을 소유하고 있는 경영체가 이 가두리를 세로로 3열로 시설하게 되면 1열은 30칸이 되고, 4열로 배열하게 되면 1열은 약 25.5칸이 된다. 안쪽에 비해 바깥쪽 가두리가 조류소통이 원활하기 때문에 열의 숫자가 클수록 흔히 말하는 밀식이 된다.
- 2) 전복을 양식할 때 먹이가 되는 해조류(미역, 다시마)는 자가생산을 통해 공급된다. 자가생산의 방법은 먹이줄이라고 하는 로프(평균 약 100m)에 종자를 감아 가두리 근처에 시설하여 성장시키는 것인데, 초기 종묘비 이외에 어떠한 처리나 비용은 들지 않는다.

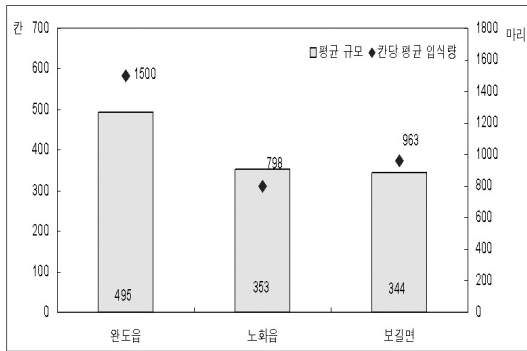
IV. 실증분석

1. 분석자료

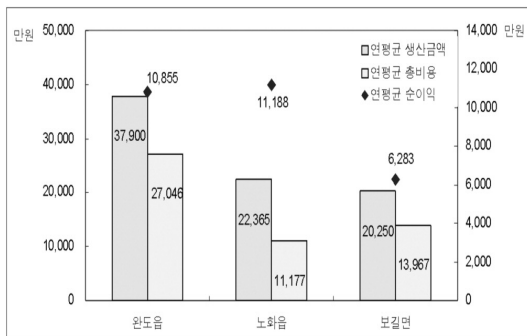
본 연구의 생산효율성 분석에는 완도 내 세 지역(노화읍, 보길면, 완도읍) 28개 경영체를 대상으로 직접 조사하여 수집된 2011년도 전복양식 경영실태 자료가 이용되었다. 먼저 확률적 프런티어 생산함수의 추정을 위한 변수는 다음과 같이 구성하였다.

전복은 다년산으로서 출하시기가 따로 정해져 있지 않으며, 같은 가두리에서 나온 생산물이라도 체장이 제각각 다르기 때문에 비슷한 생산량에서도 체장에 따라 가격차이가 생기는 점을 고려하여 연간 생산량을 산출변수로 하였다. 투입변수로는 생산면적(칸수), 치패 입식량, 노동인원의 3가지로 선정하여 분석하였다. 생산량은 평균 6,621.4kg, 표준편차 3,463.8kg, 경영체별로 900kg부터 14,000kg까지 분포하고 있으며, 경영방식에 따라 경영체별로 생산량의 편차가 다소 큰 것으로 나타났다. 투입변수에서 생산면적은 평균 401.3칸, 표준편차 182.5칸, 160칸부터 820칸까지 분포하고 있다. 입식량은 평균 44.6만 미, 표준편차 32.9만 미, 15만미에서 160만미까지 분포하고 있다. 노동인원은 자가노동과 임시노동인원을 합한 값이며, 평균 14.9명, 표준편차 5명, 6명에서 24명까지 분포하고 있다.

또한 기술적 효율성 결정변수로는 종사기간, 시설방법(3열, 4열), 판매까지 사육기간, 연간 먹이공급량을 고려하였다. 기술통계량을 살펴보면 종사기간은 평균 8.4년, 시설방법은 3.6열로 4열방식이 조금 더 많이 사용되고 있다. 판매까지



〈그림 2〉 규모대비 간당 평균 입식량 현황



〈그림 3〉 규모대비 간당 평균 입식량 현황

이 963마리, 노화읍이 798마리 순이다. 〈그림 2〉와 같이 평균 규모와 비교해 보았을 때 평균 규모와 평균 입식량 모두 완도읍이 가장 높다.

〈그림 3〉과 같이 지역별 평균 생산금액은 완도읍이 37,900만원, 노화읍이 22,365만원, 보길면이 20,250만원 순으로 나타났으며, 평균 비용 역시 완도읍이 가장 높은 27,046만원, 보길면이 13,967만원, 노화읍이 11,177만원 순이다. 순이익은 평균 생산금액에서 비용을 제외한 금액으로 노화읍이 11,188만원, 완도읍이 10,855만원, 보길면이 6,283만원 순으로 나타났다.

〈표 2〉 산출변수와 투입변수의 기술통계량

	변수	단위	평균	표준편차	최소값	최대값
산출변수	생산량(Y_1)	톤	6621.4	3463.8	900	14000
투입변수	생산면적(X_1)	칸	401.3	182.5	160	820
	입식량(X_2)	만 미	44.6	32.9	15	160
	노동인원(X_3)	명	14.9	5.0	6	24

〈 표 3 〉 기술적 효율성 결정변수의 기술통계량

결정변수	단위	평균	표준편차	최소값	최대값
종사기간(Z_1)	년	8.4	2.5	2	13
시설방법(Z_2)	열	3.6	0.5	3	4
사육기간(Z_3)	개월	28.6	2.6	24	36
먹이공급량(Z_4)	톤	386.3	324.6	120	1440

사육기간은 평균 28.6개월, 연간 먹이공급량은 평균 386.3톤이다.

2. 분석방법

실증분석에서는 앞서 설명한 변수들을 통해 개별 경영체의 기술적 효율성과 그 결정요인을 분석하고, 측정된 기술적 효율성을 지역별로 비교함에 따라 지역별 생산효율성의 차이가 실제하는지를 검증해 보고자 하였다. 먼저 SFA 기법을 적용하기 위해 아래 식 (4)와 같이 생산함수의 형태를 Cobb-Douglas 생산함수로 가정하였다. 여기서, Q_i 는 산출변수인 생산량, s *scale*, $stock_i$, $labor_i$ 는 투입변수로서 각각 생산규모(칸수), 치패 입식량, 노동인원을 나타내며, v_i 와 u_i 는 확률오차항과 비효율과 관련된 확률변수를 의미한다.

$$\ln Q_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln scale_i + \alpha_2 \ln stock_i + \alpha_3 \ln labor_i + v_i - u_i \quad (4)$$

식 (4)의 생산함수 추정에는 최우추정법(maximum likelihood method, MLM)을 사용하였으며, 비효율성의 분포는 확률오차항 v_i 의 평균값이 0, 분산이 σ_v^2 인 정규분포 $N(0, \sigma_v^2)$ 를 따르며, 비효율성 변수 u_i 는 평균값이 0, 분산이 σ_u^2 인 정규분포를 따르는 확률변수의 절대값인 반정규분포 $|N(0, \sigma_u^2)|$ 를 따르는 반정규모형(half-normal model)을 가정하였다(Aigner, Lovell, and Schmidt, 1977).

지금까지 SFA 기법을 적용한 많은 실증 분석들은 2단계 절차를 통해 기술적 효율성을 추정해 왔다. 2단계 절차는 첫 번째 단계에서 확률적

프론티어 모델을 추정하고, 두 번째 단계에서 기술적 효율성 결정변수(Z)와 효율성과의 관계를 회귀분석하여 알아보는 것이다. 첫 번째 단계에서 확률적 프론티어 모델과 개별 경영체의 효율성 수준은 결정변수인 Z 를 고려하지 않고 추정됨으로써 첫 번째 단계에서의 모델 추정치가 과소분포하여 부정확하게 되고, 때문에 2단계 절차는 분석결과에 편의(bias)를 준다고 알려져 있다. 이러한 2단계 절차에서 발생하는 편의(bias) 문제에 대한 방안으로 최우추정을 통해 Z 와 기술적 효율성 사이 관계가 처음부터 적용되는 1단계 절차 모델이 제안되었다(Wang and Schmidt, 2002). 본 연구에서는 2단계 분석의 편의(bias)를 해소하기 위해 첫 번째 단계에서 추정된 확률적 프론티어 생산함수의 추정결과값에 자연로그를 취해 실제값을 다시 계산하였고, 두 번째 단계의 회귀분석에서 Tobit 모형을 적용하여 상한값을 1, 하한값을 0으로 지정하여 분석하였다. 또한 1단계 절차로도 분석하여 비교한 결과 같은 추정치를 확인할 수 있었기 때문에 실증분석 결과는 2단계 절차를 통해 설명하고자 한다.

3. 분석결과

완도지역 전북양식 경영체를 대상으로 SFA 기법을 통해 생산함수를 추정한 결과는 다음 〈표 4〉와 같다. 전북 생산량을 통해 생산효율성을 추정한 결과 생산규모(가두리 칸수) 변수만이 1% 수준에서 유의성이 있는 것으로 분석되었다. 추정계수와 생산탄력성을 비교해보면, 생산규모의 추정계수는 0.871이며, 1% 수준에서 통계적으로 유의하다는 것은 생산규모를 1%

증가시키면 전복생산량이 0.871% 증가한다는 것을 의미한다.

통계수준에 있어 유의수준을 5%로 설정했을 때, 생산함수에서 확률오차항 중 확률 오차분포

〈표 4〉 SFA 생산함수 추정 결과

변수	추정치	표준오차
Constant	3.284	0.331
lnscale	0.871***	0.207
lnstock	0.110	0.238
lnlabor	0.031	1.793
σ^2	0.226	0.207
γ	0.938**	0.615
σ_u	0.325	0.467
Log(likelihood)	-13.889	

주: ***은 1%, **은 5%, *은 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미함.

〈표 5〉 기술적 효율성 결정변수 추정 결과

변수	추정치	표준오차
Constant	0.402	0.402
experience	-0.007	-0.007
method	0.217***	0.217
farming	-0.004	-0.004
feeding	-0.000	-0.000
Log(likelihood)	-4.749	

주: ***은 1%, **은 5%, *은 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미함.

〈표 6〉 SFA를 통한 기술적 효율성 추정 결과

기술적 효율성 추정값	경영체수
0.50~0.60	1 (3.6%)
0.70~0.80	6 (21.4%)
0.90~1.00	8 (28.6%)
1.00	13 (46.4%)
평균	0.90
표준편차	0.12
최소값	0.53
최대값	1.00

〈표 7〉 지역별 기술적 효율성 ANOVA 분석

	관측수(개)	평균(TE)	표준편차	F-statistics (p-value)
노화읍	10	0.89	0.16	0.26 (0.77)
보길면	8	0.92	0.09	
완도읍	10	0.88	0.10	

의 표준편차 σ^2 에 대한 비효율성 분포의 표준편차 σ^2 의 비율인 γ 값이 5% 내에서 유의적인 것으로 나타났으며, 비효율성 u 의 표준편차인 σ_u 의 값도 0이 아님으로써 유의한 것으로 나타나, 비효율성 변수에 대한 가정이 적절한 것으로 검증되었다. 확률오차항 중에서도 확률오차 분포의 표준편차 σ^2 에 대한 비효율성 분포의 표준편차 σ_u 의 비율인 γ 값 역시 0.938로서 통계적으로 유의한 수준임을 나타낸다.

다음 절차로, Tobit 회귀모형을 이용해 기술적 효율성의 결정변수를 분석한 결과, 4가지 변수 중에서 시설방법 변수만 1% 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 추정계수는 0.217로, 양의 값을 가짐에 따라 3열보다는 4열로 시설하는 경영체가 기술적 효율성이 높은 것을 나타낸다.

완도지역 전복 생산량에 대한 기술적 효율성 추정결과는 〈표 5〉와 같이 분포한다. 평균 기술적 효율성은 0.90으로 추정되었고, 이는 곧 10%의 기술적 비효율성이 존재한다는 것을 의미한다. 분포를 살펴보면, 최소 0.53에서 최대 1.00까지 구간에 위치하며 완전 효율적으로 나타난 경영체수는 13개로서 전체의 46.4%로 분석되었다.

기술적 효율성을 지역별로 다시 살펴보면, 보길면이 가장 높은 0.92, 노화읍이 0.89, 완도읍이 0.88로 나타났다. 지역별 기술적 효율성을 이용하여 ANOVA 분석을 실시한 결과 지역별 특성에 따른 세 지역의 기술적 효율성은 F-값이 0.26으로 분석되어 통계적으로 유의적인 수준을 나타내지 못했다.

V. 결 론

본 연구에서는 완도 내 노화읍, 보길면, 완도읍에서의 양식경영실태조사를 바탕으로 SFA 기법을 적용하여 생산에서 발생하는 생산효율성과 그 결정요인을 추정하고, 추정된 기술적 효율성을 지역별로 비교해 보고자 하였다. 현재 산업적으로 대대적인 전복생산이 이루어지는 완

도군에서는 생산의 양적 증대와 함께 해상가두리 전복양식 면허건수와 면적 또한, 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 면허건수와 면적은 2005년부터 2011년까지 각각 연평균 14.4%, 13.3% 증가하였다.

먼저 양식경영실태조사 결과를 통해 경영상태를 살펴본 결과, 지역별 평균 생산금액은 완도읍이 가장 높은 37,900만원, 노화읍이 22,365만원, 보길면이 20,250만원 순으로 나타났으며, 평균 비용 역시 완도읍이 가장 높은 27,046만원, 보길면이 13,967만원, 노화읍이 11,177만원 순이다. 평균 생산금액에서 비용을 제외한 순이익은 노화읍이 가장 높은 11,188만원, 완도읍이 10,855만원, 보길면이 6,283만원 순으로 나타났다.

실증 분석에는 반정규분포(half-normal distribution)를 따르는 Cobb-Douglas 생산함수를 가정하여 기술적 효율성을 추정하였다. 이 때 2단계 추정과정에서의 bias를 해소하기 위해, 1단계 생산함수 추정값에는 자연로그를 취해 실제값을 재계산하였고, 2단계에서는 상한값과 하한값을 지정하는 Tobit 회귀분석을 적용하였다. 1단계 전복 생산량을 통해 생산효율성을 추정한 결과, 생산규모(가두리 칸수) 변수가 1% 수준에서 유의한 것으로 나타났다. 다음 2단계에서 Tobit 모형을 이용하여 기술적 효율성 결정변수를 분석한 결과 시설방법 변수가 1% 수준에서 유의한 것으로 나타났다. SFA 기법에 의한 완도 지역 전복 양식 경영체의 전체 평균 기술적 효율성은 0.90으로 전체 28개 경영체 중 46.4%인 13개 경영체가 완전 효율적인 생산을 영위하는 것으로 분석되어 평균 10%의 기술적 비효율성을 개선하면 생산량 증대의 가능성이 매우 높다고 할 수 있다. 기술적 효율성을 지역별로 살펴보면 보길면 0.92, 노화읍 0.89, 완도읍 0.88 순으로 미미한 차이를 보였다. 이를 통해 지역별 기술적 효율성의 ANOVA 분석을 실시한 결과 검증결과가 통계적으로 유의한 수준에 미치지 못했다.

완도 내 노화읍, 보길면, 완도읍에서의 양식경

영실태조사 결과를 정리하면 완도읍은 평균 생산량과 생산금액이 노화읍, 보길면에 비해 높지만 평균 비용 역시 두 지역에 비해 높음으로써 순이익은 가장 낮은 형태를 보이고 있으며, 기술적 효율성 역시 가장 낮은 0.88을 나타냈다. 이는 두 지역에 비해 상대적으로 양식 개시 시기가 늦은 완도읍에서 가능성을 가지고 적극적으로 전복양식에 투자하여 육성하고 있는 것으로 보여진다. 노화읍의 경우 평균 생산량과 생산금액이 가장 낮지만 오히려 순이익은 가장 높은 형태를 보이고 있는데, 기술적 효율성이 두 번째로 높은 0.89이며 기술적 효율성의 표준편차가 세 지역 중 가장 높았다. 이러한 사실을 바탕으로 완도 내에서 해상가두리 전복양식 개시가 가장 빠른 만큼 어장환경 저하에 따른 생산량 감소를 지금까지의 양식경험과 최소한의 시설비용으로 유지하고 있는 것으로 해석된다. 보길면의 경우 양식 개시 시기가 완도읍과 노화읍 사이이며, 평균 생산량과 생산금액, 순이익이 역시 완도읍과 노화읍 사이이지만 기술적 효율성은 가장 높은 0.92를 나타냈다. 다년간의 양식으로 어장 환경은 노화읍과 마찬가지로 저하되고 있지만, 여전히 많은 기대를 가지고 양식시설과 생산에 투자함으로써 생산량을 유지하고 있는 것으로 볼 수 있다.

완도지역 전복양식의 기술적 효율성은 평균 0.90으로 약 10%의 기술적 비효율성을 극복한다면 생산량을 더욱 증대시킬 수 있으며, 또한 시설방법에 있어 3열보다 4열로 시설할 경우 생산량을 더욱 증대시킬 수 있는 것으로 분석되었다. 하지만 전체 전복 생산량이 어느 정도 안정기에 들어선 지금은 향후 세 지역 모두 단기적인 생산량 증대에 집중할 것이 아니라, 어장정화를 위한 노력으로서 어장청소나 어장이동, 휴식기간 등을 취하고자 하는 적극적인 자생노력이 필요한 시점이 될 것이다.

본 연구에서는 데이터 수집의 한계로 인한 표본 부족으로 통계적으로 유의미한 결과를 다양

하게 도출해 내지 못했으며, 횡단면 자료만을 사용하여기 때문에 시간의 흐름에 따른 경영실태의 추세를 반영하지 못하였다. 또한 현장을 통한 양식경영실태 조사에서 지역별 어장환경에 대한 정보(어장 년수, 어장환경 등)를 수집하여 생산효율성 분석에 포함하고자 하였으나 관련 통계자료의 미비로 어장환경에 대한 변수를 포함하지 못한 것이 한계점으로 남는다.

참고문헌

- 강효균, 우리나라 광어양식업의 효율성에 관한 연구, 부경대학교대학원 자원경제학과 석사학위논문, 2011, pp.5-28.
- 광주일보, “[전북의 섬 완도] 귀향 부르는 전북 ... 활력 되찾은 어촌”, 2012.05.24.
- 김도연, DEA를 이용한 해상가두리양식업의 효율성 분석, 부경대학교대학원 자원경제학과 석사학위논문, 2012, pp.6-14.
- 김성호 외, 효율성 분석 이론과 활용, 서울경제경영출판사, 2007, pp.246-253.
- 김용 · 김재홍, “반축성 시설수박 재배농가의 경제적 효율성 분석”, 농업과학연구, 제33권 제2호, 2006, pp.179-193.
- 김태용 · 김연수, “하의도지역 해상가두리 전복양식의 수익성 분석”, 한국도서학회지, 제18권 제3호, 2006, pp.107-120.
- 농림수산식품부, “어업생산통계연보”, 2000-2011.
- 박경일, SFA기법을 이용한 상호저축은행의 효율성 분석, 부산대학교대학원 경제학과 석사학위논문, 2011, pp.47-58.
- 박영병, 조피볼락 양식 표준 지침서, 국립수산물과학원, 2006
- 박영병 · 어윤양, 전복 양식 표준 지침서, 국립수산물과학원, 2008
- 서주남, 해조류 양식업 규모의 효율성 추정에 관한 연구, 부경대학교대학원 해양산업경영학과 석사학위논문, 2009, pp.30-39.
- 송정현, “어류 양식업에 있어서 생사료와 배합사료 급이방식의 경영성과 비교분석”, 수산해양교육연구, 제23권 제3호, 2011, pp.526-532.
- 안동환 · 강봉순 · 권오상, “확률적 프론티어 접근법을 이용한 한국 쌀 농업의 생산성 변화 분리 계측”, 농업경제연구, 제40권 제1호, 1999, pp.37-61.
- 어윤양, 넙치 양식 표준 지침서, 국립수산물과학원, 2006.
- 여민수 · 홍승지, “양봉농가의 기술적 효율성 분석”, 농업과학연구, 제37권 제3호, 2010, pp.509-514.
- 옥영수, “전복 양식업의 현안문제와 정책방향”, 수산정책연구, 제5권, 2010, pp.13-36.
- 완도군청, “내부자료”, 2005-2011.
- 이주병, 경제효율성과 거버넌스의 관계에 대한 연구, 부산대학교대학원 경제학과 석사학위논문, 2008, pp.21-27.
- 최종열 · 김기석 · 김도훈, “연안어업경영의 생산효율성 분석 : DEA와 SFA 기법 비교를 중심으로”, 한국경영과학회지, 제35권 제3호, 2010, pp.59-68.
- Aigner, D., C.A.K. Lovell, and P. Schmidt, “Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models,” *Journal of Econometrics*, Vol.6, No.1, 1977, pp.21-37.
- Sharma, K.R., P. Leung, H. Chen, and A. Peterson, “Economic efficiency and optimum stocking densities in fish polyculture: an application of data envelopment analysis (DEA) to Chinese fish farms,” *Aquaculture*, Vol.180, 1999, pp.207-221.
- Iinuma, M., K.R. Sharma and P. Leung, “Technical efficiency of carp pond culture in peninsula Malaysia: an application of stochastic production frontier and technical inefficiency model,” *Aquaculture*, Vol.175, 1999, pp.199-213.
- H.J. Wang, P. Schmidt, “One-Step and Two-Step Estimation of the Effect of Exogenous Variables on Technical Efficiency Levels,” *Journal of Productivity Analysis*, Vol.18, 2002, pp.129-144.
- Martinez-corderoa, F.J., P. Leung, “Sustainable aquaculture and producer performance: measurement of environmentally adjusted productivity and efficiency of a sample of shrimp farms in Mexico,” *Aquaculture*, Vol.241, 2004, pp.249-268.

Chianga, F.S., C.H Suna, and J.M. Yu, "Technical efficiency analysis of milkfish(*Chanos chanos*) production in Taiwan-an application of the stochastic frontier production function," *Aquaculture*, Vol.230, 2004, pp.99-116.

Cinemre, H.A., V. Ceyhan, M. Bozoglu, K. Demiryurek, O. Kilic, "The cost efficiency of trout farms in the Black Sea Region, Turkey," *Aquaculture*, Vol.251, 2006, pp.324-332.