

## 연안어업경영의 생산효율성 분석 : DEA와 SFA 기법 비교를 중심으로

최종열\* · 김기석\* · 김도훈\*\*†

### Productive Efficiency of the Coastal Fishing Business : A Comparison of Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis

Jong Yeol Choi\* · Ki Seog Kim\* · Do Hoon Kim\*\*

#### ■ Abstract ■

Improving productive efficiency is important for strengthening a competitiveness of coastal fisheries. This paper examines the productive efficiency of a sample of coastal gillnet fishing business units by estimating a stochastic frontier analysis (SFA) and a data envelopment analysis (DEA) approaches and compares those estimates obtained from two approaches. The estimated mean productive efficiency by SFA is 77.6% and the mean productive efficiencies obtained for the VRS and CRS DEA are 75.9% and 45.7%, respectively. The joint use of SFA and DEA for estimating efficiency is also discussed.

Keyword : Data Envelopment Analysis, Stochastic Frontier Analysis, Productive Efficiency, Coastal Fisheries, Gillnet Fishery

논문접수일 : 2010년 01월 20일    논문게재확정일 : 2010년 07월 23일

논문수정일(1차 : 2010년 06월 14일, 2차 : 2010년 07월 21일)

\* 부산대학교 상과대학 경영학부

\*\* 국립수산물과학원 기술경영센터

† 교신저자

## 1. 서 론

생산효율성(기술적 효율성)은 경영체의 투입요소와 산출요소간의 효율성을 측정하는 것으로, 경영체의 생산성 혹은 수익성을 판단하는 중요한 지표가 된다. 이에 따라 경영체들간의 효율성 비교를 통해 개별 경영체는 경영진단과 개선을 위한 자료로 활용할 수 있다. 그리고 해당 경영체들이 속해 있는 산업 전체적으로도 생산성을 파악하여 다른 국가와 비교할 수 있을 뿐만 아니라 산업 발전을 위해 필요한 각종 정책을 위한 자료로 유용하게 이용될 수 있다.

이러한 중요성을 배경으로 생산효율성은 지금까지는 농업, 병원업, 제조업, 관광업 등 여러 산업에서 추정되었다(박지영 외 2인, 2008; 이형석 · 김기석, 2007; 한광호, 2008; Hofmarcher et al., 2002; Hwang and Chang, 2003; Madlener et al., 2009; Olesen and Petersen, 2002; Tortosa-Ausina, 2002). 어업분야에 있어서는 국외적으로 하와이 연승어업(Sharma and Leung, 1999)과 중부대서양 가리비 어업(Kirkley et al., 1995) 등에 대한 생산효율성이 추정되었다. 특히 2000년대 이후 국제적인 어획능력(fishing capacity)<sup>1)</sup> 관리 문제가 대두됨에 따라 어획능력 측정을 위한 방법론 중의 하나로 생산효율성(기술적 효율성) 분석방법에 관한 논의가 국내외적으로 진행되었다(김도훈, 2006; FAO, 2004; Kirkley et al., 2001).

생산효율성 분석을 위한 기법으로는 크게 비모수적 방법인 DEA(Data Envelopment Analysis) 기법과 계량모형을 이용한 모수적 방법인 SFA(Stochastic Frontier Analysis) 기법이 널리 활용되어지고 있다. 앞서 언급한 선행연구들도 두 기법 중의 하나를 이용하여 생산효율성을 추정하고 있으며, 2000

년대 이후 어획능력 측정을 위한 효율성 분석에 있어서도 DEA 기법이 널리 활용되어져 왔다(Pascoe et al., 2001; Zheng and Zhou, 2005).

DEA와 SFA 기법은 각기 장단점을 모두 가지고 있는데, DEA 기법의 경우 산출과 투입요소에 대한 가중치를 필요로 하지 않으면서, 다수의 산출물을 포함하여 분석할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 측정상의 오차 등이 모두 비효율적인 요소로 포함되어 비효율성의 정도가 과장될 수 있는 단점이 있다. 그리고 SFA 기법의 경우에는 모수적 방법의 특성상 모형에서 사용된 투입변수들의 통계적 검증이 가능할 뿐만 아니라 확률적 오차와 비효율성을 구분하여 추정할 수 있는 장점이 있다. 이에 반해 생산함수의 형태와 비효율성의 분포를 미리 가정해야 하는 단점 등이 있다(Cooper et al., 2007; Kumbhakar and Lovell, 2000; Minh et al., 2007). 하지만 각 기법이 가지고 있는 단점은 두 기법을 상호보완적으로 활용함으로써 완화될 수 있는 측면이 있을 수 있는데, 이러한 부분에 대해서는 아직 모색되지 않은 실정이다.

본 연구에서는 연안어업 중 어획규모와 생산량 비중이 상대적으로 큰 연안자망어업 경영체에 대한 생산효율성을 DEA와 SFA 기법 모두를 사용하여 추정하고, 각 기법의 결과를 비교해 보았다. 현재 대내외적 수산 환경 변화에 따라 연안어업의 경영안정화와 경쟁력 강화를 위한 정책 수립과 연안어업 구조조정사업을 위한 각종 정책적 대안 마련이 시급한 실정에서 본 연구는 이러한 정책 수립 및 운용에 대한 기초적인 자료와 방법론을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 구체적으로 분석에 있어서 DEA 기법에서는 불변규모수익(CRS) 모형과 변동규모수익(VRS) 모형을 분리하여 각각의 효율성을 추정하였고, 이를 SFA 기법에 의한 추정 결과와 비교 분석하였다. 그리고 이러한 분석 결과를 바탕으로 향후 생산효율성 추정에 있어 각 기법의 상호보완적 이용방안을 함께 모색해 보았다.

본 연구의 구성으로 다음 제 2장에서는 본 연구에서 사용된 생산효율성 분석기법인 SFA 기법과

1) 어획능력(fishing capacity)은 생산 최대화에 근거하여 주어진 시장여건, 어업자원상태, 기술적 상황 하에서 조업활동에 아무런 제약조건이 없을 경우 일정기간 동안 어선이 생산할 수 있는 최대 생산량을 의미하는데(FAO, 2004), 이러한 개념은 생산효율성 측정과 일치하고 이에 따라 어획능력 측정을 위한 방법론 중의 하나로 DEA 기법 등이 논의되고 활용되었음.

DEA 기법에 대해 살펴보았다. 그리고 제 3장에서는 본 연구의 대상인 연안자망어업의 현황과 분석에서 사용된 자료에 대해 서술하였으며, 제 4장에서는 각 기법에 의한 생산효율성 분석결과를 정리하였다. 마지막 제 5장에서는 분석결과의 요약과 결론을 맺음으로써 본 연구를 마무리 하였다.

## 2. 생산효율성 분석기법

### 2.1 SFA 기법

SFA 기법에서는 투입요소와 산출요소간의 관계를 생산함수의 형태로 나타내고, 여기에 오차항을 확률적 오차를 반영하는 확률 오차항과 생산의 비효율성을 반영하는 항으로 구분하여 표시하게 된다(Aigner et al., 1977; Kumbhakar and Lovell, 2000). 즉, 현재의 기술 수준 하에서 일정한 양의 생산요소를 투입하였을 때 최대의 산출량을 나타내는 함수식을 다음의 식 (1)과 같이 정의한다.

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

그리고 식 (1)의 생산함수 양변에 로그를 취할 경우 SFA 기법 하에서의 생산함수 모형은 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln y_i = f(x_i; \beta) + v_i - u_i \quad (2)$$

여기서,  $\ln y_i = \log y_i$  그리고  $\ln x_i = \log x_i$ 를 의미하는데,  $y_i$ 는  $i$ 번째 경영체의 생산량,  $x_i$ 는  $i$ 번째 경영체 투입요소함수의( $1 \times k$ ) 벡터,  $\beta$ 는 추정될 계수의( $k \times 1$ ) 벡터,  $v_i$ 는 확률적 오차의 영향을 나타내는 확률 오차항[ $iid N(0, \sigma_v^2)$ ], 그리고  $u_i$ 는  $(0, \infty)$ 의 범위를 갖는 확률변수로  $i$ 번째 경영체의 비효율성 수준을 의미한다.

비효율성 변수의 분포로는 반정규(half-normal) 분포, 절단정규(truncated-normal) 분포, 지수(exponential) 분포, 그리고 감마(gamma) 분포 등 4가지 분

포가 제안되어져 있고, 모수의 추정방법으로는 최우추정법(maximum likelihood method), 수정최소사승법(corrected ordinary least squares method) 등을 적용할 수 있다(Aigner et al., 1977; Kumbhakar and Lovell, 2000; Meeusen and Van Den Broeck, 1977).

식 (2)의 추정된 함수 결과를 바탕으로  $i$ 번째 경영체의 생산효율성( $TE_i$ )은 식 (3)에서와 같이 계산된다.

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

$i$ 번째 경영체의 최대 생산량(프론티어 생산량)은 실제 생산량을 식 (3)에서 추정된 생산효율성 값을 나눔으로써 구해진다.

그리고 SFA 생산함수 변수들의 결정계수로부터  $k$ 번째 투입변수( $x$ )에 대한 산출( $y$ )의 탄력성(elasticity,  $\epsilon_k$ )을 구할 수 있고, 각 투입변수에 대한 탄력성을 합해서 규모에 대한 수익(returns to scale, RTS)을 추정할 수 있다. 만약 SFA 생산함수가 초월대수(translog) 함수형태를 가진다면  $k$ 번째 투입변수( $k$ )에 대한 산출탄력성은 식 (4)과 같이 구할 수 있다.

$$\epsilon_k = \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_k} = \alpha_k + 2\alpha_{kk} \ln \bar{x}_k + \sum_{j \neq k} \alpha_{kj} \ln \bar{x}_{ji} \quad (4)$$

여기서,  $\bar{x}_s$ 는 SFA 생산함수에서 사용된 투입변수들의 평균값을 의미한다.

### 2.2 DEA 기법

DEA 기법은 선형계획법을 이용하여 가장 효율적인 경영체의 프론티어를 구성하는 방법으로 경영체들간의 상대적 효율성을 측정한다. DEA 기법은 불변규모수익(CRS)을 가정하는 모형과 변동규모수익(VRS)을 가정하는 모형으로 크게 나눌 수 있다.

DEA 기법을 구체적으로 살펴보기 위해 우선,  $n$ 개의 경영체가 있고, 각 경영체는  $m$ 개의 투입요소를 사용하여 하나의 산출물을 생산한다고 가정할

경우,  $i$ 번째 경영체의 변동규모수익(VRS)을 가정하는 DEA 모형은 다음의 식 (5)과 같다.

$$\text{Max } h_0 = \phi_i + \epsilon \left[ \sum_{k=1}^m e_k + \sum_{r=1}^s s_r \right] \quad (5)$$

subject to:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_j - \phi_i y_i - s_r = 0 \quad r = 1, \dots, s;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{kj} + e_k = x_{ki} \quad k = 1, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad j = 1, \dots, n;$$

$$\lambda_j \geq 0; \quad s \geq 0; \quad e_k \geq 0$$

여기서,  $\phi_i$ 는  $i$ 번째 경영체의 효율성 값과 관련된 모형의 결정변수,  $s$ 는 산출물 슬랙(slack),  $e_k$ 는  $k$ 번째 투입물 슬랙(slack), 그리고  $\lambda_j$ 는  $j$ 번째 경영체와 관련된 결정변수(가중치)이다. 불변규모수익(CRS)을 가정하는 DEA 모형은  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$  제한조건을 제외함으로써 구할 수 있다.

$i$ 번째 경영체의 프론티어 생산량 수준( $\hat{y}_i$ )은 다음의 식 (6)에서와 같이 구할 수 있다.

$$\hat{y}_i = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j = \phi_i y_i \quad (6)$$

그리고  $i$ 번째 경영체의 생산효율성( $TE_i$ )는 다음의 식 (7)과 같이 계산할 수 있다.

$$TE_i = \frac{y_i}{\hat{y}_i} = \frac{1}{\phi_i} \quad (7)$$

일반적으로 불변규모수익(CRS)을 가정하는 DEA 모형에 의한  $i$ 번째 경영체의 생산효율성 추정치( $TE_{i,CRS}$ )가 변동규모수익(VRS)을 가정하는 DEA 모형에 의한 생산효율성 추정치( $TE_{i,VRS}$ )보다 작거나 같다(Cooper et al., 2007). 하지만 두 값을 통해 식 (8)에서와 같이,  $i$ 번째 경영체의 규모효율성(scale

efficiency,  $SE_i$ )을 추정할 수 있다.

$$SE_i = \frac{TE_{i,CRS}}{TE_{i,VRS}} \quad (8)$$

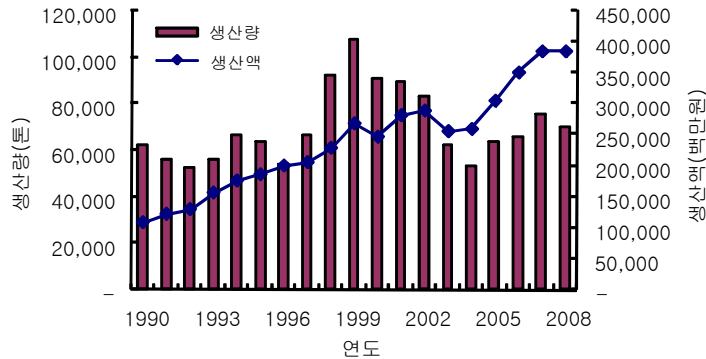
여기서, 만약  $SE_i = 1$ 이라면 규모 효율적임을 의미하고,  $SE_i < 1$ 이면 규모 비효율적임을 의미한다. 규모 비효율성은 규모에 대한 수확체증 혹은 체감으로 인하여 발생하는데, 이는 가중치의 합( $\sum_{j=1}^n \lambda_j$ )을 분석함으로써 파악할 수 있다. 만약 가중치의 합이 1이라면 규모수익불변이고, 1보다 작으면 규모수익체증, 그리고 1보다 크면 규모수익체감을 나타낸다.

### 3. 분석 자료

#### 3.1 연안자망어업

연안자망어업은 무동력어선 또는 총톤수 10톤 미만의 동력어선으로 유자망 또는 고정 자망을 사용하여 수산동물물을 포획하는 어업이다. 2008년 현재 연안자망어업 어선척수는 총 17,123척으로, 전체 연안어업 어선척수 53,792척의 약 32% 수준이다. 그리고 2008년 기준 연안자망어업의 생산량은 약 7만 톤이고, 생산액으로는 약 3,857억 원 수준이다(농림수산식품부, 2009).

보다 구체적으로 연안자망어업 생산량과 생산금액의 변화를 연도별로 살펴보면, 우선 생산량은 1990년 약 6만 2천 톤 수준에서 증감을 반복하다 1999년도에는 약 10만 8천 톤 수준을 기록하였다. 하지만 이후 생산량은 감소하기 시작하여 2004년에는 약 5만 3천 톤 수준으로 급감하였다. 이후 생산량은 증가추세에 있고 2008년 현재 생산량은 앞서 언급한 바와 같이, 약 7만 톤 수준이다. 이러한 생산량 변동에 비해 연안자망어업 생산액은 1990년 이후 대체적으로 꾸준한 증가추세에 있다. 2008년 현재 생산액은 약 3,857억 원 수준으로, 지난 1990년에 비해 2.5배 증가하였다([그림 1] 참조).



[그림 1] 연안자망어업의 연도별 생산량 및 생산액 변화(1990~2008)

연안자망어업은 아귀, 꽁치, 멸치, 청어, 가자미, 오징어 등 다양한 어종을 어획하고 있는데, 어종별 어획실적을 과거 3년 간(2006~2008) 평균으로 살펴보면, 생산량에 있어서는 아귀(10%)가 가장 많고, 다음으로 가자미(7.5%), 오징어(4.9%), 청어(3.9%) 순으로 나타났다. 그리고 생산금액으로는 가자미(14%), 오징어(1.8%), 꽁치(0.8%) 등의 순으로 조사되었다.

### 3.2 분석 자료

본 연구의 연안자망어업 경영체를 대상으로 한 생산효율성 분석에 있어서는 2005년 어업총조사<sup>2)</sup>에서 표본 수집된 1,919개 경영체 자료를 활용하였다. SFA와 DEA 기법에 의한 생산효율성 추정에 있어서 산출변수로는 생산량 자료를 사용할 수 있지만, 본 연구에서는 단일연도 자료이고 또한 활용 가능한 자료의 한계상 생산액 자료를 이용하였다. 그리고 연안자망어업 경영체는 앞서 살펴본 바와 같이, 아귀, 꽁치, 멸치, 청어, 가자미 등 다양한 어종을 어획하고 있지만, 각 어종별 생산액을 모두 합해서 하나의 총생산액 변수로 하였다.

그리고 투입변수로는 선행연구들(Kirkley et al., 1995; Sharma and Leung, 1999)을 참조하면서 3가지 변수를 사용하였는데, 구체적으로 연안자망어선의 조업활동과 직접적인 관련이 있는 물리적 생산요소인 톤수, 조업일수, 그리고 조업인원수를 사용하였다. 이 외에도 연안자망어선의 경우 자망 폭수 및 길이 등 어구사용량이 생산과 직접적인 관련이 있으나, 어구사용량은 톤수 및 조업인원수에 비례하고, 또한 관련 자료가 활용 가능하지 않아 투입변수에서 제외되었다. 분석에서 사용된 산출 및 투입변수들의 기술통계량은 <표 1>에서 정리된 바와 같다.

<표 1> 분석변수의 기술통계량

변 수	평균	표준편차	최소값	최대값
생산액 (만원)	2,506.9	3,122.3	750	15,000
출어일수 (일)	175	67	15	335
톤수 (톤)	2.8	1.3	0.04	9.9
조업인원 (명)	2.1	1.2	1	14

연안자망어업 표본어선 경영체별 생산액은 어종별 생산액을 합해 평균 2,507만 원 정도로 나타났는데, 조업일수 및 어선규모의 차이 등에 따라 경영체별 생산액의 편차가 비교적 큰 것으로 조사되었다. 투입변수로서 어선경영체별 평균 출어일수는 연간 약

2) 어업총조사는 5년마다 통계청에서 실시하는 것으로, 어가의 규모와 분포, 경영구조 및 특성을 파악하는 유일한 국가 기본통계임. 본 조사에서 어업경영 및 생산과 관련된 조사항목으로는 어업형태별 어가, 어업생산금액, 어로어업 종류, 어선의 종류, 어선의 특성(마력수 및 톤수 등), 출어일수, 승선인원 등임.

175일로 나타났으며, 어선 톤수는 평균 2.8톤, 그리고 어선별 조업인원수는 약 2.1명으로 분석되었다.

## 4. 결과

### 4.1 SFA 기법에 의한 생산효율성 추정 결과

연안자망어업 경영체에 대한 SFA 기법 적용에 있어 생산함수의 형태는 다음의 식 (9)에서와 같이 초월대수(translog) 생산함수를 가정하였다.

$$\begin{aligned} \ln sale_i = & \alpha_0 + \alpha_1 \ln trip_i + \alpha_2 \ln ton_i + \alpha_3 \ln emp_i \\ & + \alpha_4 (\ln trip_i)^2 + \alpha_5 (\ln ton_i)^2 + \alpha_6 (\ln emp_i)^2 \\ & + \alpha_7 (\ln trip_i)(\ln ton_i) + \alpha_8 (\ln trip_i)(\ln emp_i) \\ & + \alpha_9 (\ln ton_i)(\ln emp_i) + v_i - u_i \end{aligned} \quad (9)$$

여기서,  $i$ 는 표본 중  $i$ 번째 어업경영체를 나타내고,  $sale$ 는 산출변수인 생산액, 그리고  $trip$ ,  $ton$ ,  $emp$ 는 투입변수로 각각 출어일수, 톤수, 조업인원을 의미한다. 또한  $v$ 와  $u$ 는 앞서 언급한 바와 같이, 확률 오차항과 비효율성과 관련된 비음수의 변수를 의미한다.

SFA 기법 하에서 식 (9)의 생산함수는 최우추정법(MLE)을 통해 추정되며, 그리고 비효율성 변수  $u_i$ 가 평균값이  $\mu$ 이고, 분산이  $\sigma_u^2$ 인 절단정규분포  $[N^+(\mu, \sigma_u^2)]$ 를 따른다고 가정할 경우, 분산은  $\sigma^2 = \sigma_V^2 + \sigma_U^2$  그리고  $\gamma = \sigma_U / \sigma_V$ 이 된다(Kumbhakar and Lovell, 2000). SFA 기법에 의한 식 (9)의 생산함수 추정결과는 <표 2>에서 보는 바와 같다.

분석 결과, 조업인원( $emp$ )을 제외하고 대부분 변수의 결정계수가 통계적으로 유의적인 것으로 추정되었다. 그리고 생산함수에서 오차항 분산의 합( $\sigma^2$ )이 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며, 오차항 중 비효율성 변수의 표준편차( $\sigma_u$ )도 통계적으로 영(0)이 아닌 것으로 유의적으로 검증되어 비효율성 변수에 대한 가정이 타당한 것으로 평가되었다. 또한 특히 오차항 분산 가운데 기술적 비효율성에 의

해 설명되는 부분의 비중( $\gamma$ )이 0.856으로 통계적으로 유의한 것으로 추정되었다. 이에 따라 추정된 생산함수의 오차항에서 기술적 비효율성 부분이 상대적으로 매우 중요한 요소로, 연안자망어업 경영의 생산액 수준과 범위를 결정하는데 중요한 역할을 하는 것으로 평가되었다.

<표 2> SFA 생산함수 추정 결과

변 수	추정치	t-값
Constant	9.539***	6.31
lntrip	-1.326**	-2.16
ln ton	-0.614**	-2.09
ln emp	0.669	1.25
lntrip×lntrip	0.177***	2.76
ln ton×ln ton	0.095***	3.95
ln emp×ln emp	-0.007	-0.08
lntrip×ln ton	0.157***	2.71
lntrip×ln emp	-0.089	-0.85
ln ton×ln emp	0.135*	1.81
$\sigma^2$	1.200***	20.99
$\gamma$	0.856***	4.94
$\sigma_u$ [ $H_0 : \sigma_u = 0$ ]	2.83**	
Log(likelihood)	-2,596.13***	-

주) \*\*\*은 1%, \*\*은 5%, 그리고 \*은 10%의 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미함.

SFA 기법에 의해 추정된 연안자망어업 경영체들의 평균 생산효율성은 0.776으로 추정되었으며, 경영체별 생산효율성 추정치 범위는 다음 <표 3>에서 보는 바와 같다. 연안자망 어업경영체별 생산효율성 분포를 구체적으로 살펴보면, 생산효율성 최대치는 1.00 그리고 최소치는 0.166으로 범위로 추정되었고, 효율성이 0.8이상인 경영체수는 전체 경영체수의 약 51% 그리고 완전 효율적인 경영체수는 474개(24.7%)로 분석되었다.

추정된 생산함수 변수들의 결정계수로부터 식 (4)에서와 같이, 투입변수에 대한 산출의 탄력성을 구한 결과, 모든 투입변수에 대한 산출탄력성이 양(+)의 값으로 나타났으며, 출어일수에 대한 산출탄력

〈표 3〉 SFA 기법에 의한 생산효율성 추정 결과와 분포

생산효율성 추정값	경영체수
< 0.30	30
0.30~0.40	70
0.40~0.50	103
0.50~0.60	212
0.60~0.70	245
0.70~0.80	271
0.80~0.90	244
0.90~1.00	270
1.00	474
평균값	0.776
최소값	0.166
최대값	1.000
표준편차	0.205

성의 값이 0.746으로 가장 높게 분석되었다. 이 외 톤수 및 조업인원에 대한 산출탄력성의 값은 각각 0.147과 0.458로 분석되었다. 그리고 이들 투입변수에 대한 산출탄력성을 합해서 규모에 대한 수익(RTS)을 추정한 결과 1.351로 연안자망어업의 경우 규모 수익체증(increasing RTS)인 것으로 평가되었다.

#### 4.2 DEA 기법에 의한 생산효율성 추정 결과

불변규모수익(CRS)과 변동규모수익(VRS)을 각각 가정하는 DEA 기법 모형의 설정 및 분석에 있어서는 SFA 기법에서와 동일한 연안자망어업 경영체의 산출변수와 투입변수를 이용하였다. 분석 결과, 불변규모수익(CRS)과 변동규모수익(VRS) 가정하의 DEA 기법에 의한 평균 생산효율성이 각각 0.457과 0.759로 나타나, 각 가정 하에서 추정된 효율성 값에 차이가 큰 것으로 평가되었다(〈표 4〉 참조). 그리고 이에 따라 SFA 기법에 의한 분석 결과와 마찬가지로 연안자망어업 경영체들에 있어 생산 비효율성이 어느 정도 존재하는 것으로 나타났다.

경영체별로 추정된 생산효율성 분포 현황을 살펴보면, 우선 변동규모수익(VRS) 가정 하에서 생산효

율성은 최대 1.00에서 최소 0.449의 범위로 추정되었다. 효율성이 0.60~0.70사이인 경영체가 총 599개(31.2%)로 가장 많은 것으로 나타났고, 효율성이 0.6 이상인 경영체수는 총 1,828개로, 전체 경영체수의 약 95%를 차지하는 것으로 분석되었다. 그리고 완전 효율적인 경영체수는 87개(4.5%)로 추정되었다.

〈표 4〉 DEA 기법에 의한 생산효율성 추정 결과와 분포

생산효율성 추정값	경영체수		
	TE <sub>VRS</sub>	TE <sub>CRS</sub>	SE
< 0.30	0	244	104
0.30~0.40	0	651	141
0.40~0.50	26	487	17
0.50~0.60	65	70	1078
0.60~0.70	599	193	46
0.70~0.80	472	148	31
0.80~0.90	551	92	15
0.90~1.00	119	17	13
1.00	87	17	474
평균값	0.759	0.457	0.611
최소값	0.449	0.100	0.123
최대값	1.000	1.000	1.000
표준편차	0.111	0.184	0.244

이에 반해 불변규모수익(CRS) 가정 하에서 경영체별 생산효율성 값은 최대 1.00에서 최소 0.100의 범위로 추정되었고, 효율성 0.30~0.40사이의 경영체가 총 651개(약 34%)로 가장 많은 것으로 분석되었다. 그리고 완전 효율적인 경영체는 17개(0.9%)로 나타난 반면, 효율성이 0.5미만인 경영체가 전체 경영체수의 72%로 나타나 변동규모수익(VRS) 가정하에서의 생산효율성 분포와 다소 차이가 있는 것으로 추정되었다.

변동규모수익(VRS)과 불변규모수익(CRS) 가정 하에서 추정된 DEA 기법 분석 결과를 바탕으로 규모효율성(SE)을 추정한 결과, 평균 규모효율성은 0.611로 나타났다. 그리고 1,919개 표본 경영체 중 규모수익불변(constant returns to scale)인 경영체

는 474개, 규모수익체감(decreasing returns to scale)인 경영체는 1,434개, 그리고 규모수익체증(increasing returns to scale)인 경영체는 11개로 분석되었다.

이러한 규모효율성 추정 결과를 바탕으로 규모수익 특성에 따른 어선톤수별 차이에 대한 ANOVA 분석을 실시한 결과, 규모수익불변인 평균 어선톤수는 2.01톤으로 나타난 반면, 규모수익체감 그리고 규모수익체증인 평균 어선톤수는 각각 3.03톤과 0.52톤으로 나타났다(<표 5> 참조). 그리고 규모수익 특성에 따른 평균 어선톤수는 통계적으로 1% 수준에서 유의적인 것으로 분석되어 어선톤수별로 규모수익 특성에 차이가 있는 것으로 평가되었다.

<표 5> 규모수익 특성에 따른 어선톤수별 ANOVA 분석 결과

규모수익 특성	표본 크기 (개)	평균 어선톤수 (톤)	표준 편차	F-statistics (p-value)
규모수익불변 (CRS)	474	2.01	1.42	39.85 (0.00)*
규모수익체감 (DRS)	1,434	3.03	2.54	
규모수익체증 (IRS)	11	0.52	0.33	

주) \*은 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의함을 의미함.

### 4.3 생산효율성 결과 비교

SFA와 DEA 기법에 의한 연안자망어업 경영체들의 생산효율성 분석 결과를 비교해 보면, 변동규모수익(VRS)과 불변규모수익(CRS)을 가정한 DEA 기법에 의한 생산효율성 평균 추정치가 모두 SFA 기법에 의한 생산효율성 평균 추정치보다 낮은 것으로 평가되었다. 이는 앞서 서론에서도 언급한 바와 같이, DEA 기법의 경우 SFA 기법과 달리 측정상의 모든 오차가 비효율적인 요소로 포함되어 비효율성 정도가 과장되었기 때문으로 판단된다. 규모에 대한 수익 분석에 있어서는 SFA 기법 하에서는 변동규모수익(규모수익체증)인 것으로 평가된 반면, DEA 기법에 의한 규모효율성(SE)을 분석한 결과,

1톤 미만의 경영체에서는 규모수익체증 그리고 3톤 이상의 경영체에서는 규모수익체감인 것으로 추정되었다.

보다 구체적으로 두 기법에 의한 생산효율성 추정값의 연관도 및 순위에 대한 관련성을 측정하기 위해 피어슨 상관계수(pearson correlation coefficient)와 스피어만 순위 상관계수(spearman rank correlation coefficient) 모두를 분석한 결과, <표 6>와 <표 7>에서와 같이, 모든 상관계수가 양의 값을 갖고, 통계적으로도 매우 유의적인 것으로 추정되었다. 그리고 두 상관계수 분석 모두에서 SFA 기법에 의한 생산효율성 추정값( $TE_{SFA}$ )과 순위는 DEA-VRS 기법에 의한 생산효율성 추정값( $TE_{DEA-VRS}$ )과 순위 간에 높은 상관관계가 있는 것으로 평가되었다.

<표 6> 피어슨 상관계수 분석 결과

	$TE_{SFA}$	$TE_{DEA-CRS}$	$TE_{DEA-VRS}$
$TE_{SFA}$	1.0000		
$TE_{DEA-CRS}$	0.2990 (0.000)	1.0000	
$TE_{DEA-VRS}$	0.8214 (0.000)	0.1154 (0.000)	1.0000

주) 괄호 안의 값은 p값을 의미함.

<표 7> 스피어만 순위 상관계수 분석 결과

	$TE_{SFA}$	$TE_{DEA-CRS}$	$TE_{DEA-VRS}$
$TE_{SFA}$	1.0000		
$TE_{DEA-CRS}$	0.3852 (0.000)	1.0000	
$TE_{DEA-VRS}$	0.8348 (0.000)	0.1713 (0.000)	1.0000

주) 괄호 안의 값은 p값을 의미함.

## 5. 요약 및 결론

본 연구에서는 우리나라 연안어업 중 연안자망어업 경영체를 대상으로 SFA 기법과 DEA 기법을 사용하여 생산효율성을 추정하고, 각 기법에 의한 결과를 비교해 보았다. SFA 기법에 있어서는 비효율적 요인의 절단정규분포(truncated-normal distri-



bution)를 가정하는 초월대수(translog) 함수를 수립하여 생산효율성을 추정하였다. 그리고 DEA 기법에 있어서는 변동규모수익(VRS)과 불변규모수익(CRS)을 각각 가정하여 생산효율성을 추정하였다.

각 기법에 의한 평균 생산효율성 추정값을 비교해 보면, SFA 기법에 의한 평균 생산효율성 추정값이 변동규모수익(VRS)과 불변규모수익(CRS)을 각각 가정한 DEA 기법에 의한 생산효율성 평균 추정값 보다 높은 것으로 분석되었다. 그리고 DEA 기법에 있어서는 예상했던 바와 같이, 변동규모수익(VRS)을 가정한 생산효율성 평균 추정치가 불변규모수익(CRS)을 가정한 생산효율성 평균 추정치보다 높은 것으로 분석되었다.

구체적으로 SFA 기법에 의한 연안자망어업 경영체들의 평균 생산효율성은 약 77.6%로, 경영체별 효율적 생산이 이루어질 경우 생산액이 평균 22.4% 정도 증가될 수 있을 것으로 분석되었다. 이에 반해 DEA 기법에 의한 연안자망어업 경영체들의 평균 생산효율성은 변동규모수익(VRS) 가정 하에서 75.9% 그리고 불변규모수익(CRS) 가정 하에서 45.7%로 추정되었다. 이에 따라 경영체별 효율적 생산이 이루어질 경우 생산액은 24~54% 정도 증가될 수 있을 것으로 분석되었다. 즉, 효율적 생산을 도모하여 생산액이 증가될 수 있다면 높은 어업경비를 충당하고, 높은 어업이익을 실현하여 보다 자생력 있는 경영체로 성장할 수 있을 것으로 기대된다.

그리고 본 연구를 통해서 향후 효율성 추정에 있어 두 기법을 상호보완적으로 활용할 수 있는 방안이 모색될 수 있었다. 즉, 효율성 추정 등에 있어 두 기법을 병용함으로써 각 기법이 가지고 있는 단점들이 보완될 수 있다. 예를 들어, DEA 기법의 경우 모형 설정에 있어 불변규모수익(CRS) 혹은 변동규모수익(VRS)을 미리 가정해야 하는데, SFA 기법에 의한 결과를 활용함으로써 모형설정에 대한 근거를 찾을 수 있다. 그리고 분석변수의 선정에 있어서도 SFA 기법의 활용을 통해 통계적으로 검증된 변수의 사용이 가능할 수 있게 된다. 또한 특히 SFA 기법과 병용함으로써 DEA 기법에서 추정된 비효율

성 정도의 과대 및 과소 수준을 파악할 수 있는 장점이 있다. 이 외 SFA 기법에 있어서는 분석결과와의 비교나 규모 수익 등을 파악하는데 DEA 기법에 의한 결과와 비교함으로써 효율성 추정의 정확성을 높이는데 크게 도움이 될 수 있을 것이다.

본 연구는 활용 가능한 자료의 한계로 1개년 자료만을 사용하여 연안자망어업 경영체들의 생산효율성을 분석한 것으로, 시간의 흐름에 따른 생산효율성의 동태적 변화를 추정하지 못하였다. 따라서 본 연구의 결과가 연안자망어업 경영체들의 생산효율성을 수준을 일반화하기에는 한계가 있다. 향후 관련 자료를 수집하여 효율성 변화에 대한 동태적 분석을 실시해 간다면 연안자망어업 경영체들의 생산성 및 수익성 향상을 위한 보다 유용한 경영전략 및 정책적 시사점을 얻을 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 농림수산식품부, 『어업생산통계연보』, 2009.
- [2] 김도훈, “한국 근해어업의 어획능력 추정”, 『수산경영론집』, 제37권, 제1호(2006), pp.1-24.
- [3] 박지영, 조정은, 김수옥, “DEA를 활용한 의료서비스 산업의 효율성”, 『한국생산관리학회지』, 제19권, 제4호(2008), pp.107-130.
- [4] 이형석, 김기석, “DEA 모형을 이용한 한국 철강 산업의 효율성 분석”, 『한국콘텐츠학회논문지』, 제7권, 제6호(2007), pp.195-205.
- [5] 한광호, “한미 제조업의 생산효율성과 중요소생산성 비교분석”, 『경제연구』, 제26권, 제2호(2008), pp.29-58.
- [6] 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.
- [7] Cooper, W.W., L.M. Seiford, and K. Tone, *Data Envelopment Analysis : A Comprehensive Text with Models, Applications, Refer-*

- ences, and DEA-Solver Software, The second edition, Springer, 2007.
- [8] FAO, *Measuring and assessing capacity in fisheries : Issues and methods*, FAO Fisheries Report, Vol.433, No.2, 2004.
- [9] Hofmarcher, M.M., I. Paterson, and M. Riedel, "Measuring Hospital Efficiency in Austria : A DEA Approach," *Health Care Management Science*, Vol.5, No.1(2002), pp.7-14.
- [10] Hwang, S. and T. Chang, "Using data envelopment analysis to measure hotel managerial efficiency change in Taiwan," *Tourism Management*, Vol.24(2003), pp.357-369.
- [11] Kirkley, J.E., R. Fare, S. Grosskopf, K. McConnell, D.E. Squires, and I. Strand, "Assessing capacity and capacity utilization in fisheries when data are limited," *North American Journal of Fisheries Management*, Vol.21(2001), pp.482-497.
- [12] Kirkley, J.E., D. Squires, and I. Strand, "Assessing Technical Efficiency in Commercial Fisheries : The Mid-Atlantic Sea Scallop Fishery," *American Journal of Agricultural Economics*, Vol.77(1995), pp.686-697.
- [13] Kumbhakar, S.C. and C.A. Lovell, *Stochastic Frontier Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- [14] Madlener, R., C.H. Antunes, and L.C. Dias, "Assessing the performance of biogas plants with multi-criteria and data envelopment analysis," *European Journal of Operational Research*, Vol.197, No.3(2009), pp.1084-1094.
- [15] Meeusen, W. and J. Van Den Broeck, "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error," *International Economic Review*, Vol.18, No.2(1977), pp.435-445.
- [16] Minh, N.K., G.T. Long, and B.N. Thang, "Technical efficiency of small and medium manufacturing firms in Vietnam : parametric and non-parametric approach," *The Korean Economic Review*, Vol.23, No.1(2007), pp.187-221.
- [17] Olesen, O.B. and N.C. Petersen, "The use of data envelopment analysis with probabilistic assurance regions for measuring hospital efficiency," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.17, No.1-2(2002), pp.83-110.
- [18] Pascoe, S., L. Cogan, and S. Mardle, "Physical versus harvest-based measures of capacity : the case of the United Kingdom vessel capacity unit system," *ICES Journal of Marine Science*, Vol.58(2001), pp.1243-1253.
- [19] Sharma K. and P. Leung, "Technical Efficiency of the Longline Fishery in Hawaii : An Application of a Stochastic Production Frontier," *Marine Resource Economics*, Vol. 13(1999), pp.259-274.
- [20] Tortosa-Ausina, E., "Bank Cost Efficiency and Output Specification," *Journal of Productivity Analysis*, Vol.18, No.3(2002), pp.199-222.
- [21] Zheng, Y. and Y. Zhou, "Measures of the Fishing Capacity of Chinese Marine Fleets and Discussion of the Methods," *Journal of Oceanography*, Vol.61(2005), pp.623-630.