

SFA를 이용한 태평양 원양연승어업의 어선별 생산효율성 분석

조현주 · 김두남* · 김도훈¹ · 이성일 · 권유정 · 구정은
국립수산과학원 원양자원과, ¹부경대학교 해양수산경영학과

Estimating the productive efficiency of distant-water longline vessels in Pacific Ocean using a Stochastic Frontier Approach

Heon-Ju CHO, Doo Nam KIM*, Do Hoon KIM¹, Sung Il LEE, Youjung KWON and Jeong Eun KU

Distant Water Fisheries Resources Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

¹Department of Marine & Fisheries Business and Economics, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

The purpose of this study is to analyze the efficiency of distant-water longline fishing vessels in the Pacific Ocean and the gap in efficiencies among individual vessels. In order to estimate the efficiency, the dependent variable is set as an amount of catch and independent variables include number of crew, number of hooks, number of vessel size, and vessels engine power associated with fishing activities of distant water longline fisheries. Analytical result was shown as follows: first, the average efficiency of distant-water longline fishing vessels in the Pacific Ocean was found to be 94%. Second, the number of hooks were found to be statistically significant in each input variable and the appropriate control of the number of hooks would be expected to have a positive effect on the efficiency. Third, the relationship between the age of a vessel and the efficiency was not found statistically.

Keywords : SFA, Distant-water fisheries, Longline, Efficiency, Pacific Ocean

서론

우리나라 원양어업은 1957년 인도양에서 다랑어 연승 시험 조업이 성공함으로써 시작되었고, 60년이 지난 2017년까지 정부 및 민간기업의 적극적이고 효과적인 지원과 참여로 지속적인 발전을 이루어왔다. 1960년대 초반 약 10여 척이었던 어선세력이 1970년대 후반에는 50척으로 크게 증가하였고, 1960년대에는 10만 톤에도 못미치던 생산량이 1970년대 후반에는 50만 톤으로 증가하였다. 수출액 규모로는 2천만 달러 내외에서 3억

달러를 초과하는 등 큰 호황을 누리게 되었다.

하지만 1970년대 후반부터 국제적으로 각 연안국의 200해리 배타적 경제수역 (EEZ) 선포에 따른 수산자원의 자국화 조치, 유류 파동으로 인한 어업비용 상승, 어가 하락으로 인한 생산액 감소, 그리고 국제수산기구의 공해상의 조업규제와 다양한 수산자원 관리조치 등에 따라 어업 내·외적으로 상당한 어려움이 있었다. 이에 우리나라는 현재 주요 연안국과의 긴밀한 협조, 각종 국제수산기구의 가입과 적극적인 참여, 신(新)어장 개척 등을 통해 여러 난관을 해결하며 조업 중에 있고,

*Corresponding author: doonam@korea.kr, Tel: 051-720-2330, Fax: 051-720-2337

2016년 기준 45만여 톤의 생산량과 1조원에 육박하는 생산금액을 기록하고 있다. 이는 생산량 기준으로 우리나라 전체 어류 생산량의 14% 이상을 차지하는 수준이다.

원양어업은 연승어업, 선망어업, 채낚기어업, 봉수망어업, 트롤어업, 저연승어업, 통발어업 등으로 크게 나눌 수 있다. 그리고 대양별로는 중서부태평양, 동부태평양, 대서양, 인도양, 남빙양 등을 대상으로 하여 목표어종에 따른 적합한 어법을 선택하여 조업하고 있다. 2016년 현재 우리나라 원양어업의 해역별 생산량은 태평양이 81%로 가장 많으며, 대서양 (8%), 인도양 (6%), 이외 해역 (5%) 순이다. 즉 우리나라 원양어업의 생산량 대부분은 태평양 해역에서 비롯된 것이며, 이는 태평양 해역의 조업 특성이 곧 우리나라 전체 원양어업의 조업 특성을 대표한다고 볼 수 있다.

향후 보다 안정적인 원양어업 생산을 위해서는 어선들의 조업에 따른 생산효율성을 추정해 볼 필요성이 있다. 이는 생산효율성이 어선경영체들의 투입요소와 산출요소 간의 효율성을 측정하는 것으로, 어선경영체의 생산성 혹은 수익성을 판단하는 중요한 지표가 되기 때문이다.

생산효율성 측정에 관한 연구는 여러 분야에 적용되어져 왔지만, 어업분야에 대한 연구는 상당히 제한적인 실정이다. 국외적으로는 Sharma and Leung (1999)이 하와이 연승어업, 그리고 Kirkely et al. (1995)이 중서부대서양 가리비 어업에 대한 생산효율성을 추정한 연구결과가 있다. 국내적으로는 Choi et al. (2010)이 연안어업 경영을 대상으로 DEA (Data Envelopment Analysis) 기법과 SFA (Stochastic Frontier Analysis) 기법을 활용하여 생산효율성을 비교·분석하고, 연안어업 경영체의 수익성 향상을 위한 방안을 제시하였다.

본 연구는 태평양 해역을 대상으로 조업하는 우리나라 원양연승어선의 생산효율성을 측정하고자 한다. 구

체적으로 개별 생산주체의 생산효율성을 측정할 수 있고 투입요소들의 통계적 검증이 가능한 SFA 기법을 활용하여(Choi et al., 2010), 어선 간 생산효율성 격차가 생기는 요인을 비교·검토하여 향후 보다 효율적인 조업이 될 수 있는 기준을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

분석자료

태평양 해역을 대상으로 하는 우리나라 원양연승어선의 생산효율성 분석을 위해서 국립수산물과학원 원양연승조업자료와 중서부태평양수산위원회 (WCPFC: Western and Central Pacific Fisheries Commission)의 자료를 이용하였다. 구체적으로 사용된 자료는 2013년 단일 연도 자료이며, 낚시수와 어획량은 국립수산물과학원 원양연승조업자료 그리고 선박톤수, 마력수, 선원수는 WCPFC의 자료를 활용하였다. 2013년을 기준으로 태평양 해역에서 조업을 하는 연승어선은 총 124척이었지만, 그중 114척에 대한 자료를 표본으로 활용하여 분석에 사용하였다.

SFA 기법 분석을 위한 산출변수는 총어획량으로 하였고, 투입변수는 선원수, 낚시수, 선박톤수 및 마력수를 사용하였다. 대부분 선박이 눈다랑어를 목표종으로 조업하지만, 부수어획되는 어획량이 전체 어획량의 거의 50% 수준이기 때문에 (눈다랑어어획량/총어획량 \approx 0.55) 총어획량을 산출변수로 하였다. 그리고 원양연승어업의 조업활동에 직접적인 연관이 있는 요인이 선원수, 낚시수, 선박톤수, 마력수이기 때문에 투입변수로 활용하였다. 선원수는 조업에 필요한 노동변수의 대응변수이며, 낚시수와 선박톤수, 마력수는 조업에 필요한 자본변수의 대응변수이다. 분석에 사용된 각종 변수의 기술 통계량은 아래 Table 1에서 보는 바와 같다.

산출변수로 사용한 어선별 어획량은 평균 약 23만 kg,

Table 1. Descriptive statistics of output and input variable

	Variable	Mean	S.D	Min	Max
Dependent	Catch (kg)	257,105.80	63,229.48	5,533.00	423,002.00
	Crew (person)	25.11	0.75	20.00	27.00
Independent	Class ton (ton)	405.89	30.70	173.00	488.00
	Hp (hp)	1,167.54	118.83	1,000.00	1,600.00
	Hook (unit)	707.398.90	186,256.70	21,250.00	1,255,062.00

source : NIFS, WCPFC

표준편차 약 63,000 kg으로, 약 5,500 kg에서 약 42만 kg까지 분포하고 있어 어선별로 생산량의 편차가 비교적 큰 것으로 나타났다. 투입변수로서 어선별 선원은 평균 약 25명, 선박톤수 약 406톤, 마력수 약 1,167마력, 그리고 낚시수는 연간 평균 약 70만 개가 사용되었다.

분석방법

생산효율성을 측정하기 위한 방법으로는 크게 비모수적인 방법인 DEA 기법과 계량모형을 이용한 모수적인 방법인 SFA 기법이 널리 이용되고 있다. DEA 기법은 개별 기업 수준에서의 효율성 측정 수단으로 개발되었고, 효율성 관리의 활용 및 관련 분석을 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 이와 달리 생산효율성을 측정하기 위한 모수적 방법에서는 생산기술구조의 특성 중 하나로 효율성을 추정하기 위해 제시되었고, 이 때문에 주요 관심은 산업 평균 효율성에 있었다 (Kim SH et al., 2007). 하지만 모수적 방법에 관한 연구가 진행되는 과정에서 점점 개별 기업 수준에서의 효율성 측정의 유용성에 관한 관심이 커지게 되었고, Johndrow et al. (1982)에 의해 SFA 기법으로 개별 기업의 생산효율성을 측정할 수 있는 방안이 제안되었다. 이로부터 SFA 기법은 생산효율성 측정 방법의 한 분야로서 체계와 유용성을 갖추게 되었다.

DEA 기법의 경우 다수의 산출물을 모두 포함하여 분석할 수 있는 장점이 있지만, 측정상의 오차가 모두 비효율적인 요소로 포함되어 비효율성의 정도가 과장될 수 있는 단점이 있다 (Choi JY et al., 2010). 또한 산출물에 영향을 주는 투입요소들의 통계적 검증이 불가능하다는 단점이 있다. 이에 반해 SFA 기법은 투입요소들의 통계적 검증이 가능하면서 확률적 오차와 비효율성을 구분할 수 있는 장점이 있어 비효율성을 보다 정확하게 추정할 수 있다. 구체적으로 SFA 기법은 아래의 식 (1)과 같은 생산함수를 설정하고, 생산효율성을 추정한다.

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

위 식 (1)의 양변에 로그를 취하면 다음의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$y'_i = f(x'_i; \beta) + v_i - u_i \quad (2)$$

여기서, $y'_i = \log y_i$ 와 $x'_i = \log x_i$ 를 의미하고, y_i 는 i 번째 경영체의 생산량을, x_i 는 i 번째 경영체의 투입요소 함수벡터 ($1 \times k$), β 는 추정될 계수 벡터 ($k \times 1$), 그리고 v_i 는 확률적 오차의 영향을 의미하는 확률오차항 [$iid N(0, \sigma_v^2)$]을 의미한다. 확률오차항은 모형설계 오류, 측정오차, 그리고 확률적 사건의 영향을 말한다. 그리고 u_i 는 $(0, \infty)$ 범위를 가지는 확률변수로서 i 번째 경영체의 비효율성을 의미한다.

비효율성의 분포로는 반정규분포 (half-normal distribution), 절단정규분포(truncated-normal distribution), 지수분포 (exponential distribution), 감마분포 (gamma distribution) 등 4가지 분포가 제안되어 있으며, 모수를 추정하는 방법은 최우추정법 (maximum likelihood method), 수정최소자승법 (corrected ordinary least squares method) 등이 있다.

식 (2)에서 추정된 결과를 바탕으로 경영체 i 번째 생산효율성 (Technical Efficiency, TE_i)은 다음의 식 (3)과 같이 계산할 수 있다.

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

가장 효율적인 상태, 즉 TE_i 가 1이 되는 경우는 u_i 가 0이 되는 경우이다. 다시 말해서 TE 는 [0,1] 사이의 값을 가지게 되는데, 개별 경영체의 생산효율성은 주어진 자료 하에서 1에 가까울수록 효율적이고, 0에 가까울수록 비효율적임을 의미한다 (Kim HS et al. 2012.).

본 연구에서는, 태평양 해역을 대상으로 하는 원양연승어선의 생산효율성과 그 결정요인을 분석하기 위하여 원양연승어업의 생산함수를 식 (4)와 같은 Cobb-Douglas 생산함수로 가정하였다.

$$\ln catch_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln crew_i + \alpha_2 \ln ton_i + \alpha_3 \ln hp_i + \alpha_4 \ln hook_i + v_i - u_i \quad (4)$$

여기서, i 는 표본 중 i 번째 어선을 나타내고, $catch$ 는 어획량, $crew$, ton , hp , $hook$ 는 투입변수로서 각각 선원수, 선박톤수, 마력수, 그리고 낚시수를 나타낸다. v_i 와 u_i 는 이미 앞서 설명한 바와 같이, 확률오차항과 비효율성과 관련된 비음수 변수를 각각 나타낸다.

결과 및 고찰

SFA 생산함수 분석 결과

SFA기법에 따른 생산함수 분석 결과는 다음의 Table 2에서 보는 바와 같다. 식 (4)의 생산함수를 최우추정법 (MLE)을 통해 추정하였으며, 비효율성 분포로서 확률 오차항 v_i 는 평균이 0, 분산이 σ_v^2 인 정규분포 $N(0, \sigma_v^2)$ 를 따르고, 비효율성 변수 u_i 는 평균이 0, 분산이 σ_u^2 인 정규분포를 따르는 확률변수의 절대값인 반정규분포 [$N(0, \sigma_u^2)$]를 따르는 반정규분포 (half-normal distribution)를 가정하였다 (Aigner, et al., 1977).

그 결과, 선원수 (crew), 선박톤수 (ton) 마력수 (hp)를 제외한 낚시수 (hook)의 변수가 통계적으로 유의한 것으로 추정되었다. 즉 톤수 및 마력수를 선박에서 주어진 고정변수라고 가정하고, 낚시수는 투입량 변화가 유동적인 가변변수라고 가정하면, 낚시수를 적절히 투입·관리하는 것이 생산효율성 측면에서 바람직함을 알 수 있다.

Table 2. Result of Production function

Variable	Coefficient	S.D	p-value
Constant	1.923	1.245	0.123
lncrew	0.467	0.452	0.302
ln ton	0.125	0.156	0.423
lnhp	-0.199	0.171	0.245
lnhook	0.733	0.024	0.000***
σ^2	0.076		
γ	0.856		
σ_u	6.483		
log(likelihood)	51.949		

notes : ***statistically significant at the 0.01 level

생산효율성 분석 결과

SFA기법에 의해 추정된 태평양해역 원양연승어선의 평균 생산효율성은 0.94로 추정되었다. 이는 약 6% 비효율성이 존재하는 것을 의미한다. 구체적으로 어선별 생산효율성 추정 범위를 살펴보면 Table 3과 같다. 생산효율성 최소치는 0.66 그리고 최대치는 1.00으로 추정되었고, 생산효율성이 0.95 이상인 어선수는 64척 (56.14%) 그리고 완전 효율을 의미하는 효율성 1.00의 어선수는 8척으로 분석되었다. 생산효율성 범위별 산출과 투입변수의 평균값을 분석해 보았다 (Table 4). 생산효율성이 0.85~0.89인 변수별 값과 0.95~0.99의 변수별 값을 살펴보면, 낚시수에서 차이가 많이 나타나는데, 어획량을 늘

Table 3. Result of productive efficiency by SFA method

Range of estimated efficiency	Number of vessels
79 ≤	1.00
80-84	2.00
85-89	8.00
90-94	39.00
95-99	56.00
100	8.00
mean	0.94
S.D	0.04
min.	0.66
max.	1.00

이기 위한 수단으로 과도한 낚시수를 투입하게 되면 오히려 생산효율성이 떨어지는 것을 알 수 있다.

특히, 생산효율성이 0.85 이상인 변수를 살펴보면, 낚시수 투입이 줄어드는 것과 비례하여 생산효율성이 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 앞으로 태평양 해역의 원양연승어업 조업에 있어서 무리하게 많은 양의 낚시수를 투입하기보다는 어선적당 적정 수 (약 69만 개 수준)를 투입하는 것이 생산효율성 측면에서는 훨씬 효과적임을 시사한다. 생산효율성 범위별 투입된 연간 총 낚시수와 set (투승 시작부터 양승 종료까지의 과정, 이하 “set” 로 표기한다)수 그리고 hook/set (set당 투입된 낚시수)의 정보를 분석해 보았다 (Table 5). 100%의 효율성을 가진 어선은 연간 총 68만 개의 낚시를 투입하였는데, 이는 set당 약 2,470개의 낚시수를 276 set 투입한 것이다. 이외의 효율성이 떨어지는 어선들의 연간 총 낚시수를 투입하는 방법을 살펴보면, 100% 효율을 가진 어선보다 낚시수 또는 set수를 증가시켜 연간 총 투입 낚시수를 증가시킨 것을 알 수 있는데, 이는 어획량을 늘리기 위해, set수를 늘린다거나 (95~99% 효율 어선 set수 : 298), set당 많은 낚시수를 투입하는 방법 (85~89% 효율 어선 낚시수: 3,022)이 생산효율성을 높이는 방법이 아니라는 것을 시사하며, 이로써 적절한 set수와 적절한 낚시수 투입이 생산효율성을 높이는 방법임을 알 수 있다. 그리고 이는 적은 낚시를 좋은 어장에 투승하였다는 것을 추론하게 하며, 어업에서의 선장의 능력이 중요함을 알 수 있는 중요한 결과라고 생각한다.

선령과 생산효율성과의 관계

태평양 해역에서 조업 중인 어선들의 선령 분포를 살

Table 4. Average by efficiency range from input and output variable

Range	Catch(kg)	Crew	Ton	Hp	Hook
79 ≤	5,533.00	25.00	411.00	1,200.00	21,250.00
80-84	80,990.50	25.50	401.00	1,200.00	319,460.00
85-89	213,105.25	25.00	410.00	1,225.00	805,442.62
90-94	238,895.38	25.13	406.05	1,158.97	717,006.79
95-99	280,888.55	25.11	404.77	1,162.50	716,242.89
100	298,878.75	25.13	409.50	1,175.00	683,361.87

Table 5. Average by efficiency range from hook/set

Range	Catch(kg)	Hook	Set	Hook/set
79 ≤	5,533.00	21,250.00	10.00	2,125.00
80-84	80,990.50	319,460.00	136.00	2,348.97
85-89	213,105.25	805,442.62	266.50	3,022.30
90-94	238,895.38	717,006.79	280.36	2,557.46
95-99	280,888.55	716,242.89	298.00	2,403.50
100	298,878.75	683,361.80	276.75	2,469.24

펴본 결과 (Fig. 1), 현재 조업 어선 대부분이 23년 이상으로 대부분의 선박들이 아주 노후되어 있음을 알 수 있다. 선령이 생산효율성과 관련이 있는지를 분석하기 위해 어선별 선령 (age)과 생산효율성의 상관관계를 살펴보았다. Fig. 2는 생산효율성 분석 결과를 바탕으로 태평양 해역 원양연승어선의 선령 (age)과 생산효율성의 관계를 그래프로 나타낸 것이다. 그림과 같이, 선령과 생산효율성 간에 통계적으로 유의미한 관계를 찾아볼 수 없었다. 구체적으로 선령과 생산효율성의 상관관계를 분석한 결과, 값이 약 -0.15로 나타나 선령과 생산효율성 간의 유의성을 발견할 수 없었다.

하지만 새롭게 건조된 어선의 첨단 장비와 어선원들의 복지시설 등 수치화할 수 없는데서 오는 조업 환경의

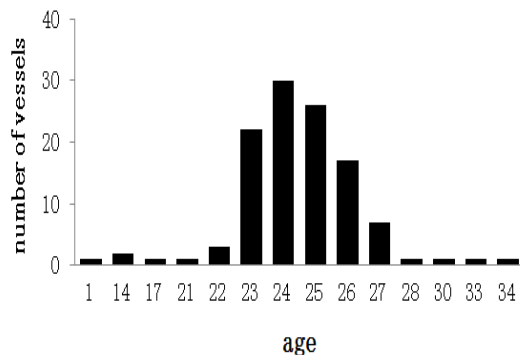


Fig. 1 Distribution of number of vessels by vessel age.

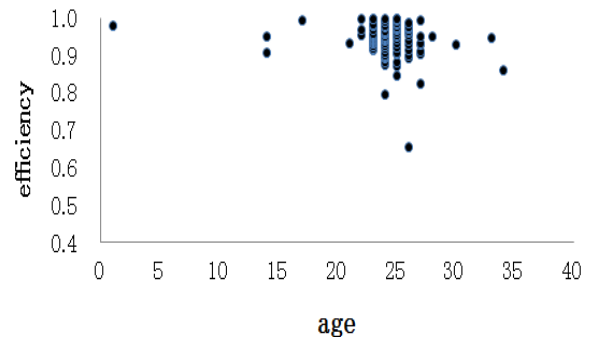


Fig. 2 Relationship between productive efficiency and vessel age.

개선은 조업효율에 긍정적인 요인으로 작용할 것이며 반드시 필요하다고 판단된다.

연구의 한계점

본 연구는 자료 수집의 한계로 인해 보다 구체적이고 다양한 분석 결과를 도출해 내지 못하였다. 선장의 능력을 반영할 수 있는 조업위치, 미기 종류 등의 자료를 활용하지 못하였으며, 횡단면 자료만을 사용하였기 때문에 시간의 흐름에 따른 생산 추세를 반영하지 못하였다. 특히 어선별 경영실태 (어선별 수익 및 비용 상황 등) 자료가 활용 가능하지 않아 이들 변수를 생산효율성 분석에서 고려하지 못하였다.

차후 연구에서는 시간에 흐름에 따른 생산효율성과 경영상황 변화 그리고 선장의 능력을 고려한 분석이 실

시된다면 보다 유용한 결과와 향후 생산성 및 수익성 향상을 위한 다양한 개선 방안을 제시할 수 있을 것이다.

결론

본 연구에서는 태평양해역을 대상으로 하는 원양연승어업 어선들을 대상으로 SFA기법을 사용하여 생산효율성을 추정하고, 그 결과를 바탕으로 생산효율성이 높은 어선과 그렇지 못한 어선간의 원인을 분석하여 생산효율성 증가를 위한 방안을 제시하고자 하였다. SFA기법의 적용에 있어서는 비효율적 요인이 절단정규분포(truncated-normal distribution)를 가정하는 콥-더글라스(Cobb Douglas) 생산함수를 설정하여 생산효율성을 추정하였다. 2013년 단일 연도를 대상으로 태평양해역에서 조업하는 원양연승어선 114척의 자료를 활용하여 생산효율성을 분석한 결과, SFA기법에 의한 원양연승어업 어선들의 평균 생산효율성은 94%로 나타나 어선별로 효율적 생산이 이루어질 경우, 생산량이 평균 6% 정도 증가할 수 있을 것으로 추정되었다. 투입변수로는 낚시수가 통계적으로 유의하게 나타났다. 원양연승어선 중 생산효율성이 가장 낮은 어선은 생산효율성이 66%, 완전 효율을 의미하는 100%의 생산효율성을 가진 어선은 8척으로 분석되었다. 생산효율성이 85~89%인 어선과 95~99%인 어선 간의 주요 변수를 비교해 본 결과, 생산효율성이 낮은 어선은 연간 평균 약 80만 개의 낚시수를 사용하는데 반해, 생산효율성이 높은 어선의 경우, 연간 평균 71만 개의 낚시수를 사용하는 것으로 조사되었다. 특히 100% 생산효율성을 나타낸 어선과 85~89%의 생산효율성을 나타낸 어선과의 낚시수 차이는 약 12만 개로 나타났다. 85% 이상의 생산효율성을 가진 어선들은 연간 평균 낚시수가 80만 5천, 71만 7천, 71만 6천, 68만 3천 개로 낚시수가 감소함에 따라 생산효율성이 85%, 90%, 95%, 100%로 증가하는 것을 알 수 있었다. 이로써 어획량을 늘리기 위한 과도한 낚시수 투입 증가가 오히려 생산효율성을 감소시키는 원인임이 밝혀졌으며, 생산효율적인 측면에서는 연간 약 68만 개에서 71만 개를 투입하는 것이 가장 바람직하다. 또한 본 연구결과를 기준으로 set당 약 2,470개의 낚시를 약 276번에 걸쳐서 투입하는 것이 효율적임을 알 수 있었다. 선령과 생산효율성에 대한 상관분석 결과, 통계적으로 유의한 관계를 확인할 수 없었다. 즉 선령과 생산효율성의 상관관계 값이 -0.15로 영(0)에 가까운 것으로 나타나 선령이 생산효율성에

는 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

사 사

이 논문은 2017년도 국립수산물과학원 원양자원과 원양어업 자원평가 및 관리연구 (R2017027)의 지원으로 수행된 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Aigner D, Lovell CAK and Schmidt P. 1977. Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Function Models. *Journal of Econometrics* 6(1), 21-27.
- Choi JY, Kim KS and Kim DH. 2010. Productive Efficiency of the Coastal Fishing Business : A Comparison of Data Envelopment Analysis and Stochastic Frontier Analysis. *Journal of the Korean operations research and management science society* 35(3), 59-68.
- Jondrow J, Lovell CAK, Materov IS and Schmidt P. 1982. On the Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model, *Journal of Econometrics* 19, 233-238.
- Kim HS and Song JH. 2012. A Study on the Efficiency Analysis of Abalone Aquaculture in Wando Region Using Stochastic Frontier Approach. *The Journal of Fisheries Business Administration* 43(2), 67-77. (DOI:10.12939/FBA.2012.43.2.067).
- Kim SH, Choi TS and Lee DW. 2007. Efficiency Analysis. *Seoul Economics and Business*, 245.
- Kirkley JE, Squires D and Strand I. 1995. Assessing Technical Efficiency in Commercial Fisheries : The Mid-Atlantic Sea Scallop Fishery. *American journal of Agriculture Economics* 77(3), 686-697.
- Sharma KR and Leung PS. 1999. Technical Efficiency of the Longline Fishery in Hawaii : An Application of a Stochastic Production Frontier. *Marine Resource Economics* 13, 259-274.
- Yang DH, Jang YJ and No JH. 2012. An Analysis on Technical Inefficiency of Regional Public Hospitals using Stochastic Production Model. *The Journal of Health Economics and Policy* 18(4), 41-64.

2017. 09. 28 Received

2017. 11. 24 Revised

2017. 11. 24 Accepted