

교차효율분석을 활용한 원양어업의 업종별 경쟁력 추정⁺

An Estimation of Competitive Power of Deep-Sea Fishing Industries by Using Cross Efficiency Analysis

김 재 희*
Kim, Jae-hee

〈 목 차 〉

- I. 서 론
 - II. 교차효율분석의 이론적 고찰
 - III. 원양 업종별 경쟁력 평가를 위한 교차효율분석
 - IV. 결과 분석
 - V. 결 론
-

Abstract: Currently, there is a need to develop scrap programs for deep-sea fishing industry of Korea, since the business environment becomes more uncertain and competitive. Accordingly, it is required to evaluate the competitive power of individual deep-sea fishing industry by considering multiple inputs and outputs of the deep-sea fishing industries. In the efficiency evaluation, Data Envelopment Analysis (DEA) can be used because it is able to handle multiple inputs and outputs in spite of the lack of weight coefficients. The DEA, however, has a drawback of generating 'maverick' decision making unit (DMU)s as well as producing too many efficient DMUs.

Therefore, we applied cross efficiency analysis to estimate the relative efficiency of individual deep-sea fishing industry and explicitly rank the all DMUs. In the cross efficiency analysis for deep-sea fishing industries, we considered two outputs of the profitability and secured fishing

† 이 논문은 2009년도 전북대학교 연구기반 조성비 지원에 의하여 연구되었음.

* 전북대학교 경영학부 조교수.

quarters, while considering the impact of Korea-US FTA, fishing regulation of coastal countries, fishing charges, and competitive fishing conditions as input parameters. The results of our approach indicate that cross efficiency analysis can be successfully used to rank the deep-sea fishing industries. The results of the cross efficiency analysis indicate that Tuna purse seine, Indonesia trawl, and Falkland trawl fishery are expected to have better competitive efficiency.

Key words : Deep-sea fishing industries, cross efficiency analysis, ranking, competitive power.

I. 서 론

산업의 다양화 및 고도화로 인해 국내에서 수산업이 차지하는 비중은 낮아지고 있다. 그 결과 국민경제에서 차지하는 비중이 2005년에 0.23%에 그쳤고, 현재의 추세대로라면 2015년에는 약 0.15% 수준으로 하락할 것으로 예상되고 있다(홍현표 등, 2005). 특히 2007년 체결된 한미 FTA로 인해 향후 15년간 총 4,215억 원(명태합작 포함 시 총 5,200억 원)의 생산 감소가 우려되고 있는 실정이다(해양수산부, 2007). 그리고 이러한 상황은 해외어장을 주조업구역으로 하는 원양어업에서도 크게 다르지 않다. 특히 원양어업은 연근해어업이 주변국과의 어업협정에 의한 가용어장의 축소와 자원 고갈 등으로 어려움을 겪는 상황에서 국내 수산물 공급원으로서의 중요한 역할을 담당해 왔으나, 최근 몇 년간의 쿼터 축소 및 어가 불안, 수입자유화, 조업 규제 등 자연적, 정치적 요인에 큰 영향을 받고 있어 사업 전망이 매우 불투명한 상황이다. 이런 배경에서 원양어업의 경쟁력을 업종별로 분석하고, 이를 토대로 한미 FTA의 영향을 고려한 원양어업의 업종별 폐업지원 정책의 방향을 설정할 필요성이 제기되고 있다.

원양어업의 경쟁력 평가와 구조조정에 관한 연구를 살펴보면, 우선 해양수산부(2005)를 들 수 있다. 이 연구에서는 국내 원양어업의 전반적인 SWOT 분석을 수행하고, 특히 업종별, 해역별로 구분하여 경제성 평가를 수행하였다. 또한 경제성에 초점을 맞추고 기업의 재무 상태나 경영 성과를 평가하기 위한 재무비율분석을 수행하였다.

이후 농림수산식품부(2008)에서는 원양어업의 업종별 효율성 평가를 위한 계량적 방법의 적용 가능성을 검토하였고, 이 연구에서 제시된 관련 자료를 활용하여 김재희 등(2008)은 다수의 평가요소를 동시에 고려해서 업종별 효율성을 평가할 수 있는 자료포락분석(Data Envelopment Analysis : DEA)의 활용 절차와 그 결과를 제시하였다. 그 연구에서는 경영수익성 및 한미 FTA의 영향과 같은 경제성과 관련한 계량지표뿐 아니라 구조조정 정책에 영향을 미칠 수 있는 연안국 규제, 쿼터 확보의 어려움, 입어료 부담, 조업경쟁 여건 등의 요소를 고려해서 개별 업종에

대한 효율성을 평가하였다. 그러나 해당 연구에서 사용된 일반적 DEA는 평가 대상 DMU 각각에게 가장 유리한 가중치를 적용해서 효율성을 계산함으로써 복수의 의사결정단위(Decision Making Unit, DMU)를 ‘효율적’으로 판정할 수 있다는 단점이 있다. 특히 다른 DMU에 유리한 가중치를 적용한다면 효율값이 매우 낮게 나올 수 있는 상황임에도 평가대상에게 가장 유리한 가중치가 반영됨으로써 ‘효율적’으로 평가되는 ‘maverick’ 의사결정단위 (Decision Making Unit : DMU)가 나타날 수 있고 결과적으로 다수의 효율적 DMU의 양산을 부채질 할 수 있다.

이에 본 연구에서는 원양산업의 개별 업종별 효율성 평가를 위해 기존의 DEA모형과 달리 업종별 순위를 산정할 수 있는 교차효율분석(Cross Efficiency Analysis)의 방법을 검토하고 그 활용방법을 소개하였다. 다음 제2절에서는 교차효율분석의 개념을 살펴보고 제3절에서는 원양어업 업종별 평가를 위한 교차효율분석의 개념과 이를 원양어업 업종별 효율성 평가에 적용하는 과정을 소개하였다. 그리고 제4절에서는 교차효율분석의 적용 결과를 설명하고 이를 일반적인 DEA의 결과와 비교하여 분석한 후, 제5절에서 결론과 시사점을 제시하였다.

II. 교차효율분석의 이론적 고찰

교차효율분석의 이해를 위해서는 우선 이 방법의 근간을 이루는 DEA의 개념을 이해할 필요가 있다. DEA는 Charnes *et al.*(1978)에 의해 소개된 방법으로 효율성 평가를 위한 여타의 고전적인 방법들과 달리 복수의 투입물 및 산출물이 존재하고, 이들에 대한 가중치 정보가 없는 상황에서도 의사결정단위의 효율값을 평가할 수 있다는 장점이 있다. 다음의 모형 (1)은 다양한 형태를 갖는 DEA에서 가장 기본 형태 중의 하나인 BCC모형¹⁾(Banker *et al.*, 1984)에 해당된다. 여기서 θ_k 는 DMU k 의 효율성을 나타내며 이 값이 1인 경우에는 ‘효율적’, 그렇지 않은 경

1) Banker, Charnes and Cooper(1984) 논문의 저자 이름을 따른 명명임.

우는 ‘비효율적’으로 판정한다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad \theta_k \\
 & \text{s.t.} \quad \theta_k x_{ik} - \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 & \quad \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j \geq y_{rk} \quad r = 1, 2, \dots, s \\
 & \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad \lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{1}$$

- y_{ij} : DMU j 의 i 번째 출력요소 값 (상수)
 x_{ij} : DMU j 의 i 번째 입력요소 값 (상수)
 λ_j : 비교에 동원된 DMU j 의 영향도 (결정변수)

DEA는 다수의 투입요소를 사용하여 다수의 산출물이 생산되는 복잡한 생산구조에서 유사한 투입/산출물을 갖는 단위끼리 비교하여 상대적인 능률성을 측정해 주고, 임의의 가중치를 정하지 않고도 투입과 산출의 당초 단위를 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있어 비영리조직을 중심으로 조직의 상대적 효율성 평가에 많이 활용되었다(Zhu, 2002). 그러나 이 방법은 상대적 효율성의 측정에 관한 우수성에도 불구하고 절대적 효율성을 측정하지 못하는 점, 그리고 평가 대상 DMU 각각에게 가장 유리한 가중치를 적용해서 효율성을 계산함으로써 복수의 DMU를 ‘효율적’으로 판정할 수 있다는 단점이 있다. 특히 다른 DMU들이 설정한 가중치를 반영한 효율값은 대부분 매우 낮으면서도 유독 평가대상 DMU에게 가장 유리한 가중치를 적용한 경우에만 ‘효율적’으로 판정하는 Maverick DMU의 문제가 단점으로 지적된다(Doyle and Green, 1994). 이 때문에 DEA는 Maverick DMU를 포함한 복수의 DMU를 ‘효율적’으로 분류할 수 있고, 특히 입출력 요소의 수가 많은 경우는 그 정도가 심해지는 문제도 있다. 이와 관련해서 본 연구에서는 다수의 ‘효율적’ DMU를 양산하는 DEA의 특성이 개별 원양 업종에 대한 명확한 순위를 정하는 데 문제가 될 수 있음에 주목하고 순위 산정이 가능한 방법

에 초점을 두고자 한다.

평가 대상 DMU에 대해 순위를 부여하는 방법에 대해서는 다수의 연구결과가 발표되었으며, 그 방법으로 Super-efficiency ranking method, Benchmark ranking method, Ranking with multivariate statistics, CCA(Canonical Correlation Analysis), DEA와 MCDM(multi-criteria decision making)기법, 교차효율분석 등을 들 수 있다(Adler *et al.*, 2002; Appa and Williams, 2006). 본 연구에서는 이러한 방법 중 일반 DEA와 달리 비현실적 가중치에 의한 극단적인 영향을 줄이고 특히 보수적인 관점에서 효율성을 측정함으로써 공평성 측면에서 상대적인 장점이 있는 교차효율분석에 주목하였다.

DEA가 다수의 DMU를 ‘효율적’으로 판정하는 것은 개별 DMU가 각각에 유리한 최적 가중치를 적용한 데서 그 원인을 찾을 수 있다. 교차효율분석은 이 문제를 해결하기 위한 방법으로, 식 (2)에서 정의되는 θ_{kj} 값을 토대로 한다. 여기서 μ_{rk} 와 ν_{ik} 는 DMU k 의 효율값 도출을 위한 DEA모형을 수행하면 도출되는 상수로서, 각각 r 번째 출력요소와 i 번째 입력요소에 대한 최적 가중치이다. 따라서 θ_{kj} 는 DMU- k 에게 유리한 최적 가중치를 적용했을 경우의 DMU- j 의 효율값을 의미한다.

$$\theta_{kj} = \frac{\sum_{r=1}^s \mu_{rk} y_{rj}}{\sum_{i=1}^m \nu_{ik} x_{ij}}, \quad k = 1, \dots, n, j = 1, \dots, n \quad (2)$$

한편, 효율값을 구하기 위한 선형계획모형의 최적해가 단일해(unique solution)로 존재하지 않는 경우는 다수의 해 중 하나를 선택하기 위해 목표계획법(Goal programming)을 적용할 수 있다. 그리고 이에 대한 해결방안으로 DMU- k 의 효율성을 최대화하면서 나머지 DMU의 Cross-efficiency를 최소화하는 Aggressive 방식과 DMU- k 와 여타 DMU의 Cross-efficiency를 동시에 최대화하는 Benevolent 방식이 적용될 수 있다(Adler, 2002; Sexton *et al.*, 1986; Doyle and Green, 1994). 이와 관련

하여 본 연구에서는 Benevolent방식의 경우 평가 대상 DMU 이외의 다른 DMU들에게도 일정부분 유리한 평가가 이뤄짐으로써 Maverick DMU의 효율값이 비정상적으로 높아질 가능성이 높아진다는 점을 고려하여 Aggressive방식의 모형 (3)을 기준으로 하였다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \sum_{r=1}^s \left(\mu_{rk} \sum_{j \neq k} y_{rj} \right) \\
 & \text{s.t} \quad \sum_{i=1}^m \nu_{ik} \sum_{i \neq k} x_{ij} = 1 \\
 & \quad \sum_{r=1}^s \mu_{rk} y_{rk} - \sum_{i=1}^m \nu_{ik} x_{ij} \leq 0 \quad \forall i \neq k \quad (3) \\
 & \quad \sum_{r=1}^s \mu_{rk} y_{rk} - \theta_{kk} \sum_{i=1}^m \nu_{ik} x_{ij} = 0 \\
 & \quad \nu_{ik}, \mu_{rk} \geq 0 \quad \forall r \in (1, s), i \in (1, m)
 \end{aligned}$$

다음 단계에서는 앞서 구한 효율값들로부터 <표-1>의 교차효율행렬을 구성할 수 있다. 그리고 식 (4)를 이용해서 DMU j 에 대한 효율값 $\theta_{*,j}$ 을 평균하면 CE_j 가 계산되는데, 이것이 교차효율분석에서 구하고자 하는 DMU- j 의 효율값이 된다.

$$CE_j = \frac{\sum_{k=1}^n \theta_{kj}}{n} \quad (4)$$

교차효율분석의 의미는 우선 효율성 있는 DMU의 차별화, 즉 순위 선정이 가능하고, 둘째로 투입물과 산출물에 대한 비현실적인 가중치를 제거하고 상대 가중치를 반영한 보다 객관적인 효율값을 계산할 수 있다는 점이다. 즉, 교차효율을 이용한 순위선정은 <표-1>의 교차효율행렬에서 보듯이 다른 DMU의 최적 가중치로 평가하는 과정이 추가되어 일반적인 DEA 점수보다 객관성을 갖는다고 볼 수 있다.

<표-1>

DEA를 위한 교차효율행렬

구분	평가되는 DMU				
	DMU	1	2	j	n
최적 가중치 적용의 기준이 되는 DMU	1	Θ_{11}	Θ_{12}	...	Θ_{1n}
	2	Θ_{21}	Θ_{22}	...	Θ_{2n}
	k	Θ_{kj}	...
	n	Θ_{n1}	Θ_{n2}	...	Θ_{nm}
	평균	CE_1	CE_2	...	CE_n

Ⅲ. 원양 업종별 경쟁력 평가를 위한 교차효율분석

1. 원양어업의 업종별 분포

원양어업의 분석 대상 업종으로는 북양트롤, 북양트롤(합작), 대서양트롤, 포클랜드트롤, 인도양트롤, 인도네시아트롤, 뉴질랜드트롤, 새우트롤, 참치연승, 참치선망, 오징어채낚기, 대구저연승, 콩치붕수망, 대서양외줄낚시로 총 14개 업종을 대상으로 하였다. 이들 업종의 업종별 현황을 살펴보면, 1977년을 정점으로 지속적인 감소 끝에 2001년도에 505척, 2003년 482척, 2005년 428척, 2006년 410척, 2007년도 말에는 403척으로 감소해서 2001년도에 비하여 약 20% 정도 감소한 상태에 있다.

<표-2>

원양어업 업종별 현황

(단위 : 척)

업종	연도							
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
북양트롤	30	23	11	8	7	7	5	
북양트롤(합작)			19	19	19	18	16	
대서양트롤	59	57	59	55	54	52	53	
포클랜드트롤	11	8	11	11	11	15	14	
인도양트롤	19	20	20	19	12	8	10	
인도네시아트롤	46	45	39	39	31	28	27	
뉴질랜드트롤	12	12	12	12	12	12	12	
새우트롤	2	1	1	1	1	1	-	
참치연승	193	193	190	182	177	169	165	
참치선망	27	26	27	28	28	28	28	
오징어 채낚기	85	75	70	50	50	50	49	
대구저연승	7	7	7	7	6	2	3	
퐁치 봉수망(오징어겸업)	2(21)	1(19)	1(19)	1(19)	1(19)	1(19)	1(19)	
대서양의줄낚시	3	4	4	6	7	8	9	
기타	11	10	12	14	13	12	10	
합계	505	481	482	451	428	410	402	

2. 모형 설계

교차효율 분석을 위해서는 DEA의 경우와 마찬가지로 입력요소(투입 자원)와 출력요소(산출물)에 대한 정의가 선행되어야 한다. 이때 투입요소로는 자본금이나 인력 규모 등 원양어업의 생산 활동을 위해 투입되는 요소가, 출력요소로는 생산성의 절대적인 규모를 측정할 수 있는 항목이 사용되는 것이 일반적이다. 이에 따라 수산업의 업종별 경쟁력 측정을 위한 기존 연구에서는 유동성비율, 레버리지비율, 수익성비율, 활

동성비율, 성장성비율, 생산성비율 분석과 같은 비율분석법이 사용되었다. 그러나 원양어업의 구조조정에는 경영수익성 뿐 아니라 향후 조업 여건 등 경영 외적인 요소들도 비중 있게 감안해야 할 필요가 있다.

이에 본 연구에서는 폐업 정책 수립 시 고려해야 할 경영성과지표와 경영 외적인 지표를 검토해 보고 이를 토대로 교차효율분석에 적합한 가상의 투입요소와 산출요소를 도출하고자 하였다. 그 결과 앞서 소개한 14개 업종을 대상으로 한 설문조사를 통해 폐업 정책 수립 시 고려해야 할 요소로 FTA 피해, 연안국 규제, 입어료 부담, 조업 경쟁 여건, 경영 수익성, 어족자원(쿼터 확보)이 선정되었다. 여기서 선정된 입출력 요소에는 현재 상황 뿐 아니라 장래의 경쟁력에 영향을 미치는 요소들이 다수 포함되어 있는데, 이것은 폐업 정책 수립 시 현재의 여건뿐 아니라 장래 상황까지 종합적으로 고려되어 결정할 필요가 있다는 판단에 따른 것이다(김재희 등, 2008).

다음 단계에서는 교차효율분석의 입출력요소를 설정해야 하는데, 통상 교차효율분석 모형의 입력요소로는 DMU의 생산 활동을 위해 투입되는 자원을 적용하고, 출력요소로는 성과와 관련된 요소를 사용하는 것이 일반적이다. 그러나 본 연구에서는 일반적인 경우와는 다소 다른 접근을 시도하였다. 즉, 앞서 선정된 평가 요소 중 해당 항목의 최소화가 바람직한 항목은 교차효율분석의 투입요소로서, 최대화가 바람직한 항목은 출력요소로 고려하였다. 그 결과 FTA 피해, 연안국 규제, 입어료 부담, 조업 경쟁도와 같이 그 수치가 작을수록 바람직한 요소는 입력요소로, 경영 수익성, 어족자원(쿼터 확보)과 같이 최대화할 필요가 있는 항목은 출력요소로 선정하였다.

물론 이들을 입출력 요소로 한 DEA의 결과에서 나타난 DMU의 효율성을 업종별 실제 효율성의 절대값으로 보는 데는 무리가 있을 것이다. 그러나 이미 대부분 업종의 경영 상태가 열악한 상황에 놓여 있는 원양업종에 대해 업종별 효율성의 절대적 수치를 도출하는 것보다는 어느 업종이 상대적으로 우위에 있는지 그 순서를 파악해 보는 것도 의미가 있을 것이다. 결과적으로 본 연구의 접근법을 통해 현재의 상황뿐 아니라 향후 전망 등을 고려할 경우 각 업종이 상대적으로 얼마나 더 효율적

이거나 비효율적인지를 파악하고, 이를 토대로 폐업 추진이 시급한 업종과 그렇지 않은 업종을 구분해낼 수 있을 것으로 기대하였다.

다음 단계에서는 DEA의 입출력 요소인 FTA 피해, 연안국 규제, 입어료 부담, 조업 경쟁 여건, 경영 수익성, 어족자원(쿼터 확보) 항목에 대해 업종별 평가값을 산정하였다. 이때 고려 대상 업종으로는 당초 고려한 총 14개 업종 중 설문응답 회수율이 극히 저조한 뉴질랜드트롤과 새우트롤을 제외하고 12개 업종만을 포함하였다.

한편, 교차효율분석의 각 입출력 요소에 대해 업종별 평가값을 산정하는 과정은 다음과 같다. 먼저 FTA피해는 한국해양수산개발원(2007)에서 분석한 한미FTA로 인한 ‘어종별’ 피해금액과 각 어종이 원양어업의 개별 업종별로 획득되는 비율 수치를 곱해서 ‘업종별’ 피해 금액을 산정하였다. 그리고 경영수익성은 원양어업 업체에 대한 자료 요청을 통해 획득된 업체에 대한 톤당 이익값을 토대로 계산하였다. 그리고 연안국 규제, 쿼터 확보 어려움, 입어료 부담, 조업 경쟁 여건의 항목은 계량적 측정 기준을 마련하기 어렵고 정성적 측면이 강하므로 원양어업 업체에 대한 설문 결과를 토대로 설문에서 얻은 평균값을 활용하였다(농림수산식품부, 2008).

통상 이러한 분석 과정에서 각 항목의 단위나 척도의 차이가 문제가 될 수도 있다. 그러나 교차효율분석은 DEA와 마찬가지로 각 항목의 상대적 중요도에 대한 정보가 없는 상황에서 상대적 효율성을 평가할 수 있는 장점이 있으며, 이것은 각 입출력 요소의 단위가 중요하지 않다는 것을 의미한다. 따라서 각 항목에 대한 값은 나름의 방법으로 정규화하였다. 즉, 한미 FTA로 인한 피해 규모는 계산값의 최소값을 1, 최대값을 5가 되도록 정규화하였으며, 연안국 규제, 입어료 부담, 조업 경쟁 여건, 어족자원(쿼터 확보)에 대한 수치 역시 1~5의 범위로 정규화하였다. 그 결과 <표-3>과 같은 교차효율분석의 입력 자료를 얻을 수 있었다.

<표-3> 교차효율분석을 위한 입력 자료

업종	입력요소				출력요소	
	FTA 피해	연안국 규제	입어료 부담	조업 경쟁여건	경영 수익성	어족자원 (쿼터확보)
북양트롤	2.40	2.60	4.73	1.80	1.25	1.00
북양트롤(합작)	5.00	1.40	3.99	1.00	2.04	1.16
대서양트롤	3.56	3.40	2.87	4.00	1.17	2.16
포클랜드트롤	1.09	2.33	4.11	1.67	1.65	1.05
인도양트롤	1.07	3.67	2.24	4.33	1.09	2.58
인도네시아 트롤	1.35	4.60	1.56	2.56	3.52	3.76
참치연승	1.00	1.00	1.00	4.33	1.00	5.00
참치선망	1.00	3.00	1.93	5.00	5.00	2.30
오징어채낚기	1.04	2.14	5.00	4.71	1.55	1.87
대구저연승	1.59	5.00	4.73	1.00	2.15	1.16
꽂치봉수망	1.17	3.80	3.99	4.40	1.41	1.06
대서양 외줄낚시	1.38	2.10	3.32	3.00	1.92	2.99

3. 모형 수행

교차효율분석을 위해 우선 투입 지향의 BCC모형을 적용하여 각 DMU별로 1회씩, 총 12회의 최적화를 수행하였으며, 여기서 도출된 최적 가중치를 반영하여 <표-1>과 같은 교차효율분석 결과를 도출하였다. 이 과정에서 개별 BCC모형의 선형계획 문제를 해결하기 위해서는 SAITECH Inc.의 DEA-Solver LV (Cooper *et al.*, 2007)을 활용하였다.

IV. 결과 분석

1. 교차효율분석 결과

<표-4>는 교차효율분석의 결과를 정리한 것이다. 여기서 대각선에 위치한 값은 개별 DMU에게 유리한 가중치를 적용한 결과에 해당된다. 따라서 이 수치는 일반 BCC모형에서 도출된 효율값과 같은 값을 갖게 된다. 그리고 각 셀의 값은 식 (2)에서 정의된 효율값 θ_{kj} 에 해당한다. 예를 들어 대구저연승에 해당하는 열(列)의 대각선 셀(대구저연승의 행(行)과 교차)의 값은 “효율적 상태”를 뜻하는 1이었지만, 그 아래 셀(꽂치붕수망 행과 교차)의 값은 0.701에 해당하였다. 또한 인도네시아트롤에게 유리한 최적 가중치를 적용했을 경우는 0.259수준으로 효율성 수치가 훨씬 낮은 수준이 될 수도 있다. 즉, 어떤 가중치를 적용하느냐에 따라 원양 업종에 대한 평가결과가 크게 달라질 수 있음을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 이론적으로 충분히 가능한 것이며, 가중치 변화에 따라 결과가 달라지는 DEA의 취약점을 보여주는 일례이다.

<표-4>의 맨 아래에서 두 번째 행은 교차효율분석이 제시하는 최종적인 효율성 값으로, DEA가 갖는 효율값 변동의 특징을 감안해서 $\theta_{*,j}$ 의 열 평균값을 적용한 다소 보수적 관점의 효율성을 산정한 것이다. 이 결과를 보면 참치선망이 상대적으로 가장 효율적이고, 다음으로 인도네시아트롤과 포클랜드트롤이 그 뒤를 잇는 것으로 분석되었다. 그리고 감척의 시급성 측면에서는 대서양트롤, 북양트롤, 그리고 꽂치붕수망, 인도양트롤의 순서로 비효율성의 크기가 큰 것으로 나타났다. 구체적으로 살펴보면, 현재 경영 여건이 가장 나쁜 것으로 나타난 대서양트롤의 경우 FTA 피해와 연안국 규제, 그리고 조업 여건 지수가 높은 상태이다. 즉, 여건이 나쁜 상태이고, 동시에 경영 수익성과 쿼터 확보 면에서도 성과가 낮음으로 인해 전체적으로 효율이 매우 낮게 추정된 것으로 보인다.

<표-4>

교차효율분석 결과

	북양 트롤	북양트 롤 (합작)	대서양 트롤	포클랜 드트롤	인도양 트롤	인도네 시아 트롤	참치 연승	참치 선망	오징어 채낚기	대구저 연승	꽂치봉 수망	대서양 외줄 낚시
북양 트롤	0.848	1.000	0.628	1.000	0.675	1.000	0.789	0.629	0.540	1.000	0.586	0.800
북양 트롤 (합작)	0.332	1.000	0.220	0.485	0.191	0.539	0.443	1.000	0.405	0.321	0.238	0.566
대서양 트롤	0.742	1.000	0.700	0.838	0.722	1.000	1.000	0.712	0.532	0.743	0.578	1.555
프클랜 드 트롤	0.696	1.000	0.379	1.000	0.397	1.000	0.471	1.000	0.498	0.952	0.438	0.765
인도양 트롤	0.462	0.226	0.308	1.000	0.944	0.801	1.000	1.000	0.955	0.701	0.871	0.773
인도네시 아트롤	0.146	0.288	0.187	0.219	0.206	1.000	0.313	1.000	0.154	0.259	0.170	0.289
참치 연승	0.304	0.888	0.248	0.435	0.228	0.500	1.000	1.000	0.481	0.261	0.232	0.637
참치 선망	0.105	0.082	0.065	0.304	0.205	0.520	0.200	1.000	0.296	0.270	0.241	0.278
오징어 채낚기	0.417	0.200	0.281	0.921	0.937	0.739	1.000	1.000	0.957	0.627	0.856	0.724
대구 저연승	0.355	0.440	0.178	0.675	0.215	1.000	0.199	0.879	0.285	1.000	0.270	0.482
꽂치 봉수망	0.462	0.226	0.308	1.000	0.944	0.801	1.000	1.000	0.955	0.701	0.871	0.773
대서양 외줄낚시	0.733	1.000	0.500	1.000	0.557	1.000	1.000	1.000	0.653	0.758	0.489	0.996
평균	0.467	0.613	0.334	0.740	0.519	0.825	0.701	0.935	0.559	0.633	0.487	0.720
효율성 순위	11	7	12	3	9	2	5	1	8	6	10	4

2. 교차효율분석과 DEA의 결과 비교

본 연구에서 도출된 교차효율분석 결과를 DEA의 결과와 비교하고 그 의미를 분석해 보았다. <표-5>와 <그림-1>은 그 결과를 요약한 것이다. 이 결과를 보면 DEA 결과에서 효율적으로 분류된 업종 중 북양트롤

(합작)을 제외한 참치선망, 인도네시아트롤, 포클랜드트롤, 참치연승, 대구저연승의 업종은 교차효율분석에서도 상위권에 속함을 확인할 수 있다. 이것은 어느 정도 예견된 결과로서, 교차효율분석은 다양한 형태의 가중치를 반복 적용해서 DEA를 수행하기 때문에 일반적인 DEA 결과와 전혀 동떨어진 결과가 나올 가능성은 적은 편이다.

그러나 북양트롤(합작)의 경우는 DEA결과에서 효율적으로 분류되었음에도 교차효율분석에서는 순위가 높지 않았다. 이 원인은 <표-4>에서 확인해 볼 수 있다. 즉, 자신에게 최적인 가중치를 적용할 경우나 북양트롤, 대서양트롤, 포클랜드트롤, 대서양외줄낙시에게 유리한 가중치를 적용할 경우 효율성이 높았지만, 다른 가중치, 예컨대 인도양트롤, 인도네시아트롤, 참치선망, 오징어채낙기, 콩치봉수망에게 최적인 가중치를 적용할 경우에는 효율성 수치가 현저히 떨어지는 데서 그 원인을 찾을 수 있다. 특히 대구저연승의 경우 두 분석 방법의 결과 차이가 크게 나타났다. 즉, DEA에서는 ‘효율적’으로 판정하였으나, 교차효율분석을 통한 상세한 순위 산정 결과에서는 12개 업종 중 6번째에 위치한 것으로 나타나 결코 ‘효율적’이라고 단언하기는 어려운 것으로 나타났다.

이 결과는 DEA의 한계를 보여주는 좋은 예이다. 즉, <표-3>에서 대구저연승에 해당되는 입력 자료를 보면 출력요소 측면에서 경영수익성과 쿼터 확보가 좋지 않음에도 불구하고 한미 FTA 피해나 조업 여건 측면에서 보자면 여건이 나쁘지 않았는데, 이러한 경우 DEA는 대구저연승에 유리한 최적 가중치를 적용해서 ‘효율적’으로 판정하는 특성이 있다. 또 다른 예로 참치연승의 경우도 경영수익성이 열악한 수준임에도 불구하고 쿼터확보 측면을 보자면 여건이 매우 좋기 때문에 ‘효율적’으로 판정했지만, 교차효율분석의 결과에서는 전체 업종 중 중위권에 머무르기도 하였다. 이 경우처럼 가중치 적용 결과에 따라 그 결과의 편차가 매우 클 경우에는 극단적인 가중치를 적용하는 것보다 교차효율분석에서 적용하는 평균의 개념을 채택하는 것이 더 나은 해결방법이 될 수 있다.

본 연구에서는 교차효율분석과 DEA의 결과 비교를 위해서 두 방법에서 도출된 순위값의 차이 여부를 검증하였다. 여기서 효율값을 직접 비

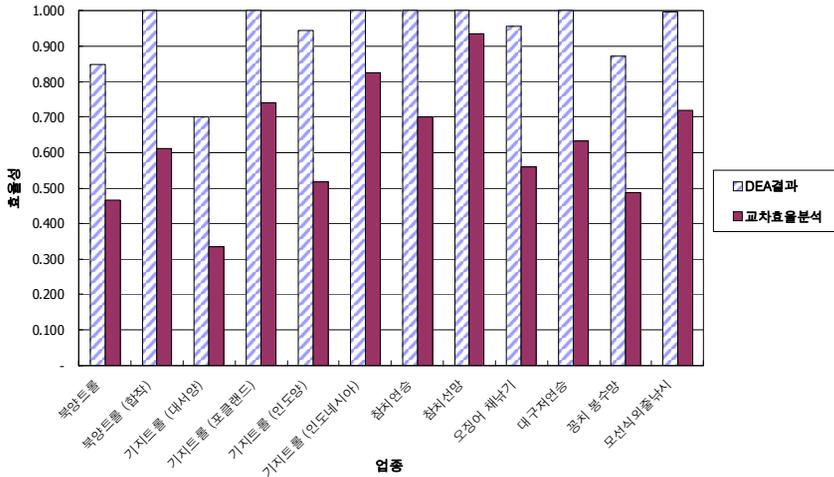
교하지 않은 이유는 교차효율분석이 DEA보다 보수적인 방법으로서 전자의 효율값이 후자의 효율값보다 작을 것이 자명하기 때문이다. <표-6>는 교차효율분석과 DEA에서 도출된 순위값에 대한 통계치이며, <표-7>은 유의수준 5%에서 두 분석방법에서 도출된 순위값에 대한 차이 유무에 대한 분산분석(Analysis of Variance : ANOVA)의 결과다. <표-7>을 보면 F비율이 F기각치보다 작아서 교차효율분석과 DEA에서 얻은 순위 간에는 통계적으로 차이가 없는 것으로 판단된다. 참고로 상관분석(Correlation Analysis)에서도 상관계수가 0.833으로 나타나서 두 방법으로 얻은 순위 간에는 강한 양의 관계가 있음을 알 수 있었다. 이상의 분석을 통해 우리는 교차효율분석이 DEA와 유사한 순위 결과를 도출하면서도 DEA보다는 양질의 정보, 즉 정확한 효율성 순위를 제시할 수 있음을 확인할 수 있었다.

<표-5>

교차효율분석과 DEA의 결과 비교

	효율성		순위	
	DEA	교차효율분석	DEA	교차효율분석
북양트롤	0.848	0.467	11	11
북양트롤 (합작)	1.000	0.613	1	7
대서양트롤	0.700	0.334	12	12
포클랜드트롤	1.000	0.740	1	3
인도양트롤	0.944	0.519	9	9
인도네시아트롤	1.000	0.825	1	2
참치연승	1.000	0.701	1	5
참치선망	1.000	0.935	1	1
오징어채낚기	0.957	0.559	8	8
대구저연승	1.000	0.633	1	6
꽁치봉수망	0.871	0.487	10	10
대서양의줄낙시	0.996	0.720	7	4

<그림-1> 교차효율분석과 DEA에서 도출된 효율성 수치 비교



<표-6> 교차효율분석과 DEA 결과(순위)의 통계치

인자의수준	관측수	합	평균	분산
DEA 결과(순위)	12	63	5.25	21.30
교차효율분석 결과(순위)	12	78	6.50	13.00

<표-7> 교차효율분석과 DEA 결과(순위) 비교를 위한 ANOVA 결과

변동의 요인	제곱합	자유도	제곱평균	F비	P-값	F기각치
처리	9.375	1	9.375	0.547	0.468	4.301
잔차	377.250	22	17.148			
계	386.630	23				

V. 결 론

본 연구에서는 원양어업의 업종별 효율성 순위를 도출할 수 있는 계량적 방법으로 교차효율분석을 소개하고 그 적용 방법을 제시하였다. 여기서 활용한 교차효율분석은 자료포락분석과 마찬가지로 상이한 단위를 갖는 다수의 투입물과 산출물을 동시에 고려하는 과정에서 발생할 수 있는 단위 변환과 입출력 요소에 대한 가중치 설정의 문제를 해결할 수 있으면서, 동시에 DEA가 다수의 업종을 ‘효율적’으로 판정하는 것과 달리 상대적 효율성 정도에 따라 구체적인 순위를 산정한다는 점에서 효과적인 방법으로 판단된다.

교차효율분석 결과 참치선망, 인도네시아트롤, 포클랜드트롤 업종의 순서로 타 업종에 비해 상대적으로 양호한 여건에 있는 것으로 나타났고, 대서양트롤, 북양트롤, 콩치붕수망, 인도양트롤의 순서로 더 열악한 상황에 있는 것으로 분석되었다. 본 연구에서 제시한 업종별 효율성은 절대적인 경영효율성과 동일하지는 않아도, 적어도 상대적으로 어느 업종이 보다 더 효율적인지 확인해 볼 수 있다는 데 의의가 있다. 또한 본 연구에서 소개한 교차효율분석 모형은 해양수산 분야의 효율성 평가를 위한 다양한 문제에도 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 본 연구에서 다룬 원양업종 효율성 평가 문제의 경우, 특정 원양업종의 운영이 객관적으로 효율적인가 하는 것은 각 업종이 갖고 있는 정성적 측면의 경영 환경 변화와 연계하여 보다 면밀히 분석해 볼 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 김재희 · 최강득 · 김수관, “원양어업의 효율성 평가를 위한 자료포락 분석 모형”, 『수산경영론집』, Vol. 39, No. 3, 2008, pp. 49~65.
2. 농림수산식품부, 『한미FTA체결에 따른 직접피해 지원계획 수립 연구 용역 보고서』, 2008.
3. 한국해양수산개발원, 『한미FTA 수산분야 예상피해 - 주요품목 설명자료』, 2007, pp. 1~21.
4. 해양수산부, 『원양어업 경영실태조사에 관한 연구』, 2005.
5. _____, 『한미FTA협상결과 및 국내대책』, 2007.
6. 홍현표 · 최성애 · 이현동, 『수산업의 구조변화와 정책방안에 관한 연구』, 한국해양수산개발원, 2005.
7. Adler, N., L. Friedman and Z. Sinuany-Stern, “Review of Ranking Methods in the Data Envelopment Analysis Context”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 140, Issue 2, 2002, pp. 249~265.
8. Appa, G. and H. P. Williams, “A New Framework for the solution of DEA Models”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 172, Issue 2, 2006, pp. 604~615.
9. Banker, R. D., A. Charnes, and W. W. Cooper, “Some Models for the Estimation of Technical and Scale Efficiencies in Data Envelopment Analysis”, *Management Science*, Vol. 30, No. 9, 1984, pp. 1078~1092.
10. Charnes, A., W. W. Cooper, and E. Rhodes, “Measuring Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operations Research*, Vol. 2, Issue 6, 1978, pp. 429~444.
11. Cooper, W. W., L. M. Seiford, and K. Tone, *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*, Springer, 2007.
12. Doyle, J. and R. Green, “Efficiency and Cross-Efficiency in DEA: Derivations, Meanings and Uses”, *The Journal of the Operational Research Society*, Vol. 45, No. 5, 1994, pp. 567~578.

13. Sexton, T. R., R. H. Silkman, A. J. Hogan, Data envelopment analysis: Critique and extensions, In: Silkman, R. H. (Ed.). *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*, pp. 73~105, Jossey-Bass, San Francisco, CA., 1986.
14. Zhu, J., *Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets*, *Kluwer Academic Publishers*, Boston, 2002.