

한국 근해 쌍끌이 대형기선저인망어선의 규모별 효율성과 어획능력 활용도 평가

이동우* · 이재봉 · 정석근 · 김영혜
국립수산과학원 자원연구과

Scale Efficiency and Fishing Capacity Analysis for Large Pair-Trawl Vessels in Korean Waters

Dong Woo LEE*, Jae Bong LEE, Sukgeun JUNG and Yeonghye KIM
Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research & Development Institute, Gijang, Busan 619-902, Korea

To propose proper vessel characteristics for sustainable fisheries in Korean waters, we analyzed the fishing capacity, scale efficiency and utilization of large pair-trawl vessels based on the database of catch, effort and vessel characteristics (gross tonnage and engine power) in 1990 by applying data envelopment analysis (DEA). The input factors were gross tonnage, horse power and days operated; whereas the output factor was expected catch by vessel characteristics. The optimal vessel types, selected based on the input-oriented technical efficiency and gross tonnages, was 100 GT with engine power <600 HP. The output-oriented unbiased estimate of capacity utilization (CU) decreased with increasing vessel tonnage. For the same tonnage vessels, the CU decreased with increasing engine power.

Key words: Large pair-trawl, Technical efficiency, Fishing capacity, DEA, GAMS

서론

한국의 연근해어업은 1990년대 후반에 들어서면서 어선의 척당, 마력당 혹은 톤당 어획량이 즉 단위노력당 어획량이 현저히 낮아졌다(Park and Lee, 2005). 한국 연근해 어선의 조업어장은 지리적 특성상 주변국간의 어장의 경합과 인접국 중국, 일본간의 배타적 경제수역(Exclusive Economic Zone; EEZ)의 획정으로 비록 상대국의 EEZ에서의 조업이 허용되기는 하나 그 이전에 비해 제한적이기 때문에 상대적으로 축소되었다고 볼 수 있다. 1970년대부터 본격적으로 증가하기 시작했던 어선의 증가와 이에 따른 어획량의 증가 추세는 1990년대 후반에 들어 꺾이게 되었고, 결과적으로 어업의 효율성은 점차 떨어지고, 현존 자원에 대한 어선의 어획능력은 과잉 상태로 남게 되었다. 이에 대해 정부에서는 대대적인 감척사업으로 어선수를 지속적으로 줄여왔다. 특히, 쌍끌이 대형기선저인망어선은 1990년대 말부터 2000년대로 넘어오면서 감척사업의 결과로 대폭적으로 감척이 이루어졌다(Park and Lee, 2005).

이러한 과잉어획능력은 어업자원이 무주물적인 존재로서 먼저 발견한 자의 몫이 되기 때문에 무한의 선취경쟁의 결과로 나타난 것이다. 대부분의 국가에서 이러한 경쟁을 막아보기 위해 총허용어획량, 어업허가제, 조업시기 제한, 조업금지구역 설정, 조업일수 제한 등 수 많은 자원관리 수단을 동원하고 있지만 여전히 어업자원에 대한 어획능력은 과잉 상태에

있다(Pascoe and Gréboval, 2003).

과잉어획능력에 대해서는 여러 어업에서 문제로 지적되고 있지만, 구체적인 정의와 측정이 이루어지지 않고 있기 때문에, 어업에 있어서 실질적인 과잉능력이 어느 정도인지를 파악한다는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 먼저 어획능력(fishing capacity)과 과잉어획능력(over-fishing capacity)의 정확한 의미를 살펴 볼 필요가 있다. 광의의 어획능력은 주어진 투입량으로 성취할 수 있는 산출량의 최대값 혹은 역으로 어떤 목표 산출량을 달성하기 위해 필요한 최소한의 투입량이라고 정의하고 있고, 과잉어획능력은 어업대상자원에 대한 적정 수준의 능력을 넘어선 잉여분의 능력이 존재하는 상태로서 불필요한 어획능력이라고 할 수 있다(Ward et al., 2001).

과잉어획능력의 지속은 어획효율성을 떨어뜨리고 어업자원에 악영향을 주게 되므로 과잉능력의 원인과 그 수준을 알아내는 것은 아주 중요하다. Kirkley and Squires (1999)는 감축해야 할 적정 어선수를 결정하기 위한 방법으로 투입 요소에 근거한 자료포락분석(Data Envelopment Analysis, DEA)을 제시하였다. 어획능력의 측정과 관리에 대해서는 1990년대 말에 어업관리에 있어서 국제적으로 중요한 논제로 다루어왔고 결국 '어획능력 측정에 대한 국제 이행계획'을 만들게 되었다. 그 후 각국에서 다양한 어종 혹은 어업을 대상으로 어획능력과 어획효율성에 대한 분석 결과를 내놓고 있다(Hsu, 1999; Kirkley et al., 1999; Vestergaard et al., 1999; FAO, 2000; Coglán et al., 2001; Pascoe et al., 2001; Felthoven, 2002; Tingley and Pascoe, 2003; Maravelias and Tsitsika, 2008). 이들

*Corresponding author: dwlee3@nfrdi.go.kr

의 연구에서 사용된 방법은 거의 모두가 DEA로서 어획능력과 효율성의 측정에 가장 많이 이용되고 있다. 또한 DEA를 위한 분석 도구로서 DEAP (Coelli, 1996), EMS (Scheel, 2000), DEA-Solver (Cooper et al., 2006), FEAR 1.11 (Wilson, 2008), 그리고 GAMS (Rosenthal, 2008)와 같은 다양한 소프트웨어가 개발되어 왔다. 본 연구에서는 한국의 쌍끌이 대형기선저인망 어선에 대해서 DEA를 이용하여 어선규모별 어획효율성과 어획능력의 활용도를 분석하였다.

재료 및 방법

분석 모델

자료포락분석 (Data Envelopment Analysis; DEA)은 최적화 기법을 근거로 기술적 효율성을 비모수적인 방법으로 추정하는 것이다 (Charnes et al., 1978). DEA에서의 효율성이라 함은 투입요소의 투입량이 얼마나 효율적으로 산출요소의 산출량으로 전환되었는지를 나타내주는 지표이다. DEA의 프론티어 (frontier; 최대생산량을 연결한 선)는 적정 값들에 의해 형성되며, 이러한 산출 (투입) 지향 프론티어는 산출량 (투입량)의 최대치(최소치)를 나타내는 것으로 이는 효율성이 있는 투입량 (산출량)으로부터 얻어진다. 산출 지향 (output-oriented) 또는 투입 지향 (input-oriented) 모델의 선택은 연구자가 어느 쪽에 관심을 두느냐에 달려 있다. DEA로서 어획능력과 어획능력의 활용도를 추정하는 데 사용할 수 있다. 그 간단한 예로서 어떤 어업에서 동종의 어선 (투입 요소)에 의해 어획되는 두 어종의 어획량 (산출 요소)을 생각해볼 수 있다. 주어진 어선 조건에서 어획량의 수준은 고정된 투입요소를 얼마나 활용하는 가에 달려 있다. Fig. 1은 5척의 어선 (A, B, C, D, E)에 대한 두 어종의 어획량 (output 1, output 2)을 나타낸 것이다. 여기서 생산 가능성의 프론티어는 어선 A, B, C 그리고 D에 의해 결정된다. 이들 어선이 최대한의 가용 능력을 활용하였다고 가정한다면, 어선 E는 프론티어에 비해 상대적으로 적게 두 어종을 어획하였고, 그리고 어획능력을 최대한 발휘하지 못했다고 추측할 수 있다. 어선 E가 대등한 능력의 어획량을 나타낼 수 있는 위치는 원점에서 방사상으로 프론티어 상의 점 E*에 도달할 수 있도록 두 어종의 어획량을 끌어올려야 한다. 여기서 어선 E가 증가시킬 필요가 있는 확장 요소 (θ)는 OE^*/OE 이다. 반대로 어선 E에 대한 어획능력의 활용도는 OE/OE^* (예로서 $1/\theta$)가 된다.

프론티어의 형태는 모델이 지니고 있는 가정에 따라 달라지는 데 (Fig. 2), 즉 규모에 대한 수익 불변 (constant returns to scale; CRS)으로서 Fig. 2(A)의 O와 B, 규모에 대한 수익 가변 (variable returns to scale; VRS)으로서 Fig. 2(B)의 A, B, C와 D의 연결선, 그리고 규모에 대한 수익비체중 (non-increasing returns to scale; NIRS)으로서 Fig. 2(C)의 O, B, C와 D를 연결하는 선이다. 여기서 VRS의 형태는 규모에 대한 증가와 감소를 다 포함하고 있다. 어업분야에 있어서는 선형적으로 VRS 특히 그중에서 규모에 대한 체감 (decreasing returns to scale;

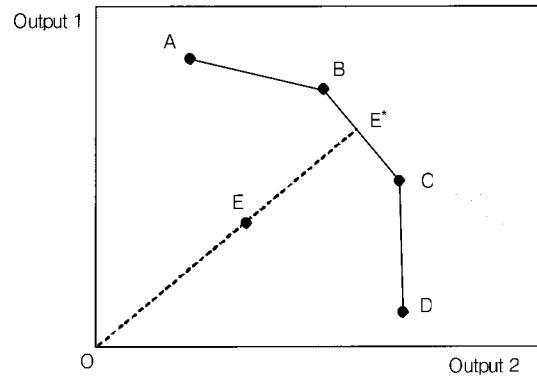


Fig. 1. Graphical presentation of two-output production possibility frontier.

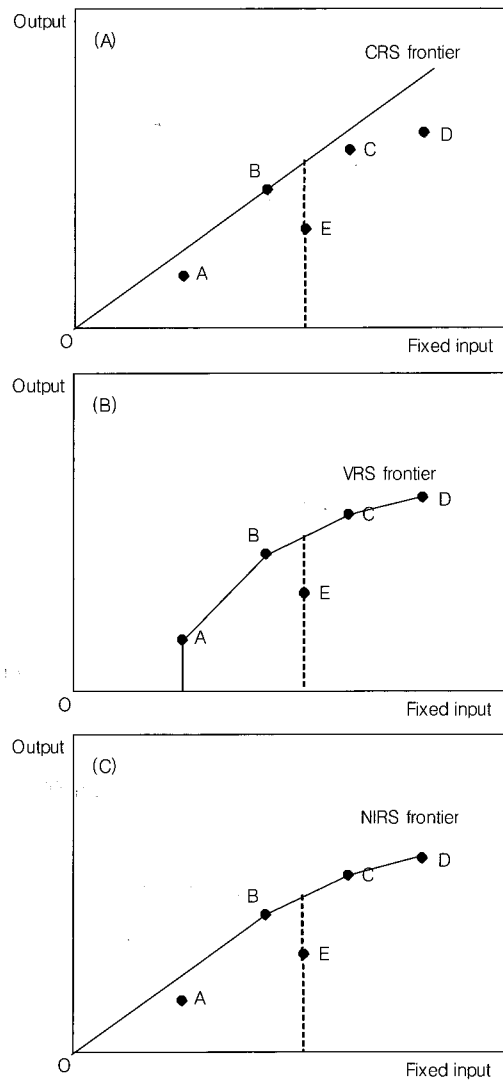


Fig. 2. Graphical representation of the (a) CRS and (b) VRS and NIRS frontier model (see text).

DRS)을 많이 가정하고 있다 (Tingley and Pascoe, 2003). 각 어선에 대한 θ 값은 사용 자료에 대한 선형계획 (linear

programming; LP) 모델을 적용하여 추정할 수 있다. 투입요소에 대한 어획능력의 추정은 Färe et al. (1989, 1994)에 따라 다음과 같은 선형계획모델을 풀면 된다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \theta_1 \\
 & \text{subject to} \\
 & \theta_1 u_{0,m} \leq \sum_j z_j u_{j,m} \quad \forall m \\
 & \sum_j z_j x_{j,n} \leq x_{0,n} \quad n \in \alpha \\
 & \sum_j z_j x_{j,n} = \lambda_{0,n} x_{0,n} \quad n \in \hat{\alpha} \\
 & \sum_j z_j = 1 \\
 & z_j \geq 0, \lambda_{j,n} \geq 0 \quad n \in \hat{\alpha}
 \end{aligned} \tag{1}$$

여기서 θ_1 각 어선이 증대시킬 수 있는 산출량이 얼마인지를 나타내주는 스칼라 값, $u_{j,m}$ 은 어선 j 로부터 얻을 수 있는 산출 요소 m 의 산출량, $x_{j,n}$ 은 어선 j 에서 사용한 투입 요소 n 의 투입량, z_j 는 가중 요소이다. θ_1 의 값은 각 어선별로 구분해서 추정할 수 있는데, 이 때 목표로 하는 어선의 산출량과 투입량이 각각 $u_{0,m}$, $x_{0,n}$ 이다. 투입 요소는 고정투입요소(α)와 가변투입 요소($\hat{\alpha}$)로 구분할 수 있다. 여기서, $\sum_j z_j = 1$ 의 제한은 VRS를 가정한 것을 나타낸다. 여기서 $\sum_j z_j = 1$ 을 제외하면 CRS를 가정한 모형이 되고, 그 대신에 $\sum_j z_j j \leq 1$ 을 넣게 되면 NIRS를 가정한 모형이 된다. 각 산출요소에 대한 산출능력(u^*)은 관찰된 산출량(u)에 θ_1 을 곱하면 된다. 또한, 능력의 활용도(capacity utilization; CU)은 관찰된 산출량을 근거로 다음과 같이 계산된다.

$$CU = \frac{u}{u^*} = \frac{u}{\theta_1 u} = \frac{1}{\theta_1} \tag{2}$$

CU 값의 범위는 0에서 1까지인데, 1은 어획능력을 완전히 활용한 100%의 능력을 의미하고 1보다 작은 값은 그 어선이 투입량을 완전히 활용을 못하고 있다는 뜻이다. 산출량의 기술적 효율성(technical efficiency; TE)을 측정하기 위한 DEA 모델은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \theta_2 \\
 & \text{subject to} \\
 & \theta_2 u_{0,m} \leq \sum_j z_j u_{j,m} \quad \forall m \\
 & \sum_j z_j x_{j,n} \leq x_{0,n} \quad \forall n \\
 & \sum_j z_j = 1 \\
 & z_j \geq 0
 \end{aligned} \tag{3}$$

여기서, θ_2 는 기술적인 효율성과 관련한 투입 요소(고정, 가변 양쪽 다 포함)의 사용으로 각 어선이 증가시킬 수 있는 생산량이 어느 정도인지를 나타내는 스칼라 값이며, 고정투입 요소와 가변투입 요소는 모두 현재 수준으로 제한된다. 그리고 $\sum_j z_j = 1$ 의 제한은 규모에 대한 수익가변(VRS)을 나타낸

다. 이 경우 θ_2 는 모든 투입 요소를 효율적으로 사용하여 산출량을 증가시키는 것으로의 확장을 의미하며, 각 산출요소에 대한 산출량의 기술적인 효율성(u^*_{TE})은 관찰된 산출량(u)에 θ_2 를 곱하면 된다. 가변 투입량은 $\theta_2 \leq \theta_1$ 라는 제한을 받기 때문에 산출요소에 대한 산출량의 기술적 효율성은 산출능력과 같거나 그보다 작다(즉, $u^*_{TE} \leq u^*$). 기술적 효율성은 다음과 같다.

$$TE = 1 / \theta_2 \tag{4}$$

여기서, TE는 0에서 1까지의 값을 가지며, 1보다 작은 경우의 현재의 투입량 수준(고정 및 가변투입 요소 모두 포함)에서의 산출량은 잠재적인 산출능력에 비해 적다는 것을 의미한다. 즉, 추가적인 가변투입 요소의 사용 없이도 산출량을 늘릴 수 있다는 뜻이다. 어획능력의 활용도에 대한 불편추정치(CU*)는 다음과 같다.

$$CU^* = \frac{CU}{TE} = \frac{1}{\theta_1} / \frac{1}{\theta_2} = \frac{\theta_2}{\theta_1} \tag{5}$$

본 연구에서의 모든 DEA 분석은 GAMS (General Algebraic Modelling System, Rosenthal, 2008) 프로그램을 사용하였다.

사용 자료

쌍끌이 대형기선저인망 어업은 어업 상황의 변화에 따른 감척으로 그 어선수가 급격히 줄어들었고, 이에 따라 어선의 형태도 1990년대에 비해 최근에는 다양성도 줄어들었다. 본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 어선의 규모가 비교적 다양하면서도 어획이 비교적 높았던 시기인 1990년의 어선별 어획 자료를 분석에 사용하였다. 분석대상 어선별 어획자료는 국립수산업과학원이 전국의 어시장을 대상으로 표본 조사한 것이며, 1990년의 어선별 조사자료수는 총 63,116개로써 이중 어선규모의 구분이 없는 것 3,118개를 제외한 59,998개를 분석에 사용하였다. 어선규모의 구분은 어선의 톤급을 10톤 단위, 마력을 100마력 단위로 하여 39개의 어선규모로 나누어 4자리의 숫자로 표시하였다. 여기서 어선규모 '0903'은 90톤급, 300마력의 어선을 뜻한다. DEA 분석 시에는 자료를 개별 어선별로 분석하지 않고 선형별로 묶어서 사용하였다.

DEA 분석시 투입량으로 사용되는 어획노력량은 단순한 어선의 톤수의 합이나 마력의 합이 아니라 어획활동의 요소 즉 조업일수를 곱한 총어획톤수, 총어획마력을 사용하였다. 이러한 개념에 대해서 Lassen et al. (1996)은 어획노력을 두 개의 요소로 나눌 수 있다고 보고, 하나는 어선, 어구 등과 같은 용량적(capacity) 요소, 다른 하나는 어구, 어선의 활용도, 어획시간 등과 같은 활동적 요소로 나누었다. 즉,

$$\text{어획노력량} = \text{어선 capacity} \times \text{어구 capacity} \times \text{어획활동} \tag{6}$$

또한, 유럽연합에서는 선단 단위의 어획노력량 측정을 식(7), (8)과 같이 톤수, 마력, 어획활동을 모두 합친 개념을 도입하여 왔다(EC, 1998).

$$\text{총어획톤수} = \sum_{i=1}^n a_i J_i \quad (7)$$

$$\text{총어획마력} = \sum_{i=1}^n a_i P_i \quad (8)$$

여기서, n 은 척수, a_i 는 조업일수, J_i 와 P_i 는 각각 어선의 톤수 (gross tonnage; GT)와 엔진출력 (HP 또는 kW)을 나타낸다.

결 과

쌍끌이 대형기선저인망 어선에 대하여 각 선형별 고정 투입량으로써 총어획톤수, 총어획마력, 변동 투입량으로써 조업일수, 그리고 산출량으로써 어획량을 변수로 설정하여 분석한 투입지향 DEA 결과는 Table 1과 같다. 여기서 전체적으로 톤급 100 GT 이하의 어선에서 기술적 효율성 (TE)이 상대적으로

로 높은 것으로 나타났고, 대체로 톤급이 클수록 기술적 효율성이 낮아지는 것으로 나타났다. 그리고 서로 다른 가정에 따른 TE의 추정 결과에서 CRS 모델과 VRS 및 NIRS 모델의 TE값이 차이를 보였다. 특히, VRS와 NIRS는 거의 같은 값을 보인 반면, CRS와 VRS 및 CRS와 NIRS의 TE 값은 서로 간에 다소 차이를 보였다. 그러나, CRS TE는 규모를 고려하지 않기 때문에 규모의 변화에 따른 효율성의 영향을 고려하지 않고 있으므로 어획량이 규모의 영향을 받을 경우 제대로 평가할 수 없다. 이에 반해 VRS 혹은 NIRS는 규모에 따른 변화를 고려하고 있으므로 규모의 영향이 있을 경우 CRS와 VRS의 TE는 서로 차이를 나타낸다. 이러한 규모의 영향이 있는지 없는지는 규모의 효율성 즉 scale efficiency (SE) 값으로 알아볼 수 있다. SE는 CRS의 TE를 VRS의 TE로 나눈 값이다. 규모의 효율성에 있어서도 어선톤수 100 GT를 기준으로 볼

Table 1. Results from input-oriented DEA models with different assumptions regarding returns to scale for the large pair-trawl in Korean waters. Vessel class number represents gross -tonnage and horse-power of a vessel, i.e. 0703 is 70 GT and 300 HP

Vessel class	Output	Fixed Input		Variable Input	TE (CRS)	TE (VRS)	TE (NIRS)	Scale Efficiency
	Catch (box)	Gross Tonnage	Horse Power	Days Fished				
'0703	15090	162750	697500	2325	1.000	1.000	1.000	1.000
'0704	52190	562940	3216800	8042	0.898	0.994	0.994	0.903
'0705	39258	387660	2769000	5538	0.889	1.000	1.000	0.889
'0706	2962	23800	204000	340	1.000	1.000	1.000	1.000
'0802	20482	288880	722200	3611	1.000	1.000	1.000	1.000
'0803	411244	5044560	18917100	63057	0.981	1.000	1.000	0.981
'0804	29943	363280	1816400	4541	0.893	0.951	0.951	0.939
'0805	610	9120	57000	114	0.659	1.000	0.659	0.659
'0806	4360	47680	357600	596	0.840	0.890	0.890	0.944
'0902	10660	164970	366600	1833	1.000	1.000	1.000	1.000
'0903	740386	10492200	34974000	116580	0.934	1.000	1.000	0.934
'0904	1147676	17212680	76500800	191252	0.796	1.000	1.000	0.796
'0905	149193	2450430	13613500	27227	0.674	0.822	0.822	0.820
'0906	580253	9143010	60953400	101589	0.656	0.891	0.891	0.736
'0907	37339	686880	5342400	7632	0.562	0.683	0.683	0.823
'1003	19394	278900	836700	2789	1.000	1.000	1.000	1.000
'1004	80352	1402800	5611200	14028	0.760	0.847	0.847	0.897
'1005	28624	503200	2516000	5032	0.700	0.787	0.787	0.889
'1006	82611	1204200	7225200	12042	0.787	1.000	1.000	0.787
'1007	50530	927800	6494600	9278	0.625	0.775	0.775	0.806
'1103	24051	518980	1415400	4718	0.733	0.743	0.743	0.987
'1104	43926	936430	3405200	8513	0.684	0.747	0.747	0.916
'1105	1809	34650	157500	315	0.707	0.785	0.707	0.901
'1106	91765	1557160	8493600	14156	0.744	0.950	0.950	0.783
'1107	363619	6545330	41652100	59503	0.701	0.935	0.935	0.750
'1108	52352	831820	6049600	7562	0.795	0.987	0.987	0.805
'1204	58862	1238040	4126800	10317	0.757	0.832	0.832	0.910
'1205	35151	705120	2938000	5876	0.736	0.836	0.836	0.880
'1207	233806	4264200	24874500	35535	0.755	0.996	0.996	0.758
'1208	142139	2985000	19900000	24875	0.656	0.852	0.852	0.770
'1303	40892	843310	1946100	6487	0.907	0.940	0.940	0.965
'1304	58617	1149460	3536800	8842	0.879	0.967	0.967	0.909
'1305	98258	2163330	8320500	16641	0.727	0.872	0.872	0.834
'1306	111085	2254980	10407600	17346	0.735	0.946	0.946	0.777
'1307	66744	1466270	7895300	11279	0.679	0.855	0.855	0.794
'1308	15986	254150	1564000	1955	0.939	1.000	1.000	0.939
'1404	2336	67200	192000	480	0.645	0.712	0.645	0.906
'1407	147792	3078600	15393000	21990	0.771	1.000	1.000	0.771
'1409	50045	1242220	7985700	8873	0.647	0.801	0.801	0.808

Table 2. Capacity and capacity utilization on an output-oriented DEA model by vessel characteristic for large pair-trawl in Korean waters. Vessel class number represents gross-tonnage and horse-power of a vessel, i.e. 0703 is 70 GT and 300 HP

Vessel class	Catch Output	Technical Efficiency Measure (TE)	Capacity Output Measure (CU)	Capacity	Unbiased Capacity Utilization (CU*)
'0703	15090	1.00	1.00	15090	1.00
'0704	52190	1.11	1.11	58150	1.00
'0705	39258	1.12	1.12	44145	1.00
'0706	2962	1.00	1.00	2962	1.00
'0802	20482	1.00	1.00	20482	1.00
'0803	411244	1.02	1.06	434708	0.96
'0804	29943	1.12	1.19	35604	0.94
'0805	610	1.52	1.60	978	0.95
'0806	4360	1.19	1.27	5556	0.93
'0902	10660	1.00	1.00	10660	1.00
'0903	740386	1.07	1.15	850738	0.93
'0904	1147676	1.26	1.41	1616172	0.89
'0905	149193	1.48	1.68	250242	0.88
'0906	580253	1.53	1.74	1008926	0.88
'0907	37339	1.78	2.18	81448	0.82
'1003	19394	1.00	1.11	21478	0.90
'1004	80352	1.32	1.56	125169	0.84
'1005	28624	1.43	1.72	49318	0.83
'1006	82611	1.27	1.54	126938	0.83
'1007	50530	1.60	2.07	104672	0.77
'1103	24051	1.36	1.59	38238	0.86
'1104	43926	1.46	1.81	79395	0.81
'1105	1809	1.41	1.81	3279	0.78
'1106	91765	1.34	1.72	157855	0.78
'1107	363619	1.43	1.95	707586	0.73
'1108	52352	1.26	1.82	95524	0.69
'1204	58862	1.32	1.71	100384	0.77
'1205	35151	1.36	1.83	64352	0.74
'1207	233806	1.32	1.90	444239	0.70
'1208	142139	1.52	2.32	329393	0.66
'1303	40892	1.10	1.37	56123	0.80
'1304	58617	1.14	1.53	89601	0.74
'1305	98258	1.38	1.92	188964	0.72
'1306	111085	1.36	1.93	214584	0.70
'1307	66744	1.47	2.22	147882	0.66
'1308	15986	1.07	1.69	27080	0.63
'1404	2336	1.55	2.17	5058	0.72
'1407	147792	1.30	2.04	301728	0.63
'1409	50045	1.54	2.70	134888	0.57

때, 100톤급 이상의 어선이 그 이하의 어선 톤급에 비해 SE<1의 값을 많이 나타내고 있으므로 규모의 효율성이 낮다는 것을 알 수 있다.

산출지향 DEA 분석에 의한 어선규모별 기술적 효율성 (TE), 어획능력 (Capacity), 어획능력 활용도 (CU) 및 비편의 어획능력 활용도 (CU*)의 분석 결과는 Table 2와 같다. 70톤급 어선과 다른 톤급 어선과의 비편의 어획능력 활용도를 비교해 보면, 70톤급이 1로서 100%에 이룬 반면, 90톤급은 평균 90%, 100톤급은 83%, 110톤급 78%, 120톤급은 72%, 130톤급은 71%, 그리고 140톤급은 64%로써 톤급이 증가할수록 어획능력의 활용도가 낮아지는 것으로 나타났다 (Table 2). 이러한 결과에서 볼 때, 100톤급 이상의 어선들 대부분이 현재의 어획능력을 충분히 활용하지 못하고 있는 것으로 판단할 수 있다. 그러므로 이들 어선들이 어획능력을 최대한으로

활용하여 활용도를 높인다면 100톤급은 평균 17%, 110톤급은 22%, 그리고 140톤급은 36%의 어획증가를 이룰 수 있는 것으로 분석된다.

어선을 톤급별로 구분해서 마력의 증가에 따른 CU*를 보면 (Fig. 3), 90톤급은 200마력에서 CU*가 1로서 100%, 300마력은 93%, 500마력은 88%, 그리고 700마력은 82%의 활용도를 나타내었다. 그리고 130톤급의 경우에는 300마력은 80%, 500마력은 72%, 70마력은 66%의 활용도를 나타내었다. 이러한 결과에서 같은 톤급 내에서도 마력이 클수록 활용도가 낮아지는 것으로 나타났다.

고 찰

DEA를 이용하여 한국의 쌍끌이 대형기선저인망어선의 어선 규모별 어획능력 및 어획능력의 효율성을 평가해 본

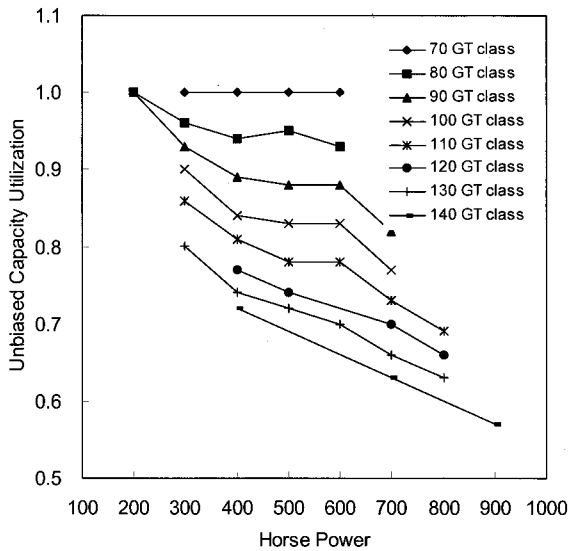


Fig. 3. Unbiased capacity utilization in each horse power by gross tonnage (GT) for large pair-trawl.

결과, 톤급의 증가나 마력의 증가에 따른 효율성은 낮아지고 또한 어획능력의 활용도도 떨어지는 것으로 분석되었다. 특히 쌍끌이 대형기선저인망어선의 경우 100톤급 이상의 어선에서 그 효율성이 더 떨어지는 것으로 나타났고 또한 같은 톤급의 어선에서의 마력에 증가에 따른 어획효율 및 어획능력의 활용도도 낮아지는 것으로 나타났으며 특히 600마력 이상에 더욱 두드러지게 나타났다. 이러한 결과에서 어획능력의 효율성이나 활용도를 고려해 볼 때, 쌍끌이 대형기선저인망어선의 적정 규모는 100톤급 600마력 이하인 것으로 생각된다. 한편, 어선의 톤급 및 마력과 CPUE의 단위 톤당 (kg/GT) 및 단위마력당어획량 (kg/HP)과의 관계를 보면 (Fig. 4), 톤급이나 마력이 커질수록 CPUE가 증가한 것을 볼 수 있다. 이러한 결과에서 어선의 규모 즉, 톤수나 마력을 증가시킴으로써 어획을 증대시킬 수 있을 것으로 생각된다. 그러나, 톤수를 80톤급에서 140톤급으로 늘렸을 때, CPUE는 15 kg/GT에서 20 kg/GT 증가하므로 톤수 증가율은 평균 75%인 것에 비해 CPUE 증가율은 평균 67%로써 CPUE 증가율이 톤수 증가율보다 8% 정도 낮았고, 또한 마력을 300마력에서 900마력으로 증가시켰을 경우 CPUE는 약 3.75 kg/HP에서 4.0 kg/HP로 증가하여 마력 증가율이 200%인데 비해 CPUE 증가율은 7% 정도에 불과하였다($R^2=0.106$). 이와 같이 어선의 톤수의 증가에 따른 CPUE의 증가는 어느 정도 기대할 수 있지만 마력의 증가에 따른 CPUE의 증가비율은 톤수에 비해 크지 않음을 알 수 있다.

본 연구에서 사용된 자료포락분석 (DEA)의 장점은 회귀분석에서처럼 모집단 전체의 평균 수치로서 평가하는 대신 각각의 의사결정단위 (Decision Making Unit; DMU)의 개별적 특성에 관심을 둬으로써 개선의 가능성을 파악해 볼 수 있을 뿐만 아니라, 모델 자체가 복수의 투입과 산출을 동시

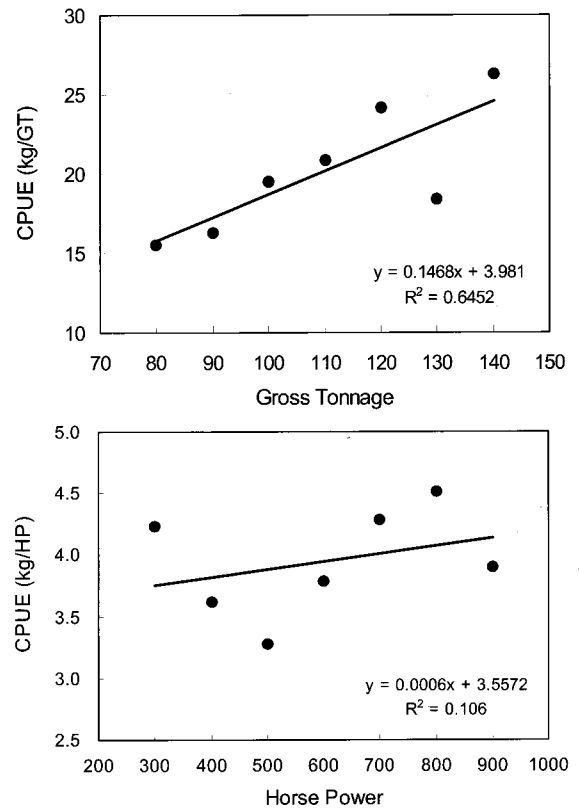


Fig. 4. Relationship between vessel size (gross tonnage and horse power) and CPUE for large pair-trawl.

에 종합적으로 고려하는 가운데 각 DMU의 상대적 평가에 엄격하고 공평한 기준을 적용할 수 있다. 그러나, DEA의 단점은 상대적인 평가에 의한 결과이기 때문에 효율성 1 (100%)이라고 하는 것은 절대적으로 항상 효율적이라고 보기 어렵다.

어획능력의 파악으로 비효율적인 요소인 과잉어획능력을 제거함으로써 개별 어선에 있어서는 어획효율성을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 자원관리 측면에서는 어업자원에 가해지는 어획압력을 줄일 수 있는 방안을 마련할 수 있다. 전 세계적으로 어업자원에 대한 현재의 어획능력은 과도한 것으로 추정하고 있고, 한국 역시 어획능력이 과잉상태인 것으로 보고 있다 (Park and Lee, 2005). DEA로서 개별 어업에 대한 어획능력의 분석 뿐만 아니라 한국 전체의 어획능력도 파악할 수 있을 것으로 본다.

DEA의 경우 분석 대상어업으로부터 투입 요소로서 어선의 크기, 마력, 톤수, 선원수, 어획장비, 어구 등을 고려할 수 있고, 산출 요소로서 어획량, 어획금액, 수익 등을 고려하여 최적한 조건을 상대적으로 찾아낼 수 있다. 그러나 일반적으로 적정 수준의 어획이나 어획노력량을 분석하는 전통적인 방법은 그 대상자원에 가해지는 어획노력에 대한 자원량의 변화를 추적 해보는 것인데 비해 DEA에서는 대상자원의 변화를 고려하지 않고 있다는 점이다. 또한, DEA

에서 분석하고 있는 기술적 효율성에 있어서도 특히 어선의 경우 선장 혹은 어선원의 어장정보 활용능력이라든가 조업과 관련한 어구의 설치, 어구의 운용기술 등에 따라 어획량은 크게 달라질 수 있음에도 불구하고 이러한 부분을 DEA에서 고려할 수 없다는 것이다. 그러므로, DEA를 이용한 효율성의 분석이라든가 어획능력의 평가시에는 이러한 점을 고려하여 판단하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Banker, R.D., A. Charnes and W.W. Cooper. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Coelli, T. 1996. A Guide to DEAP Version 2.1: A Data Envelopment Analysis (Computer) Program. CEPA Working Paper 96/08, 85.
- Charnes, A., W.W. Cooper and E. Rhodes. 1978. Measuring the Efficiency of Decision Making Units, *European Journal of Operations Research*, 2, 429-444.
- Coglan, L., S. Pascoe and S. Mardle. 2001. Physical versus harvest based measures of capacity: the case of the UK vessel capacity unit system. *ICES Journal of Marine Science*, 58(6), 1243-1252.
- Cooper, W.W., L.M. Seiford and K. Tone. 2000. *Data Envelopment Analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. Kluwer Academic Publishers, second printing, 2000.
- EC. 1998. Concerning the segmentation of the Community fishing fleet and fishing effort in relation to the multiannual guidance programmes. COMMISSION REGULATION (EC) No 2091/98 of 30 September 1998. *Official Journal of the European Communities* 1. 10. 98.
- FAO. 1998. Report of the Technical Working Group on the Management of Fishing Capacity, La Jolla, California, United States, 15-18 April 1998, FAO Fisheries Report, 586, Rome, FAO.
- FAO. 1999. International Plan of Action on the Measurement of Fishing Capacity.
- FAO. 2000. Report of the Technical Consultation on the Measurement of Fishing Capacity. FAO Fisheries Report, 615 FIPP/R615 (En). Rome, FAO.
- Färe, R., S. Grosskopf and E.C. Korkkelenberg. 1989. Measuring plant capacity, utilization and technical change: a non-parametric approach. *International Economic Review*, 30, 655-666.
- Färe, R., S. Grosskopf and C.A.K. Lovell. 1994. *Production frontiers*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Gréboval, D. 1999. Managing fishing capacity: selected papers on underlying concepts and issues. FAO Fisheries Technical Paper No. 386. Rome, FAO, 1-206.
- Felthoven, R.G. 2002. Effects of the American Fisheries Act on capacity, utilisation and technical efficiency. *Marine Resource Economics* 17, 181-206.
- Hsu, T. 1999. Simple capacity indicators for peak to peak and data envelopment analyses of fishing capacity. Presented at the FAO Technical Consultation on the Management of Fishing Capacity, Mexico City 29 November - 3 December 1999.
- Kirkley, J.E., D.E. Squires and I.E. Strand. 1995. Assessing technical efficiency in commercial fisheries: The mid-Atlantic sea scallop fishery. *American Journal of Agricultural Economics*, 77, 686-697.
- Kirkley, J.E., R. Färe, G. Grosskopf, K. McConnell, D.E. Squires and I. Strand. 1999. Assessing capacity and capacity utilization in fisheries when data are limited. Presented at the FAO Technical Consultation on the Management of Fishing Capacity, Mexico City, 29 November - 3 December 1999.
- Kirkley, J.E. and D.E. Squires. 1999. Measuring capacity and capacity utilization in fisheries. In: *Managing Fishing Capacity: Selected Papers on Underlying Concepts and Issues*. Gréboval, D., ed. FAO Fisheries Technical Paper, 386, Rome, FAO.
- Lassen, H. et al. 1996. Report of the Group of Independent Experts to advise the European Commission on the Fourth Generation of Multi-Annual Guidance Programmes". DG XIV/298/96-EN, April 1996.
- Maravelías, C.D. and E.V. Tsitsika. 2008. Economic efficiency analysis and fleet capacity assessment in Mediterranean fisheries, *Fish. Res.*, doi:10.1016/j.fishres. 2008.02.013.
- Park, B.S. and M.K. Lee. 2005. The analysis of fishery buy-back programs of offshore fisheries concerning fishery production. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 17(1), 115-131.
- Pascoe, S., L. Coglan and S. Mardle. 2001. Physical versus harvest-based measures of capacity: the case of the United Kingdom vessel capacity unit system. *ICES Journal of Marine Science*, 58, 1243-1252.
- Pascoe, S. and D. Gréboval. 2003. Measuring capacity in fisheries. FAO Fisheries Technical Paper. No. 445. Rome, FAO, 1-314.
- Pascoe, S., D. Gréboval, J. Kirkley and E. Lindebo. 2004.

- Measuring and appraising capacity in fisheries: framework, analytical tools and data aggregation. FAO Fisheries Circular. No. 994. Rome, FAO, 1-39.
- Rosenthal, R.E. 2008. GAMS. A User's Guide. GAMS Development Corporation, Washington, DC, USA.
- Sabatella, E. and C. Piccinetti. 2002. Example of capacity assessment of a Mediterranean fishery and relevant bioeconomic indicators. AdriaMed Seminar on Fishing Capacity. Fano, 24th - 25th October 2002.
- Scheel, H. 2000. EMS: Efficiency Measurement System User's Manual.
- Tingley, D. and S. Pascoe. 2003. Estimating the level of excess capacity in the Scottish fishing fleet: Final Report, CEMARE Report 66. CEMARE, University of Portsmouth, UK.
- Vestergaard, N., D. Squires and J.E. Kirkley. 1999. Measuring capacity and capacity utilization in fisheries: the case of the Danish gillnet fleet. Presented at the FAO Technical Consultation on the Management of Fishing Capacity, Mexico City, 29 November - 3 December 1999.
- Waldo, S. 2006. Capacity and Efficiency in Swedish Pelagic Fisheries The Swedish Institute for Food and Agricultural Economics. SLI Working Paper 2006:1.
- Ward, J.M., T. Brainerd and M. Milazzo. 2001. Assessing Harvest Capacity and Overcapacity in Federally Managed Fisheries, A Preliminary and Qualitative Report, National Marine Fisheries Service, Offices of Science and Technology and Sustainable Fisheries, Silver Spring, Maryland, September.
- Wilson, P.W. 2008. FEAR 1.11 User's Guide. Department of Economics, Clemson University, USA.

2008년 10월 27일 접수

2008년 12월 19일 수리