

동해안 대게 자망어업의 어획 성능 및 어획 능력 평가

이경훈 · 김병관^{1*} · 김도훈² · 안희춘³ · 이춘우⁴

국립수산과학원 시스템공학과, ^{1*}동해어업관리단, ²국립수산과학원 기술경영센터
³동해수산연구소 해역산업과, ⁴부경대학교 해양생산시스템관리학부

Assessment of fishing power and fishing capacity of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) gillnet fishery in the East Sea

Kyounghoon LEE, Pyung-Kwan KIM^{1*}, Do-Hoon KIM², Heui-Chun AN³ and Chun-Woo LEE⁴

Fisheries Engineering System Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea

¹East Sea Management service, Busan 613-104, Korea

²Technology Management Center, NFRDI, Busan 619-705, Korea

*³Aquaculture Industry Division, East Sea Fisheries Research Institute,
NFRDI, Gangneung 210-861, Korea*

*⁴Division of Marine Production System Management, Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea*

Currently, environment-friendly and sustainable fisheries are one of the major issues among fisheries authorities. A variety of alternative management policies and projects are going on to enhance fisheries management systems and fishery resources such as a TAC management program and a VDS (Vessel Day Scheme) management scheme for distant water fishing nations in Western and Central Pacific Fisheries Commission (WCPFC) convention area. These kinds of efforts among fisheries management authorities are aimed at limiting fishing capacity or fishing power. In terms of fisheries management, Fishing capacity and fishing power have increased the importance of the impact on a fishery and level of the resources. Increased fishing capacity and fishing power have caused not only depletion of fisheries resource, but also additional fishing cost. therefore, there is a clear need for authorities to manage fishing capacity and fishing power. It is also help ensure the conservation and sustainability of the fishery resources. Because of lack of data, absolute fishing power is difficulty to measure. The notion of relative fishing power is frequently used. In this study, relative fishing power was assessed using Mastuda (1991) method for fishing power index. The raw data for assessment was based on fishermen's logbook data from sampled fishing vessels in coastal

*Corresponding author: pkkim@kfs.go.kr, Tel: 82-51-410-1018, Fax: 82-51-410-1014

snow crab gillnet fishery. Data Envelopment Analysis (DEA) method was used to assess fishing capacity. DEA is a linear programming methodology to measure the efficiency of a set of entities called Decision-Making Units (DMUs). It was recommended by FAO for assessing capacity in fisheries.

Keywords: Fishing Power, Fishing capacity, TAC, Data Envelopment Analysis, Gillnet

서 론

최근 환경적으로 건전하고 지속가능한 어업을 실현하기 위한 여러 정책적 대안들이 전 세계적으로 시도되고 있다. 이러한 경험을 바탕으로 어업관리제도는 개선되고 있지만 어업규제의 측면에서 꾸준히 증대되고 있는 어획 성능 (Fishing power)이나 어획 능력 (Fishing capacity)은 각국의 공통적으로 해결해야 할 당면 과제이다. 이를 적정 수준 이하로 감축시켜 주요 어업 자원의 회복을 도모하는 방법이 현재 어업관리의 한 방법으로 시행되고 있다. 이러한 노력은 배타적 경제수역 (EEZ) 선포와 함께 EEZ 내에서 연간 어획 할 수 있는 어종별 허용 어획량을 결정하고 그 범위 내에서 어획량을 제한하는 TAC (Total Allowable Catch) 제도나 중서부태평양수산위원회 (WCPFC)의 보존관리조치 (CMM 2005-01)에서 우리나라와 같은 원양어업국 (Distant Water Fishing Nations, DWFNs)에 대한 낚다랑어와 황다랑어의 어획노력량 (Fishing effort in days)을 규제하기 위한 VDS (Vessel Day Scheme) 제도 등이 대표적이다. 그러나 이러한 노력도 현재의 어구·어법의 공학적 수준과 단위 어선의 어획 성능적 측면에서 볼 때, 과도 어획을 유발할 수 있다는 문제점에 노출되어 있다.

한편, 세계식량농업기구 (Food and Agriculture Organization, FAO)에서는 1995년 ‘책임 있는 수산업 규범 (Code of conduct for responsible fisheries)’ 채택 시 가장 핵심적인 내용 중의 하나로 과잉 어획 능력 (overcapacity)의 감소를 제안하였다. 이 규범의 실질적 이행을 위해 1999년 FAO 제23차 수산위원회에서 ‘어획 능력 관리를

위한 국제적 행동계획 (International plan of action for the management of fishing capacity)’을 수립하여 각국의 어업별 어획 능력을 측정하고, 과잉 어획 능력 감축을 위한 관리방안 마련을 촉구하였다 (FAO, 1999).

FAO 전문가그룹회의에서는 국제적인 어획 능력 측정을 위한 가장 효과적인 방법 중의 하나로 자료포락분석 (Data Envelopment Analysis, DEA) 기법을 제안하였다 (FAO, 2000). DEA 기법은 활용 가능한 비교적 적은 자료로 FAO가 정의한 어획 능력을 가장 효과적으로 측정할 수 있는 장점이 있다. 지금까지 대부분의 선행 연구들도 DEA 기법을 활용하여 어업별 어획 능력을 측정해 오고 있다 (Kirkley et al., 2003; Kim et al., 2007). FAO는 과잉 어획 능력을 감축하는 방안으로 권고한 각국의 어업별 어획 능력을 분석 및 평가할 수 있는 정량적인 기법에 의해 특정 업종에 대한 어획 능력을 추정하고 있으며, 어선의 성능 또는 어구의 어획 능력을 의미하는 어획 성능을 산정하기 위해 특정 어장에서의 일정기간 동안 조업한 동일 업종간의 상호 비교를 통해 어획 성능 지수 (Fishing Power Index, FPI)를 산출하여 어획 성능을 규명하고 있다 (Kim, 2006; An et al., 2007).

본 연구에서는 우리나라 연근해 주요 대상어업의 어획 성능과 어획 능력을 규명하기 위하여 우리나라 동해안에서 자망, 기선저인망, 트롤, 통발 등의 다양한 어법에 의해 어획되는 주요 어업 특산품인 대게 (*Chionoecetes opilio*)를 대상으로 총 어업생산량의 80%를 차지하는 자망어업에 대한 어획 특성을 분석하였다. 또한, 동해안

대게 자망어업의 중심지인 경상북도 죽변, 후포 지역을 대상으로 톤급별 표본 어선을 선정하여 어선별 FPI를 평가하고, FAO 권고안에 따라 DEA 기법을 활용하여 어획 능력을 측정하여 비교·분석하였다.

재료 및 방법

대게 자망어업의 현황

대게는 우리나라 동해, 오힌크해, 베링해, 북태평양 및 북대서양의 북미 대륙에 서식하고 있는 것으로 알려져 있다. 우리나라 동해안에 분포하는 대게는 수심 100-500m에 주로 서식하고 있는 것으로 조사되고 있다 (NFRDI, 2010). 대게의 연도별 어획량은 Fig. 1과 같으며, 2003년 어획량 1,889톤을 시작으로 매년 증가하였으나 2007년 4,817톤을 정점으로 이후 감소하고 있으며 2008년 3,019톤 수준이다.

어업 규제 측면에서는 기존 수산업법, 기르는어업육성법, 수산자원보호령 등에 산재되어 있던 수산자원관리법령이 수산자원관리법으로 통합되었으며, 대게를 대상으로 하는 조업하는 어업에서는 수산자원관리법 제14조 (포획·채취금지)에 의해 6월 1일부터 11월 30일까지 금어기 (단, 동경 131도 30분 이동수역은 6월 1일-10월 31일)와 함께 포획금지 채장을 두홍갑장 9cm 이

하로 규정하고 있다. 동법 23조 (어구의 사용금지)에서는 대게 자망 어구의 망목을 240mm 이하, 대게 통발 어구의 경우 150mm 이하를 사용하지 못하도록 규정하고 있으며, 동법 제36조 (총허용어획량의 설정)에 따라 TAC 대상 어종으로 설정되어 있다. 대통령령인 수산자원관리법시행령 제6조 (포획·채취금지) 3항 1호에서 암컷 대게의 포획금지가 구체화되어 있다. 벌칙의 측면에서는 이전의 수산자원보호령이 최고 500만원 이하의 벌금형을 정하고 있는 반면, 수산자원관리법에서는 최고 2년 이하의 징역이나 2천만원 이하의 벌금형을 규정하고 있어 벌칙이 보다 강화되었다.

동해안 대게 자망 어선의 주요 장비는 레이더, 어탐기, GPS 플로터, 무전기 (SSB 27MHz), 작업등이 장착되어 있으며, 대게 자망 어선의 주 어로장비는 선수 가이드 롤러와 유압식 양망기가 있고, 자망 어구의 투망은 선미에서 양망은 선수에서 이루어진다. 양망 시에는 선수의 가이드 롤러를 선외로 내어 자망이 가이드 롤러의 중앙을 통과하도록 한 다음, 유압식 양망기에 뜰줄과 발줄을 감아 양망한다.

대게 자망의 주 어장은 경상북도 연안의 수심 100-400m 수역이며, 대부분의 어선들이 사용하는 어구 1폭은 가로 70-150m이며 단일섬유 (mono filament) 망지를 뜰줄에 부착하여 제작한다. 어구 1틀은 12-30폭으로 구성되고, 사용 어구의 수는 8-15틀이며, 대게 자망 1틀의 투망 소요 시간은 20-30분, 양망 소요 시간은 4-10 시간이고, 보통 1일 2틀을 양망하는 경우가 많고 침지 기간은 일반적으로 7-20일 정도이다.

동해안 대게 연안 자망어업의 어기는 12월 1일부터 다음해 5월 31일까지이고, 대게 자망은 어구를 바다 속에 일정기간 동안 설치한 후 그물에 걸려있는 대게를 어획하는 어법이다. 대게 연안 자망 어선은 보통 당일 출어를 행하고 있으며, 출어 시 기존 부설 어구를 일부를 양망한 다음 다시 새로운 자망을 투망하고 귀항하는 형태의 조업을 한다.

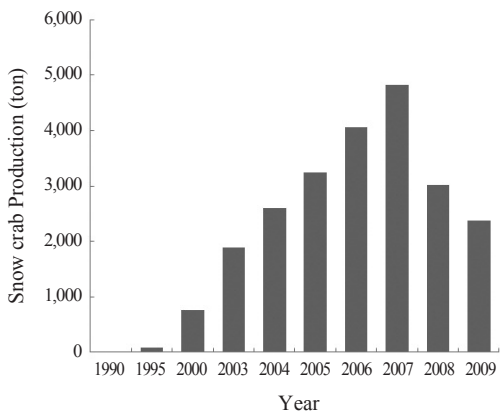


Fig. 1. Annual catch of snow crab in the East Sea, 1990-2009.

표본 어선의 조업 분석자료

본 연구에서 분석에 필요한 표본 선박은 우리나라 대계 주요 생산지인 경북 동해안 대계 자망 어업에 종사하고 있는 총톤수 4-8톤 정도의 선

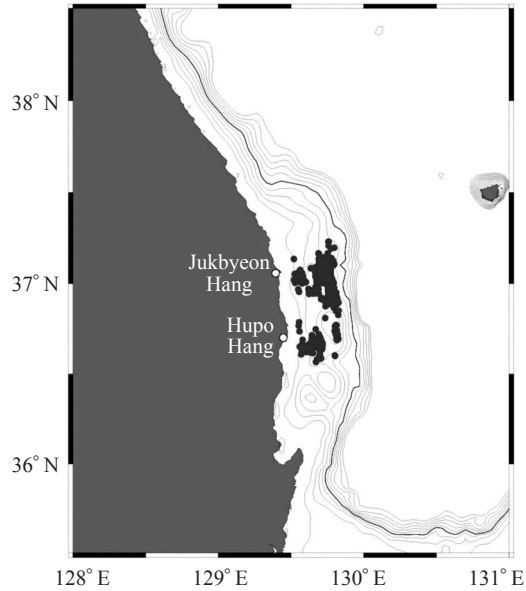


Fig. 2. Fishing area of the snow crab gillnet vessels, 2006-2007.

박을 대상으로 2006년부터 2007년까지 총 16척의 표본 어선 (죽변 지역 8척, 후포 지역 8척)을 선정하여 어획량 및 어획노력량 조사를 수행하였다 (Table 1). 또한, 각 표본 어선별 시기별 조업 해역에 대한 정보를 동시에 수집하였다.

어획 성능 분석에 사용된 경북 죽변·후포 지역 표본 어선의 평균 톤수는 6.4톤, 평균 기관출력은 356마력이었으며, 표본 어선의 1회 평균 어구사용량은 2,480미터였다. 이 때, 표본 어선 16척의 평균 CPUE (단위 그물 길이당 어획 개체수)는 0.21inds./m였으며, 경북 죽변-후포지역의 주요 어장은 조업일지의 주요 위치 정보를 바탕으로 인근 해역 수심 100-400m 부근에서 조업이 이루어지는 것으로 나타났다 (Fig. 2).

어획 성능 평가방법

어획 성능은 연간 어획량에 기초로 어구, 어선의 형태, 시간에 대한 상대적인 효율을 측정하기 위한 개념으로 제안되었다. 일반적으로 대상 어종을 어획하는 능력을 의미하지만, 명확한 정의 없이 특정 선박을 기준으로 하여 단순히 어획량이나 단위노력당 어획량 (CPUE)를 비교하기도

Table 1. Characteristics of the snow crab gillnet vessels sampled in this study

Vessel no.	Average catch (ind.)	Tonnage (ton)	Propulsion (HP)	Personnel (person)	Average gear usage (unit)	Length of unit gear (m)	Average CPUE (ind./m)
1	417	6.65	360	3	40	70	0.15
2	324	5.94	325	3	38	70	0.12
3	314	4.99	290	2	34	70	0.13
4	246	5.15	238	2	24	70	0.15
5	576	7.93	305	4	48	70	0.17
6	417	6.67	335	2	34	70	0.18
7	518	6.65	405	3	40	70	0.19
8	392	6.34	325	3	39	70	0.14
9	520	4.02	240	2	12	150	0.29
10	215	4.10	270	2	13	150	0.11
11	458	6.28	360	3	16	150	0.19
12	706	7.31	430	3	15	150	0.31
13	582	7.93	480	4	19	150	0.20
14	886	7.31	405	4	18	150	0.33
15	804	7.93	530	3	15	150	0.36
16	773	7.32	405	3	18	150	0.29

한다. 그러나 같은 어구나 같은 어선이라도 조사 해석이나 시기에 따라 대상 어종의 현존 자원량이 다르기 때문에, 이와 같은 어획량이나 CPUE만을 단순히 비교하는 것은 의미가 없다. 이 경우, 동일한 시기 및 해석에서 조업한 어선이나 업종간의 상대적인 어획능률을 수치화하는 방법으로 상대적인 비교가 가능한 FPI를 산정하는 방법을 사용할 수 있다 (Mastuda, 1991).

본 연구에서는 표준 어선의 어획 성능과 표본 어선의 어획 성능을 산출하기 위하여 다음과 같은 조건에서 계산하였다. 즉, 동일 어구에 동일 어종을 대상으로 같은 어구를 사용하는 복수의 어선이 조업한 경우, 제 i 일에 조업한 어선 j 의 CPUE를 y_{ji} , 어선 j 의 어획 성능을 a_j 라 하면, 어획 성능 1을 갖는 가상의 어선 x 의 제 i 일 어획량을 x_i 로부터 y_{ji} 는 x_i 에 비례하여 그 계수를 FPI a_j 로 나타낼 수 있다. 따라서, 편차의 제곱 $(y_{ji} - a_j x_i)^2$ 을 표본 어선별 일정 어구에 연산하여 최소값으로 각 어선에 대한 FPI a_j 를 결정할 수 있다 (Table 2). 즉, $\frac{\partial}{\partial a_j} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^n (y_{ji} - a_j x_i)^2 = 0$ 로부터 a_j 에 관하여 편미분 (partial differentiation)하면,

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_j y_{ji}}{\sum_{i=1}^p a_j^2} \quad (1)$$

또한, $\frac{\partial}{\partial x_j} \sum_i \sum_j (y_{ji} - a_j x_i)^2 = 0$ 로부터 x_i 에 관하여 편미분 (partial differentiation) 하면,

$$a_j = \frac{\sum_{i=1}^p (y_{ji} \sum_{j=1}^n \frac{y_{ji}}{n})}{\sum_{i=1}^p x_i^2} \quad (2)$$

를 계산하고, 이것을 $(p+n)$ 개의 연립방정식을 풀면 x_i 와 a_j 를 구할 수 있다.

Mastuda (1991)는 FPI 산정 시, 톤급별 인망횟수가 일정한 예망 어업을 대상으로 추정하여 각 어선별 조업일수를 기간별로 나누고 조업이 불가능한 일수에 대해서는 조업일수의 평균값을 이용하여 보정 후 추정하였으나, 본 연구에서는 대게 자망 어업의 경우, 표본 어선별 1일 조업하는 자망의 길이가 차이가 있기 때문에 단순히 어획량을 가지고 비교하는 것은 의미가 없다고 판단하여, 일별 조업의 CPUE 값, 표본 어선당 1일 어획 마리수를 양망한 그물의 길이로 나눈 값 (마리수/m)을 어획 성능 산정의 비교 값으로 하였다. 또한, 표본 어선별 조업일수가 개인적인 사정이나 풍랑주의보 등의 해상 기상에 영향으로 인하여 불규칙하므로, 기간별 단위로 나누는 것이 불가능하였다. 따라서 일정기간 동안 최대 어획량을 기준으로 어선별 CPUE 값을 정렬하여 그 값을 상대적으로 비교하는 방식을 선정하였다.

본 연구에서의 어획 성능 산정은 대게 자원량이 조사 해석에서 균일하게 분포하고 있는 것으로 가정하여, 표본 어선의 어구 사용량에 따른 어획량의 지표인 CPUE 값을 이용하여 표본 어선이 가지고 있는 고유의 어획 능력, 어선의 크기, 기

Table 2. Estimated fishing power based on daily yield for sampled vessels

Day (i)	Vessel (j)	1	2	3	...	n	Standard vessel (x)
	1		y_{11}	y_{21}	y_{31}	...	
2		y_{12}	y_{22}	y_{32}	...	y_{n2}	x_2
3		y_{13}	y_{23}	y_{33}	...	y_{n3}	x_3
...				
p		y_{1p}	y_{2p}	y_{3p}	...	y_{np}	x_p
Fishing Power Index (F.P.I.)		a_1	a_2	a_3	...	a_n	1

관의 성능, 어업인의 기술, 숙련도 등을 포함하는 거시적 관점에서 어획 성능을 산정하였다.

어획 능력 평가방법

일반적으로 어획 능력은 ‘어느 한 척의 어선 혹은 선단이 어획할 수 있는 능력’으로 정의될 수 있는데, 선행 연구에서 어획 능력은 크게 생산적인 개념과 경제적인 개념으로 정의되고 있다 (Zheng and Zhou, 2005; Pascoe et al., 2004; Kirkley et al., 2001; Nelson, 1989; Morrison, 1985). 생산적인 개념의 어획 능력은 생산 최대화에 근거하여 주어진 시장 여건, 어업자원 상태, 기술적 상황 하에서 조업 활동에 아무런 제약 조건이 없을 경우 일정기간 동안 어선 혹은 선단이 산출할 수 있는 최대 생산량을 의미한다.

경제적인 개념의 어획 능력은 경제성을 고려한 비용 최소화에 근거하여 주어진 시장여건, 어업자원 상태, 기술적 상황 하에서 조업 활동에 아무런 제약 조건이 없을 경우 일정기간 동안 어선 혹은 선단이 산출할 수 있는 가장 경제적인 생산량 수준을 의미한다. 경제적인 개념의 어획 능력을 측정하기 위해서는 조업 활동과 관련된 비용 등의 분석을 위한 경제적인 자료가 구비되어야 하는데, 이러한 정량적 분석 자료를 수집하는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 특히, 다양한 투입 요소를 사용하여 다양한 종류의 어종을 어획하는 어업의 경우 경제적인 개념의 어획 능력을 측정하는데 현실적인 어려움이 많다.

이에 FAO 전문가그룹회의에서는 어획 능력을 생산적인 개념으로 정의하고, 이에 근거하여 어업별 어획 능력을 측정하도록 제안하였다 (FAO, 2000). 즉, 주어진 시장여건, 어업자원 상태, 기술적 상황 하에서 조업 활동에 아무런 제약 조건이 없을 경우 일정기간 동안 어선 혹은 선단이 산출할 수 있는 잠재적인 최대 생산량을 구하고, 이를 실제 생산량 수준과 비교하여 어획 능력의 과잉 정도를 측정하도록 하였다.

FAO가 권고한 DEA 기법은 선형계획법에 근

거한 효율성 측정방법으로써 생산가능집합에서 적용되는 몇 가지의 기준 하에서 생산가능곡선 (Production possibility frontier)에 평가 대상의 투입 요소와 산출 요소간의 자료를 이용해 경험적 효율성 프론티어 (생산 활동의 상대적 기술효율성, Technical efficiency)를 평가 대상으로 비교하여 평가 대상의 효율치를 측정하는 비모수적 (Non-parametric) 접근방법이다. DEA의 기본 원리는 모든 비교 대상 의사결정단위 (Decision Making Unit, DMU)의 효율성은 1보다 작거나 같다는 제약 조건 하에서 평가하고자 하는 의사결정단위의 효율성을 극대화하는 모형으로서 다음의 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$MAX \sum_{m=1}^M z_m u_{jm} / \sum_{n=1}^N z_n x_{jn} \quad (3)$$

제약 조건은

$$\sum_{m=1}^M z_m u_{jm} / \sum_{n=1}^N z_n x_{jn} \leq 1$$

$$z_m, z_n \geq 0, j=1, 2, \dots, J$$

여기서, M은 효율성을 측정하고자 하는 대상 의사결정단위 (Decision Making Unit, DMU)의 산출 요소의 수이고, N은 투입 요소의 수를 나타내며, u_{jm} 과 x_{jn} 은 의사결정단위의 투입물과 산출물의 실제 관찰치를 나타낸다. 그리고 z_m 과 z_n 은 대상 의사결정단위의 각 산출 요소와 투입 요소의 가중치 (Weighted value)를 의미한다.

DEA 기법의 기본 원리를 바탕으로 어획 능력의 측정을 위한 DEA 모형을 보다 구체적으로 살펴보면, DEA는 수리적 선형계획법을 이용하여 분석 대상 어선들의 어획 노력 투입량과 최대 프론티어 (frontier) 생산량과의 선형적인 관계식을 도출하게 된다. 즉, 주어진 투입 요소량에 대한 최대 생산량을 산출하므로 이는 Johansen (1968)의 정의와 FAO (2000)가 제안한 바와 같이 어획 능력의 생산적인 개념과 일치하게 된다.

결과 및 고찰

표본 어선의 조업해역 특성

표본 어선의 항차별 조업정보를 바탕으로 어기 중 월별 조업 수심정보를 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 어기가 시작하는 12월의 평균 조업수심은 227m에서 시작하여 시간이 경과함에 따라 12월보다 조업수심이 깊어졌다. 어기가 끝나는 시점인 5월의 평균 조업수심은 309m였다. 또한 동일한 기간 동안 표본 어선의 CPUE 변동 경향

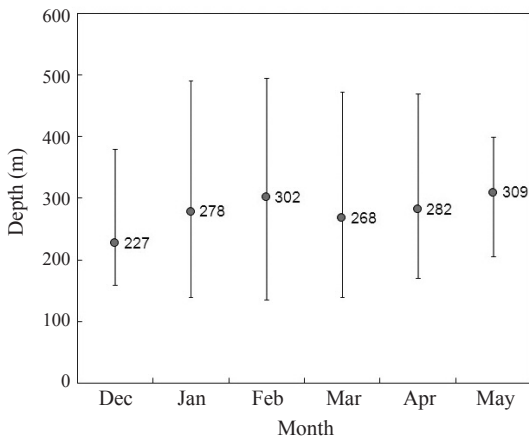


Fig. 3. Monthly changes in fishing depth of the snow crab gillnet fishery, Dec. 2006-May 2007. Circles and bars represent mean depth and fishing depth, respectively.

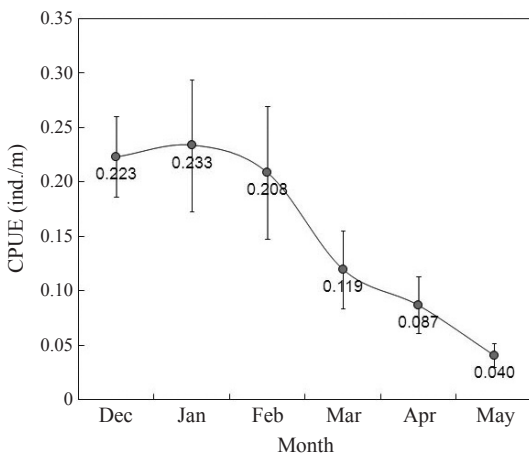


Fig. 4. Monthly changes in CPUE of the snow crab gillnet fishery, Dec. 2006-May 2007. Circles and bars represent averaged values and range of CPUE, respectively.

은 12월을 기준으로 0.223에서 시작하여 시간이 경과함에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. 어기가 끝나는 5월의 CPUE는 0.040으로서 최저값을 나타내었다. 즉, CPUE가 대게 자망어업의 성어기인 12-2월에는 높은 값을 보였고, 2-3월을 기점으로 어기가 끝나는 시점에 가까워질수록 크게 감소하여 대게 월별 어획량 변동 추이와 유사한 경향을 보였다.

어획성능지수 (FPI) 평가

어획 성능 분석에 사용된 경북 죽변·후포 지역 대게 자망어업의 표본 어선의 톤급 범위는 4-8톤으로, 주기관인 디젤엔진의 출력은 240-530 마력으로 구성되어 있으며, 표본 어선의 어획 성능을 나타내는 FPI를 기준으로 기관 마력수와 톤수를 비교한 결과는 Fig. 5 및 Fig. 6과 같다. 어선 5는 유사 톤급 어선에 비해 상대적으로 낮은 기관 출력을 보유하고 있는 것으로 나타났다. 표본 어선별 FPI는 유사 톤급의 마력수와 차이를 보이는 어선 5를 제외한 6톤 미만의 선박에서는 FPI가 1보다 낮은 평균 0.69로 나타내었으나, 6톤 이상의 선박은 상대적으로 1보다 높은 평균 1.15로 산출되었다.

어획 성능은 대상 선박의 어획 능력 수준을 평가하는 기준으로서, 트롤과 같은 예망 어구를 사

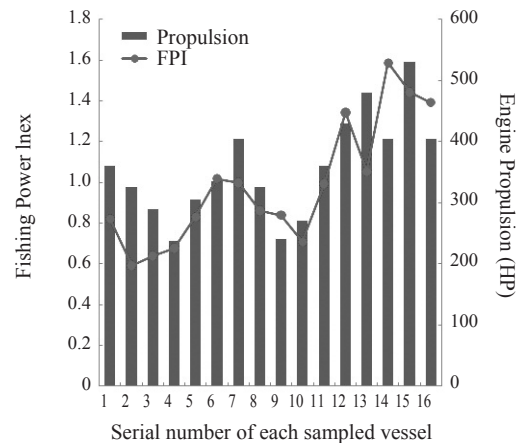


Fig. 5. Fishing Power Index and engine propulsion of each sampled vessel.

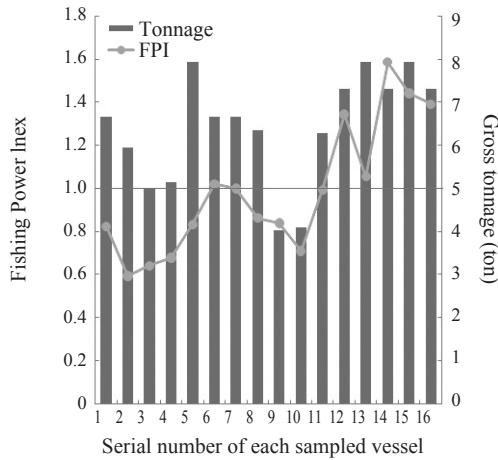


Fig. 6. Fishing Power Index and tonnage of each sampled vessel.

용하는 어업의 경우 선박의 기관출력과 어획 성능이 정비례 관계로 증가하는 것이 일반적이다. 그러나 자망 같은 소극적인 어업은 어구의 적재 능력 및 연안역에서 조업하는 경우, 톤수 및 동력원에 크게 영향을 주지 않는 것이 일반적이지만, 본 조사에서 분석된 대계 자망은 넓은 범위의 어장 위치 및 수협 위판에 따른 조업시간 조절, 어장 이동에 따른 항해시간 등 시간적 제한 사항에 따른 영향으로 인하여 어선 마력수와 어획 성능이 유사한 경향을 나타내었다.

따라서, 대계 자망 표본 어선의 FPI를 톤급별 및 마력수와의 상관관계를 비교한 결과, 어획 성능이 1인 어선의 톤수는 약 5.5-6.0톤급, 기관출력은 350-450마력으로 산출되었으며, Fig. 7과 같이 각 표본 어선을 총톤수를 기준으로 4개의 그룹으로 나누어 분석한 결과, 선박별 톤수 ($R^2=0.59$)에 비해 동력원이 어획 성능과 높은 상관관계 ($R^2=0.98$)를 나타내므로 대계 자망 어선의 어획 성능은 톤수보다 마력수와의 상관관계가 높다는 것을 알 수 있었다.

한편, 각 표본 어선의 4개 그룹에 대한 톤수별 평균 톤수와 기관출력을 산출하여 이를 기준으로 평균 어구 사용량을 비교한 결과, Fig. 8과 같이 각 구간별 톤급과 기관출력이 증가함에 따라

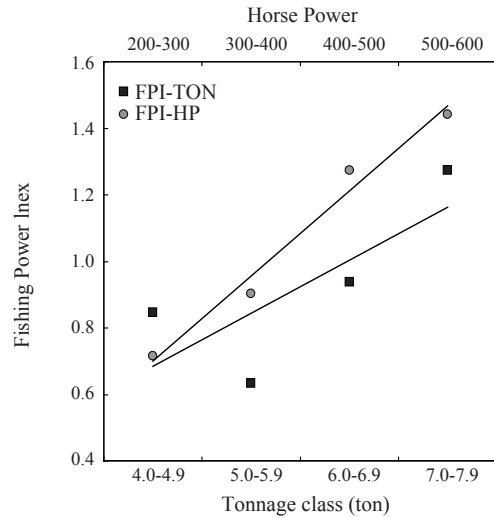


Fig. 7. Correlation of Fishing Power Index between Horse Power and Tonnage.

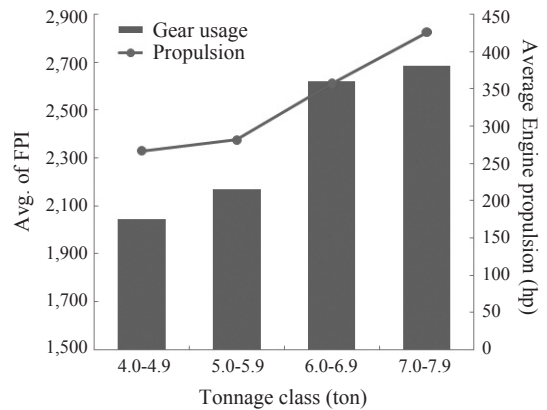


Fig. 8. Comparison between Averaged fishing gear usage and averaged engine propulsion of each sampled vessel by tonnage class.

평균 어구 사용량 또한 일정하게 증가하는 경향이 나타났다.

어획 능력 평가

경북 죽변 · 후포 지역의 표본 조사된 대계 자망 어선에 대한 DEA 분석 결과는 Fig. 9에서 보는 바와 같이, 어선별 실제 어획량에 대한 최대 어획량이 산출되었다. 어선 9, 14, 15는 실제 어

획량과 최대 어획량이 거의 일치하여 어획능력 활용도 (Capacity Utilization, CU)가 1 (100%)로 나타났다. 하지만 다른 어선들의 최대 어획량은 실제 어획량 수준보다 높아 CU는 1 (100%) 미만으로 나타났다.

대게 자망 표본 어선들의 평균 CU는 71.84%로 나타났다. 이는 어선들에 있어 평균 28.16%의 유휴 어획 능력 (Idle fishing capacity)이 존재하고 있다는 것을 의미한다. 특히, 어선 10의 CU가 41.27%로 가장 낮게 측정되었다. 이는 실제 어획량 215마리를 어획하기 위해 현재 어획 능력의 41.27% 수준으로도 어획할 수 있음을 의미하여 어획 능력 초과 수준이 상당히 높음을 암시한다. 혹은 주어진 투입 어획노력량 요소들을 보다 효과적으로 이용하면 어획량을 현재 215마리에서 521마리로도 증가시킬 수 있음을 의미한다.

표본 어선 중 유휴 어획 능력 수준을 보다 실증적으로 분석하기 위하여 DEA결과에 대한 민감도 분석 (Sensitivity analysis)이 추가적으로 필요하다.

어선별 어획 능력의 측정으로부터 어선들 간의 생산효율성 비교를 통하여 어선의 효율적 생산 여부를 판단할 수 있게 된다. 더불어 민감도 분석을 실시한다면 비효율적 생산의 어선에 대해서는 어획 능력 활용도 향상을 위한 방안도 효

과적으로 마련할 수 있게 된다. 이는 어선감척사업에 있어 감척 대상 어선의 선정을 위한 정책적 자료 등으로 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 그리고 어선별 경제적 자료가 구비된다면 유휴 어획 능력의 감축에 대한 방안 강구와 함께 경비 절감을 통한 수익성 향상 방안 등도 보다 구체적으로 분석할 수 있을 것이다.

어획 성능과 어획 능력의 비교

FPI는 동일 시기 및 해역에서 조업한 어선이 나 업종간의 상대적인 어획 능력을 표준 어선의 어획 성능을 기준으로 표본 어선과 어획 성능을 상대적으로 어획 능력을 수치화하는 방법이다. 이는 표준 어선 (Standard vessel)의 성능 1을 기준으로 상대적 어구 또는 어선의 성능을 평가하는 방법이다. 비교적 적은 데이터를 가지고 쉽게 산정할 수 있어 기존의 평가 방법으로 이용되어 왔다.

어획 능력은 FAO에서 권고한 비교적 적은 데이터로 쉽게 적용할 수 있는 DEA 기법을 기초로 측정하였다. DEA 기법은 투입 요소와 산출 요소간의 자료를 이용하여 모든 의사결정단위 (DMU)인 어선의 효율성은 1보다 작거나 같다는 제약 조건 하에서 상대적 효율성을 측정하는 방법이다. 수리선형계획법을 기반으로 하고 있어 ‘어획노력량 - 최대 어획량’ 관계식을 도출하고 실제 어획량과 비교함으로써 CU를 어선간의 측정치를 서로 비교 후 이를 어획 능력의 초과 정도를 판단하게 된다. 이는 기존의 FPI보다 다중 투입 요소에도 적용이 가능하고 각 요소별 산출에 대한 영향을 평가할 수 있어 보다 명확한 규명이 가능하다.

본 연구에서도 경북 죽변·후포 지역의 대게 자망어업 표본 어선들의 어획 성능을 평가한 결과 평균 FPI는 0.987로 나타났다. 이는 표준 어선의 FPI 1을 기준으로 구분할 경우 총톤수 6톤 미만의 어선군의 경우 0.691로 평균 FPI보다 낮게 나타났으며 총톤수 6톤 이상의 어선군에서는

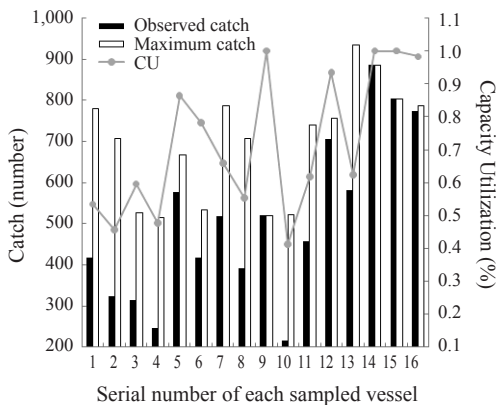


Fig. 9. Observed and maximum catch and CU of each sampled vessel.

1.151로 평균보다 비교적 높게 나타났다. 또한, 표본 어선 16척에 대한 DEA 분석에 의한 평균 CU는 72%로 계산되었다. 이는 표본 어선 중에서 약 28% 정도가 유희 어획 능력이 존재한다는 것을 의미한다. 어선 10의 경우, CU가 41%로 가장 낮게 측정되었다 이는 실제 평균 어획량 270마리를 어획하기 위해서는 현 어획 능력의 41% 수준으로도 어획할 수 있음을 의미하며, 어획 능력 초과 수준이 다른 어선에 비해 상대적으로 높다는 것을 의미한다.

결 론

본 논문에서 경북 죽변 · 후포 지역 대게 자망 어업의 어획 성능은 6톤 미만의 선박에서는 어획성능지수 (FPI)가 1보다 낮은 평균 0.69로 나타내었으나, 6톤 이상의 선박은 상대적으로 1보다 높은 평균 1.15로 산출되었다. 또한 FAO가 권고한 DEA 기법을 활용하여 어선별 어획 능력을 측정해 본 결과, 어선 전체적으로는 평균 28% 정도 어획 능력이 초과된 것으로 분석되었다. 그리고 개별 어선별로는 초과 어획 능력의 범위가 최대 59% 수준까지 다양한 것으로 평가되었다. 이에 따라 보다 지속적이고 안정적인 대게 자망 어업의 경영을 하기 위해서는 초과 어획 능력의 감축을 위한 정책적 노력이 필요하다.

보다 실증적인 어선별 어획 능력의 감축 수준을 결정하기 위한 DEA 측정 결과에 대한 민감도 분석이 요구되며, 어선별 민감도 분석을 통하여 각 투입 요소별 조정을 통한 어획 능력 관리 방안의 시행이 어업관리의 측면에서 과학적 자료를 바탕으로 합리적으로 정책 시행이 가능할 것으로 판단된다.

어선별 어획 능력 측정 결과는 어선간의 생산성 혹은 어획 성능의 비교를 가능하게 할 뿐만 아니라, 민감도 분석 등을 통해 개별 어선의 생산성 향상을 위한 구체적인 방안이나 투입 요소들의 감축 수준에 대한 정책적 근거 자료를 제공해 줄 수 있다. 정책적 측면에서도 어업별 혹은

어선별 어획 능력을 측정하고, 자원과 관련된 목표 어획량에 맞추어 어획 투입 노력량 수준을 결정하여 감축방안을 마련하면, 보다 실효성 있는 어업자원 관리를 가능할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 수산시험연구 (RP-2012-FE-005)의 지원에 의해 수행되었으며, 연구에 필요한 자료를 제공해 주신 경상북도 울진군 후포면 및 축산면 대게자망어업 선주님들께 감사드립니다. 끝으로 본 논문을 보다 높은 완성도를 위해 사려 깊게 검토하여 주신 심사위원님과 편집위원님께 감사드립니다.

참고문헌

- An, H.C., K.H. Lee, S.W. Park, C.D. Park and J.K. Shin, 2007. Assessment of fishing power of common octopus (*Octopus minor*) trap fishery. J. Kor. Soc. Fish. Tech, 43 (3), 176 – 182.
- FAO, 1999. International Plan of Action for reducing incidental catch of seabirds in longline fisheries. International Plan of Action for the conservation and management of sharks. International Plan of Action for the management of fishing capacity. FAO COFI/99/5.
- FAO, 2000. Report of the Technical Consultation on the Measurement of Fishing Capacity. FAO Fisheries Report, 615, pp. 92.
- Johansen, L., 1968. Production functions and the concept of capacity. Namur: Centre d' Etudes et de la Recherche Universitaire de Namur, 64 – 82.
- Kim, D.H., 2006. Measurement of fishing capacity of offshore fisheries in Korea. J. Fish. Econ., 37 (1), 1 – 24.
- Kim, D.H., H.C. An, K.H. Lee and J.W. Hwang, 2007. Fishing capacity assessment of the octopus coastal trap fishery using data envelopment analysis (DEA). J. Kor. Soc. Fish. Tech., 43 (4), 339 – 346.
- Kirkley, J. and D. Squires, 1999. Capacity and Capacity Utilization in Fishery Industry. FI:MFC/99

- Background document 20, Technical Consultation on the Measurement of Fishing Capacity. Mexico, pp. 32–48.
- Kirkley, J., R. Färe, S. Grosskopf, K. McConnell, D. Squires, and I. Strand, 2001. Assessing Capacity and Capacity Utilization in Fisheries When Data are Limited. *N. Amer. J. Fish. Managn*, 21, 482–497.
- Kirkley, J., D. Squires, M. Alam, and H. Ishak, 2003. Excess Capacity and Asymmetric Information in Developing Country Fisheries : The Malaysia Purse Seine Fishery. *Amer. J. Agr. Econ.*, 85 (3), 647–662.
- Mastuda, K. 1991. Quantification of fishing gear and method, Seizando Press., Tokyo, pp. 102–123.
- Morrison, C.J., 1985. Primal and dual capacity utilization: An application to productivity measurement in the U.S. automobile industry. *J. Bus. Econ. Stat.*, 3, 312–324.
- Nelson, R., 1989. On the measurement of capacity utilization. *J. Ind. Econ.*, 37 (3), 272–286.
- NFRDI, 2010. Ecology and fishing ground of fisheries resources in Korean waters. pp. 384.
- Pascoe S., D. Greboval, J. Kirkley, and E. Lindebo, 2004. Measuring and appraising capacity in fisheries: Framework, analytical tools and data aggregation. *FAO Fisheries Circular No. 994*, pp. 75.
- Zheng, Y. and Y. Zhou, 2005. Measures of the Fishing Capacity of Chinese Marine Fleets and Discussion of the Methods. *J. Oceanogr.*, 61 (3), 623–630.
-
- 2011년 12월 12일 접수
2012년 1월 21일 1차 수정
2012년 2월 6일 2차 수정
2012년 2월 6일 수리