Vol. 28(4):439-449 | Ocean and Polar Research | December 2006

Article

어획능력(Fishing Capacity)의 측정과 감축수준 결정에 관한 연구 -기선권현망어업을 중심으로-

이정삼[1]* · 김도훈[2]

[1]한국해양수산개발원 수산어촌연구본부
(137-851) 서울시 서초구 방배3동 1027-4
[2]국립수산과학원 연구혁신본부 연구기획팀
(619-902) 부산시 기장군 기장읍 시랑리 408-1

A Study on the Measurement of Fishing Capacity and the Determination of Its Reduction Levels

Jung-Sam Lee[1]* and Do-Hoon Kim[2]

[1]Fisheries and Fishing Community Research Team, KMI
Seoul 137-851, Korea
[2]Research Planning Team, NFRDI
Busan 619-902, Korea

Abstract : This study was aimed at measuring the fishing capacity of Powered Anchovy Drag Net Fisheries (PADNF) in Korea using Peak-to-Peak(PTP) and Data Envelopment Analysis(DEA) methods recommended by FAO. In the analysis, both fishing capacities of total PADNF and individual PADNF vessels were measured with time series data and cross sectional data, respectively. In addition, the results of the DEA measurement were analyzed in order to determine reduction levels of fishing capacity. In case of total PADNF, the results by PTP and DEA methods showed a similar rate of capacity utilization (79%), indicating the capacity was not utilized enough. In addition, the sensitivity analysis suggested that the number of vessels should be reduced by 20%, and the gross tonnage and the horse power should be reduced by 20% and 21%, respectively if the current catch is to stay at the 2004 level. The DEA results on individual PADNF vessels indicated the capacity utilization was 75% on average, showing some differences in capacity utilization among vessels (37%-100%). The results of the study would be useful for measuring production efficiency in PADNF. They would also provide good policy information for efficient use of resources and capacity reduction levels, which are useful for vessel buyback programs of coastal and offshore fisheries.

Key words : Fishing Capacity, Data Envelopment Analysis(DEA), Peak-To-Peak(PTP), Vessel Buyback Program

1. 서 론

세계식량농업기구(FAO)의 어업생산통계에 따르면 과거 지속적으로 증가하던 해면어업 생산량(중국의 생산량 제외)이 1988년 이후 정체 내지 감소세로 돌아섰다. 이는 세계적인 수산물 수요 증가와 함께 가열된 어획경쟁이 수산업에 대한 집중 투자로 이어져 어선의 대형화 및 고마력화가 가속화되었고, 결국 이러한 투자 증대에 따라 어획

*Corresponding author. E-mail : jlee8793@hanmail.net

강도가 증강되어 어업자원의 재생산력이 크게 저하되었기 때문으로 판단되고 있다(FAO 2005). 이에 따라 FAO는 어업자원의 남획 방지 및 회복을 도모하기 위해 1995년 10월 '책임있는 수산업 규범(Code of Conduct for Responsible Fisheries)'을 채택하여 과도한 어획능력의 전 세계적인 감축을 제안하였다. 그리고 나아가서 이 규범의 실질적 이행을 위해 1999년 제23차 수산위원회에서 '어획능력 관리를 위한 국제행동계획(International Plan of Action for the Management of Fishing Capacity)'을 채택하고, 각 회원국들로 하여금 어업별 어획능력 측정과 초과어획능력 감축을 위한 국내행동계획 수립을 촉구하였다(FAO 1999).[1)]

어업에 있어서는 어업자원의 특성상 과도한 어획능력 증가현상이 일어나게 된다. 이는 어업자원은 사유화(私有化)가 불가능한 공유재(共有財)이므로 자원이용에 대한 배타권이 없어 누구나 어업에 참여할 수 있고, 그 결과 조업경쟁에서 어업자원을 선점하기 위해서는 추가적인 어획능력 증강이 불가피하기 때문이다. 더욱이 어업에 있어 이런 초과어획능력이 문제가 되는 이유는 현재 어획량 수준을 초과하여 어획할 수 있는 유휴 어획능력이 어업에 존재하므로 어업활동에 대한 완전한 통제 및 관리가 이루어지지 않을 경우 적정 어획량 수준을 초과하여 어획할 수 있기 때문이다.[2)] 이는 결국 어업자원에 대한 남획을 초래하여 심각한 자원량 감소를 야기할 수 있게 된다. 뿐만 아니라 적정 수준 이상으로 어획능력이 초과하게 되면 그 만큼의 어업비용이 발생하게 되는데, 유휴 어획능력에 대한 추가적인 어업수입 없는 초과비용 발생은 결국 어업이익을 감소시켜 어업경영 상황이 악화될 수도 있기 때문이다. 이는 또한 국민 경제적 관점에서 볼 때 자원의 비효율적 사용으로 이어지게 된다.

FAO 전문가그룹회의에서는 어획능력을 생산적인 개념(production definition)으로 정의하고, 이에 근거하여 어업별 어획능력을 측정하도록 제안하였다. 즉, Johansen (1968)의 정의와 같이 주어진 시장여건, 어업자원상태, 기술적 상황 하에서 조업활동에 아무런 제약조건이 없을 경우 일정 기간동안 어선이나 어업 전체가 산출할 수 있는 잠재적인 최대 생산량을 구하고, 이를 실제 생산량 수준과 비교하여 어획능력의 초과정도를 측정하도록 하였다.[3)] 그리고 어획능력 측정을 위한 방법으로는 정점비교법(Peak-to-Peak: PTP)과 자료포락분석(Data Envelopment Analysis: DEA) 방법 등을 제안하였다(FAO 2000). 최근 각국별로 어업별 어획능력 측정에 대한 연구들이 활발히 이루어지고 있는데, 대부분의 연구들도 PTP 방법과 DEA 방법을 사용하고 있다(Zheng and Zhou 2005; Kirkley *et al.* 2003; Pascoe *et al.* 2001; Hsu 2000; Pascoe and Coglan 2000; Kirkley and Squires 1999).

우리나라의 경우도 비단 어획능력에 대한 국제행동계획의 권고가 아니더라도 과도한 어획에 의한 어업자원 및 어획량 감소를 더 이상 방치할 수 없는 수준에 이르렀다. 1980년대 1,000만 톤 수준에 달했던 어업자원량은 이후 점차 감소하여 2004년에는 790만 톤 수준으로 감소하였다. 더욱이 현재와 같은 어획강도 추세가 지속된다면 향후 10년 후에는 어업자원량이 약 390만 톤 수준에 이를 것으로 전망된다(국립수산과학원 2004). 이러한 어업자원량 감소에 따라 어획량 또한 1990년 중반 160만 톤을 최고치로 기록한 이후 감소하기 시작하여 2004년도에는 108만 톤까지 줄어들었다. 이에 반해, 최근 연근해 총어선수는 1980년에 비해 20% 가량 증가하였고, 실질적인 어획강도라고 할 수 있는 총마력수는 무려 590% 이상이나 증강되었다(해양수산통계연보 2004). 이처럼 연근해어업 어획량의 지속적인 감소에도 불구하고 실질적인 어획노력량 수준은 오히려 증가하고 있는 점을 감안할 때 간접적으로 우리나라의 어획능력 초과현상이 발생하고 있을 것으로 판단된다. 따라서 어업자원 회복을 통한 지속적이고 경영안정적인 어업발전을 도모하기 위해서는 초과된 어획능력을 감축시키기 위한 방안이 시급한 실정이다. 특히 어획능

[1)] '어획능력 관리에 관한 국제행동계획(IPOA-Fishing Capacity)'에서는 회원국들로 하여금 2000년까지 어획능력 측정을 위한 예비분석을 행하고, 2002년까지 국가행동계획(National Action Plan)의 수립을 완료하며, 2005년까지는 행동계획의 이행을 완료함과 동시에 이행결과를 매 2년마다 보고토록 권고하고 있다.

[2)] 유휴 어획능력(idle fishing capacity)은 어선 및 어구가 사용되지 않는 것을 의미한다. 따라서 초과어획능력은 초과분만큼의 유휴화로 이어지기 때문에 경제적 비효율이 발생한다.

[3)] 어획능력은 경제적인 개념(economic definition)으로도 정의되고 있는데, 이는 비용 최소화에 근거하여 주어진 시장여건, 어업자원상태, 기술적 상황 하에서 조업활동에 아무런 제약조건이 없을 경우 일정 기간동안 어선이나 어업 전체가 어획할 수 있는 가장 경제적인 생산량 수준을 의미한다. 보다 구체적으로 Morrison(1985)과 Nelson(1989)은 경제적인 개념의 능력을 첫째, 장단기 평균비용곡선이 만나는 접점에서의 생산량 수준, 둘째, 단기 평균비용곡선 최저점에서의 생산량 수준, 그리고 셋째, 장기 평균비용곡선과 단기 평균비용곡선의 최저점이 만나는 접점에서의 생산량 수준으로 정의하였다. 경제학적으로는 경제적인 개념이 어획능력을 보다 잘 정의하는 것으로 볼 수 있지만, 이를 추정하기 위해서는 조업활동과 관련된 비용 등 경제적인 많은 자료가 활용 가능해야 하는데 이러한 자료들을 수집하는 것은 현실적으로 상당히 불가능하다. 이에 따라 FAO에서는 생산적인 개념으로 어획능력을 정의하고, 이에 대한 측정을 권고하였다.

력 감축 및 관리를 위한 국내행동계획 수립을 위해서는 우선적으로 어업별 어획능력에 대한 측정과 감축수준이 결정되어야 한다.

이러한 배경 하에서 본 연구는 FAO가 권고한 방법으로 우리나라 근해어업의 어획능력을 측정하고, 감축수준을 파악하고자 하였다. 특히 본 연구에 있어서는 우리나라 근해어업 중 기선권현망어업을 대상으로 어획능력 측정과 감축수준을 도출해 보고자 하였다. 이는 기선권현망어업의 어획량이 근해어업 전체 어획량 중 10% 이상을 차지하고 있을 뿐만 아니라 연안어장에서 조업하는 대규모 근해어업으로 어획강도가 높은 업종 중의 하나로 평가되고 있기 때문이다(국립수산과학원 2001). 본 연구의 구성으로 다음 제2장에서는 기선권현망어업 현황을, 그리고 제3장에서는 기선권현망어업의 어획능력 측정을 위한 분석방법(PTP 방법과 DEA 방법)과 분석에서 사용된 자료에 대해 살펴보았다. 다음으로 제4장에서는 분석 결과를, 마지막 제5장에서는 분석결과를 바탕으로 한 정책함의를 제시하면서 본 연구를 마무리하였다.

2. 기선권현망어업 현황

기선권현망어업은 2척의 어망을 탑재한 망선이 규모가 큰 권현망 어구를 예인해서 자루그물 속에 갇힌 멸치를 주된 대상으로 어획하는 어업이다. 여기서 권현망 어구는 어구분류상 예망 어구류 중 쌍끌이 표층트롤류에 속한다. 기선권현망어선은 비록 연안어장을 주 조업구역으로 하지만, 망선 2척, 가공선-운반선-어탐선 각 1~2척으로 총 5~6척이 하나의 선단('통')을 이루어 조업하는 규모가 큰 어업이다. 이는 기선권현망어업의 주된 어획대상자원의 특성상 어획-자숙-건조 및 포장 등의 과정을 일괄적으로 처리해야 하는 어업의 산업적 특수성에서 기인한다.

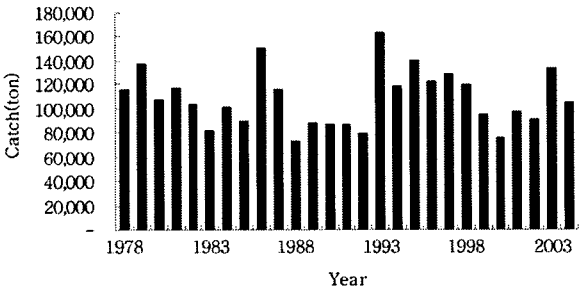


Fig. 1. Change in annual catch of Anchovy drag net fishery (1978~2004).

1978년~2004년 기간동안의 기선권현망어업의 어획량 변화를 살펴보면, Fig. 1에서 보는 바와 같이, 연도별로 어획량 증감을 반복하고 있다. 즉, 1979년 어획량 약 14만 톤을 기점으로 이후 하락하다 1986년도에 다시 15만 톤 수준으로 증가하였다. 하지만 이후 곧 감소추세에 접어들어 1992년에는 8만 톤 수준까지 어획량이 감소하였다. 이듬해인 1993년에는 어획량이 163,000톤으로 최고치를 기록한 이후 계속 감소하다 2003년 일시적으로 13만 톤으로 증가한 이후 2004년 현재 약 105,000톤으로 1993년 최고치의 약 63% 수준에 머무르고 있다.

기선권현망어업은 멸치를 주 어획대상으로 하고 있는데, 기선권현망어업의 총 어획량 가운데 멸치의 어획량 비중이 98% 이상을 차지하고 있다. 2004년 현재 기선권현망어업의 멸치 어획량은 우리나라 전체 멸치 어획량 중 약 53% 수준으로 1990년대 후반 이후 어획량 비중이 점차 감소하고 있지만, 여전히 우리나라 멸치 어획량 변화를 주도하고 있다. 기선권현망어업의 실질적인 어획능력 지표라 할 수 있는 어선척수, 톤수 및 마력수의 연도별 변화를 살펴보면, 어선척수는 1987년 885척을 기점으로 이후 지속적으로 감소하여 2004년 현재 508척에 머무르고 있다. 이러한 어선척수 감소에 따라 다른 어획노력량 요소들의 변화도 어선척수 변화와 유사하다. 우선 총톤수의 경우 1991년 약 25,373톤을 최고치로 지속적으로 감소하고 있다. 그리고 총마력수의 경우는 꾸준히 증가한 이후 1994

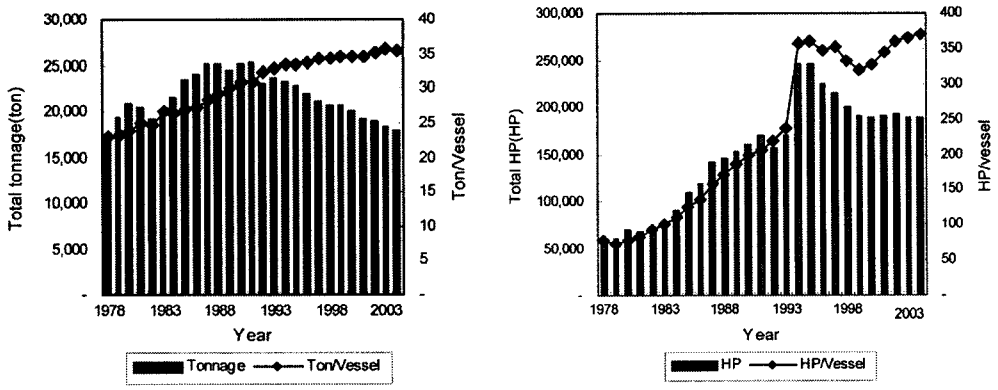


Fig. 2. Changes in total tonnage and HP vs. tonnage and HP per vessel.

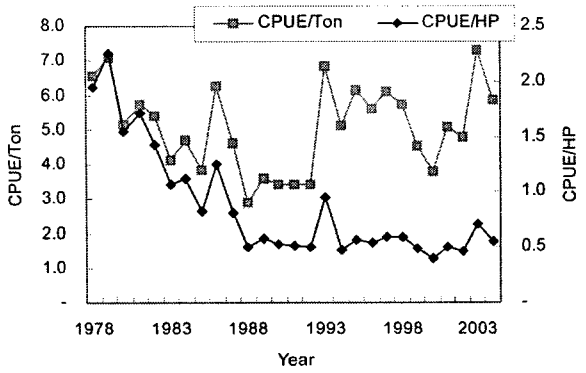


Fig. 3. Changes in CPUEs per ton and HP.

년을 기점으로 감소경향에 있지만, 다른 어획노력량 요소들의 변화와 달리 감소율은 그리 크지 않다.

하지만 기선권현망어업의 어선별 어획능력 변화를 분석해 보면, Fig. 2에서 보는 바와 같이, 기선권현망어업의 전체적인 어선척수 감소에도 불구하고 어선척당 톤수 및 마력수는 계속 증가추세에 있는 것으로 분석되었다. 즉, 기선권현망어업 어선들의 실질적인 어획강도는 계속 증강되고 있음을 알 수 있다.

특히 자원량 대리지표라 할 수 있는 기선권현망어업의 톤당, 마력당어획량(CPUE) 변화를 분석해 보면(Fig. 3), 톤당 CPUE는 증감의 변화를 반복하고 있지만, 마력당 CPUE는 계속 하락하는 것으로 분석되었다. 이와 같이 단위노력당 어획량의 감소에도 불구하고 기선권현망어업의 어선별 어획강도는 오히려 증가되는 것으로 평가되어 간접적으로는 기선권현망어업에서 과도한 어획능력이 존재하고 있을 것으로 판단된다.

3. 어획능력 분석방법 및 자료

PTP 방법

PTP 분석기법은 단일변수 시계열 모델링 방법으로써 시간의 흐름에 따른 능력(capacity)을 평가하는 데에 이용된다. 즉, 주어진 '투입 대 산출' 비율의 시계열 자료 속에서 가장 비율이 높은 기간의 정점(peak)들은 정상적인 조업활동이나 경제적 상황 하에서 어획능력이 완전히(fully) 활용되고 있음을 의미하게 된다. 그리고 정점들 사이에 있는 기간의 투입 대 산출 비율치는 수학적인 내삽법(interpolation)이나 외삽법(extrapolation)으로 잠정적인 최대 어획능력을 측정하게 된다. 여기서 최종적인 어획능력 활용도(Capacity Utilization: CU)는 잠정적인 최대 어획능력 투입-산출 비율치와 실질적인 투입-산출 비율치로 계산하고, 초과어획능력 정도를 판단하는 데에 이용된다.

이를 투입 대 산출 비율의 수학식으로 나타내면 다음의 식 (1)과 같다.

$$\frac{U_t}{V_t} = AT_t \tag{1}$$

여기서, U_t는 t 기간동안 어선들이 산출할 수 있는 생산량을 나타내고, V_t는 t 기간 동안 사용한 투입요소나 투입요소들의 집합체(어업의 경우 어선척수, 톤수, 마력수 등)를 나타낸다. 그리고 A는 상수이며 T_t는 기술적 변화율(adjusting technology trend)을 나타낸다. 식 (1)에서는 단기적인 어획능력이나 규모에 대한 수확불변(constant returns to scale: CRS) 하에서의 잠재적인 생산성을 측정할 수 있게 된다. 즉, 주어진 일정기간(t_1,.....,t_N) 동안 각 시기(t)의 잠재적 어획능력은 식 (1)의 비율치가 최대인 정점들을 찾아내고, 정점 사이의 각 시기별 잠재적 어획능력은 일차적인 내삽법/외삽법을 통해 측정하게 된다. 그리고 식 (1)에서 $A=1$일 경우 t 기간에 있어서의 기술적 변화율(T_t)은 식 (2)에서 보는 바와 같이, 정점들 사이의 각 시기별 잠재적 생산성의 평균 변화율에 의해 결정된다.

$$T_t = T_{t-m} + \left[\frac{\left(\frac{U_{t+n}}{V_{t+n}}\right) - \left(\frac{U_{t-m}}{V_{t-m}}\right)}{\left(\frac{n+m}{m}\right)} \right] \tag{2}$$

여기서, m과 n은 각각 특정 시점(t)에 대하여 첫 번째 정점과 두 번째 정점으로부터의 기간(length of time)을 의미한다. 따라서 t기간의 잠재적 최대 어획량(어획능력)은 AT_t에 투입 어획노력량(V_t)을 곱함으로써 구할 수 있게 된다. 그러나 장기간에 걸친 시기별 어획능력을 측정할 경우 식 (1)은 경제적 여건의 변화를 반영할 수 있게 된다. 따라서 이 경우에는 보다 정확한 어획능력 측정을 위하여 가능한 한 기술적인 요인과 경제적인 요인의 영향을 분리하는 것이 바람직하다. 즉, 기술적인 변화가 추정될 수 있으면, 표준화된 잠재적 어획능력은 다음의 식 (3)과 같이 나타낼 수 있게 된다.

$$\frac{U_t}{X_t} = A_t \tag{3}$$

여기서, $X_t = T_t \cdot V_t$이며, X_t는 기술적 요인으로 조정된 투입요소나 투입요소들의 집합을 의미한다. 그리고 A_t는 더 이상 불변 상수가 아니라 장기적인 경제적 상황 등에 따라 변할 수 있게 된다. 따라서 이러한 경제적인 변화요인의 영향을 최소화하여 보다 정확한 잠재적 어획능력을 측정하기 위해서는 Hsu(2000), Wallace and Dion(1993), 그리고 DFO(1990)의 연구 등에서 사용된 식 (4)와 같은 HP 필터(Hodrick-Prescott Filter) 기법을 사용할 수 있다.

$$\sum_t \gamma_t (Y_t - G_t)^2 + \beta \left\{ \sum_t [(G_{t+1} - G_t) - (G_t - G_{t-1})] - \mu N \overline{Y}^2 \right\} \quad (4)$$

여기에서 N은 총기간, $Y_t (= U_t/X_t)$는 기존의 시계열 자료, G_t는 평활화(smoothed)된 추세/순환 자료, γ_t와 β는 가중 조절변수, 그리고 μ는 평활화 분석을 위한 임계치를 각각 의미한다. 식에서 보는 바와 같이 β 값이 커지면 커질수록 선형적인 추세곡선으로 된다.

이상과 같이, PTP 방법은 다른 정량적인 어획능력 측정 방법과 비교해서 상대적으로 적은 종류의 자료를 활용하여 어획능력을 비교적 간단히 측정할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 어업별 어획량 자료와 어획노력량 지표로 활용할 수 있는 자료(어선척수, 어선톤수, 마력수 등)만 구비되면 용이하게 어업별 어획능력을 측정할 수 있다. 그러나 PTP 방법은 하나의 어획노력량 지표를 사용하여 어획능력을 측정하기 때문에 사용된 지표가 적절하지 않을 경우 측정된 결과치에 대한 신뢰성을 부여하기 어려운 점이 있다. 따라서 실질적인 어획강도를 잘 나타내는 지표의 선택이 PTP 방법 활용에 있어서는 무엇보다 중요하다. 그리고 PTP 방법은 경제적인 요인을 고려하지 못한다는 지적도 있지만(Ward and Metzner 2002), 위에서 언급한 HP 필터 기법 등을 병용한다면 경제적 요인변화의 영향을 최소화 시킬 수 있을 것이다.

DEA 방법

DEA 분석기법은 생산가능곡선(Production possibility frontier)에 기초한 방법으로서 투입요소와 산출요소간의 자료를 이용해 경험적 효율성 프론티어(생산 활동의 상대적 기술적 효율성, Technical Efficiency)를 평가대상과 비교하여 평가대상의 효율치를 측정하는 비모수적 접근방법이다. 즉, 통계학적 회귀분석방법과 같이 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 모수(parameter)를 측정하는 방법이 아닌 선형계획법에 근거한 효율성 측정방법이다.

DEA 분석기법은 Charnes *et al.*(1978)에 의해 제안되어 졌다. 이들은 Farrell(1957)의 복수투입-단일산출의 기술적 효율성(TE) 개념을 다수의 투입물과 산출물이 있는 경우로 확장함으로써 공공분야, 농수산업을 비롯한 자원환경 산업 등 다양한 분야에서의 생산 활동에 대한 TE를 추정하는 DEA 모형을 제시하였다.[4)]

DEA 분석기법의 기본원리는 모든 비교대상 의사결정 단위(Decision Making Unit: DMU)들의 효율성은 1보다 작거나 같다는 제약조건 하에서 평가하고자 하는 DMU의 효율성을 극대화하는 방법을 이용하며 다음의 식 (5)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Max \frac{\sum_{m=1}^{M} z_m u_{jm}}{\sum_{n=1}^{N} z_n x_{jn}} \quad (5)$$

$$s.t. \quad \sum_{m=1}^{M} z_m u_{jm} / \sum_{n=1}^{N} z_n x_{jn} \le 1$$

$$z_m, z_n \ge 0, \quad j = 1, 2, \ldots, J$$

여기서, M은 효율성을 측정하고자 하는 대상 DMU의 산출요소의 수이고, N은 투입요소의 수를 나타내며, u_{jm}과 x_{jn}은 DMU j의 투입물과 산출물의 실제 관찰치를 나타낸다. 그리고, z_m과 z_n은 대상 DMU의 각 산출요소와 투입요소의 가중치를 의미한다.

이러한 DEA 기법의 기본원리를 바탕으로 어획능력 측정을 위한 DEA 모형은 수리적 선형계획법을 이용하여 분석대상 어선들의 어획노력 투입량과 최대[프론티어(frontier)] 생산량과의 선형적인 관계식을 도출하게 된다. 따라서 주어진 투입요소에 대한 최대 생산량을 산출하게 되어 Johansen(1968)의 정의와 FAO(2000)가 제안한 바와 같이 어획능력의 생산적인 개념과 완전히 일치하게 된다. 즉, 「어획노력 투입량-최대 어획량」 관계식에 따라 어선별 어획노력 투입량에 대한 최대 어획량 수준을 추정하고, 이를 실제 어획량과 비교함으로써 어선별 어획능력 활용도(CU)를 판단하게 된다. 이러한 CU를 바탕으로 어선별 어획능력의 초과 정도를 판단하게 되고, 어선들 간의 어획능력 측정치를 서로 비교함으로써 어선별 조업활동에 대한 기술적 효율성을 상대적으로 평가할 수 있게 된다.

Färe *et al.*(1989, 1994)에 따라 어획능력 측정을 위한 DEA 모형 구축을 위하여, 산업에 있어 개별 기업(j)이 1, 2, ..., J가 있고, 산업 전체가 N만큼의 투입요소를 이용하여 M만큼의 생산량을 산출한다고 가정하면, 기업별(j) 생산량은 식 (5)에서와 같이 $u_{j,m}$ 그리고 기업별(j) 투입량은 $x_{j,n}$으로 나타낼 수 있는데, 이들은 다음 식 (6)~(10)의 조건을 만족해야 한다.

[4)]Farell(1957)은 다수의 투입물과 산출물을 보유하는 평가대상의 기술적 효율성(technical efficiency)을 「산출물의 가중합(weighted sum of output)/투입물의 가중합(weighted sum of inputs)」으로 정의하였다. Charnes, Cooper, and Rhodes는 Farell의 TE 개념을 다수의 투입물과 다수의 산출물이 있는 경우로 확장함으로써 오늘날 CCR 모형으로 불리는 DEA 모형을 제시하였다(김 2004; 지 등 2004; Kirkley *et al.* 1999).

$$u_{j,m} \geq 0, \quad x_{j,n} \geq 0 \tag{6}$$

$$\sum_{j=1}^{J} u_{j,m} > 0, \quad m = 1, 2, \ldots, M \tag{7}$$

$$\sum_{n=1}^{N} x_{j,n} > 0, \quad j = 1, 2, \ldots, J \tag{8}$$

$$\sum_{j=1}^{J} x_{j,n} > 0, \quad n = 1, 2, \ldots, N \tag{9}$$

$$\sum_{m=1}^{M} u_{j,m} > 0, \quad j = 1, 2, \ldots, J \tag{10}$$

여기서, 식 (6)은 투입량과 산출량이 항상 양(+)이어야 하는 조건을 나타낸다. 그리고 식 (7)과 (9)는 투입량의 집합과 산출량의 집합이 모두 양(+)이어야 하는 조건을 나타낸다. 한편, 식 (8)과 (10)은 각 기업들이 적어도 한 단위 이상의 생산요소를 투입해야 하고, 최소한 한 단위 이상의 생산물을 산출해야 함을 의미한다. 이러한 투입요소 및 생산량에 대한 가정 하에서 Färe *et al.*(1989, 1994)은 실제 투입량에 따른 생산능력 추정을 위한 DEA 모형을 식 (11)과 같이 나타내었다.

$$MAX \ \theta \tag{11}$$

$$s.t \quad \theta u_{j,m} \leq \sum_{j=1}^{J} z_j u_{j,m}, \quad m = 1, 2, \ldots, M \tag{11-1}$$

$$\sum_{j=1}^{J} z_j x_{j,n} \leq x_{j,n}, \quad n = 1, 2, \ldots, N \tag{11-2}$$

$$z_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \ldots, J \tag{11-3}$$

여기서, θ은 개별 기업이 투입요소를 활용하여 얼마만큼 생산량을 증가시킬 수 있는지를 보여주는 스칼라(scalar)이다. $u_{j,m}$과 $x_{j,n}$은 앞의 식 (5)에서와 같이 각각 기업별(j)의 생산량(m)과 투입요소(n)를 나타낸다. 그리고 z_j는 기업별 투입요소들의 가중치를 의미한다. 식 (11-1)은 기업별 생산품종별 생산량에 대한 제약조건이고, 식 (11-2)는 기업별 투입요소별 제약조건을 의미한다. 그리고 식 (11-3)은 투입요소별 가중치에 대한 제약조건으로, 비음수 조건을 나타낸다. DEA에서는 제약조건에 따른 목적함수를 선형계획법으로 분석하는데, 분석 결과 기술적 생산효율성(TE)을 극대화하는 θ와 z의 값이 결정된다. 본 연구의 DEA 분석에 있어서는 Coelli(1996)가 개발한 *DEAP Program*을 이용하여 최대 어획량(최대 어획능력)을 추정하고, 이를 실제 어획량과 비교함으로써 기선권현망어업의 어획능력을 측정하였다.

분석자료

기선권현망어업의 어획능력 측정은 앞서 언급한 바와 같이, PTP 방법과 DEA 방법 모두 이용하여 측정하고, 각 방법별 분석 결과를 비교하고자 하였다. 그리고 분석에 있어서는 크게 (1) 시계열 자료를 이용한 기선권현망어업 전체의 어획능력 측정과 (2) 횡단면 자료를 이용한 기선권현망어업 어선별 어획능력을 모두 측정해 보았다.

보다 구체적으로 (1) 시계열 자료를 이용한 기선권현망어업 전체의 어획능력 측정에 있어서는 1978년~2004년 기간동안의 어획량과 투입 어획노력량 변수별 시계열 자료(어선척수, 톤수 및 마력수)를 이용하여 PTP 방법과 DEA 방법 하에서 어획능력을 측정하였다.[5] 특히 PTP 방법 하에서는 변수별 어획능력 측정에 있어 투입 어획노력량 변수별 어획능률의 기술적 변화를 고려하기 위해 Hsu (2000)의 연구에서 사용한 방법에 따라 1986년을 기준(어획능률의 기술적 계수=1)으로 하여 전후 기술적 변화계수가 ±3%씩 변하는 것으로 가정하였다. 그리고 어획량 대 투입변수 비율에 있어서는 식 (4)의 HP 필터(Hodrick-Prescott Filter) 기법을 이용하여 경제적 변화요인의 영향을 최소화하였다. DEA 방법 하에서도 PTP 방법과 마찬가지로 기선권현망어업의 전체 투입요소별 자료와 총어획량 자료를 이용하여 1978년~2004년 기간동안의 연도별 기선권현망어업 전체의 어획능력을 측정하였다. 이에 따라 PTP 방법과 DEA 방법으로 기선권현망어업 전체의 어획능력 연도별 변화를 분석하는 것이 가능하게 되었고, 두 방법 하의 측정결과를 서로 비교 분석하였다.

(2) 횡단면 자료를 이용한 기선권현망어업 어선별 어획능력 측정에 있어서는 2004년 연근해어업 표본조사에서 수집된 기선권현망 어선별 자료를 바탕으로 DEA 방법을 사용하여 기선권현망 어선별 어획능력을 평가하였다. DEA 분석에 있어서는 2004년도 기선권현망어업 어선별 어획량, 톤수, 마력수, 그리고 조업일수 자료를 이용하였

[5]앞서 제2장 기선권현망어업 현황에서도 언급한 바와 같이, 기선권현망어업은 일반적으로 '통'이라고 하는 망선, 가공선, 운반선, 어탐선 등 총 5~6척으로 구성된 하나의 선단을 이루어 조업하고 있다. 현재 우리나라에서는 총 86통이 허가되어 있다. 따라서 PTP와 DEA 방법을 이용한 기선권현망어업의 어획능력 측정에 있어서는 '통'별 어획노력량 자료를 이용하는 것이 보다 현실적일 수 있다. 하지만 통계자료(해양수산부, 「해양수산통계연보」)에서는 '통'별 자료가 아니라 개별어선들의 척수, 톤수 및 마력수를 합계한 기선권현망어업의 총어선척수, 총톤수 및 총마력수 자료만을 제시하고 있다. 이로 인하여 (1) 시계열자료를 이용한 기선권현망어업 전체의 어획능력 측정에서는 '통'별 자료를 활용하지 못하고, 「해양수산통계연보」 상의 어획노력량 자료를 이용하였다.

Table 1. Vessel characteristics: 10 Anchovy drag net fishing vessels*.

	Catch (ton)	Vessel tonnage (ton)	Horse power (HP)	Days-at-sea (days)
Vessel 1	444	195	2095	251
Vessel 2	570	252	2617	242
Vessel 3	524	235	2644	245
Vessel 4	273	186	2299	246
Vessel 5	281	185	2106	228
Vessel 6	698	153	1817	233
Vessel 7	530	205	2167	230
Vessel 8	547	130	1770	210
Vessel 9	597	188	2030	214
Vessel 10	519	202	2055	238
Average	498	193	2160	234

다. 여기서 어선별 자료는 앞의 기선권현망어업 전체의 어획능력 분석과는 달리 기선권현망 어선의 '통'별 자료를 활용하였다(Table 1 참조).[6] 특히 기선권현망 어선별 어획능력 측정에 있어서는 어획능력 측정 결과와 함께 민감도 분석을 통해 어선별 생산성 향상을 위한 방안을 중점적으로 모색하였다.

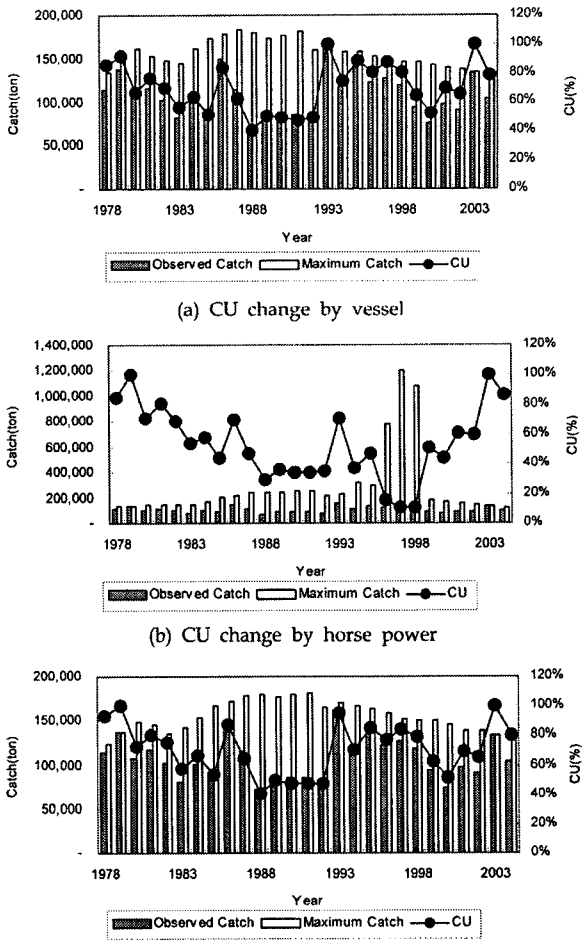
4. 분석결과

기선권현망어업 전체의 어획능력 측정결과

분석결과에 있어서는 각 방법에서 평가된 기선권현망어업의 어획능력 측정결과를 비교하였다. 특히 PTP 방법에 의한 분석결과에 있어서는 각 투입변수들의 결과치를 서로 비교 분석하여 기선권현망어업의 어획능력 측정을 위한 합리적인 변수를 살펴보고자 하였다. 그리고 DEA 방법에 의한 분석결과에 있어서는 측정결과를 검토하여 초과어획능력 정도를 파악하였다. 이와 더불어, DEA 측정결과에 대한 민감도 분석을 통해 목표 어획량 수준에 대한 투입 어획노력량 요소들의 감축 범위를 추정해 보았다.

PTP 방법에 의한 어획능력 측정결과

우선 PTP 방법을 사용하여 기선권현망어업의 어획능력을 측정한 결과, Fig. 4에서 보는 바와 같이, 투입 어획노력량 요소별 기선권현망어업의 연도별 최대 어획량이 추정되었다. 투입 어획노력량 요소별에 따른 최대 어획량에 대한 실제 어획량 비율인 어획능력 활용도(CU)의 변화를



(a) CU change by vessel

(b) CU change by horse power

(c) CU change by vessel tonnage

Fig. 4. CU scores measured by PTP.

살펴보면, 마력수에 의한 CU 변화를 제외하고는 거의 비슷한 추세인 것으로 나타났다. 즉, 어선척수와 톤수에 의한 분석결과 최대 어획량은 1991년 이전까지 대체적으로 증가하다 1991년을 최고치로 이후 지속적으로 감소하는 형태를 띠고 있다. 이에 반해 마력수에 의한 최대 어획량은 1997년과 1998년 사이의 마력수 급증에 따라 이 시기의 최대 어획량이 가장 많은 것으로 나타났으며, 이후에는 감소하는 형태를 나타내고 있다.

어선척수 및 톤수별 1978년~2004년 기간동안의 평균 CU는 약 71%로 거의 동일하게 나타난 반면, 마력수에 의한 CU는 약 53%로 분석되었다. 반면, 지난 5개년 간의 평균 CU에서는 어선척수 및 톤수에 의한 CU가 약 73% 그리고 마력수에 의한 CU가 약 70%로 추정되었다. 가장

[6]수협중앙회 「어업경영조사보고」의 내부자료를 이용하였다. 동 보고서에서는 기선권현망어업 경영실태조사를 위해 10개의 표본을 선택하여 조사하고 있는데, 본 연구에서도 이들 10개 표본에 대해 분석기법을 적용하였다.

최근 연도인 2004년도의 어선척수에 의한 CU는 78%, 마력수에 의한 CU 86%, 그리고 톤수에 의한 CU가 80%로 각각 추정되었다. 이에 따라 기선권현망어업 전체적으로 약 14%~22% 정도의 유휴 어획능력이 존재하는 것으로 평가되었다.

DEA 방법에 의한 어획능력 측정결과

DEA 방법을 이용하여 기선권현망어업 전체 어획능력을 분석한 결과는 Fig. 5에서 보는 것과 같다. DEA 방법에 의한 최대 어획량 수준의 변화를 살펴보면, 어획노력량 투입요소들의 변화에 따라 최대 어획량 수준이 변하는 것으로 분석되었다. 즉, PTP 방법 하의 어선척수 및 톤수에 의한 최대 어획량 변화와 달리, DEA 방법에 의한 최대 어획량은 1993년 약 19만 톤을 기점으로 이후 감소하는 추세를 나타내고 있다.

이러한 최대 어획량에 대한 실제 어획량의 비교로부터 측정된 기선권현망어업의 연도별 CU는 1979년 100% 수준에 이른 후 감소하다 2003년 다시 100%를 기록한 이후 재감소하는 추세인 것으로 나타났다. 분석결과, 1978년~2004년 기간 동안의 평균 CU는 약 71% 수준으로 측정되었다. 그리고 지난 5년간과 3년간의 평균 CU는 각각 73%와 82%로 측정되어 장기적으로 초과어획능력 현상이 지속되고 있는 것으로 분석되었다.

DEA 방법에 의한 기선권현망어업의 어획능력 측정결과를 PTP 방법 하의 투입 어획노력량 요소별 어획능력 측정결과와 비교해 보면, 어선척수 및 마력수에 의한 변화와 거의 비슷한 것으로 나타났다. 특히 1978년~2004년 기간 동안 및 지난 5개년간의 평균 CU 비율이 거의 유사한 것으로 나타나 두 방법 하에서 모두 기선권현망어업의 어획능력이 다소 초과상태인 것으로 평가되었다.

이처럼 기선권현망어업에서 유휴 어획능력이 존재하고 있는 이유는 무엇보다 개별 기선권현망어선들의 투입 어획노력량 수준이 크게 높아졌기 때문으로 판단된다. 그리고 이러한 개별 어선의 어획강도 증강에도 불구하고 어획량은 자원량 변동 등 자연적인 영향 등에 따라 비례적으로 증가되지 않았기 때문이다. 특히, 주로 해황 등 해양환경 변화에 민감한 멸치를 주된 어획대상으로 하는 기선권현망어업의 경우 연도별 자원량 변동에 따른 어획량 증감현상으로 인해 CU 값이 연도별로 큰 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

PTP 방법과 DEA 방법으로 측정된 최근 2004년도 기선권현망어업의 평균 CU는 약 79%로 나타났다. 이는 2004년도 어획량 105,000톤을 어획하기 위해서는 현재 기선권현망어업 어획능력의 79% 수준으로도 어획할 수 있음을 의미한다. 따라서 나머지 21%의 어획능력은 유휴 어획능력으로 어업활동에 대한 통제가 제대로 이루어지지 않을 경우 어획경쟁이 더욱 과도해질 수 있고, 그 결과 대상 어업자원에 대한 어획압력이 커질 수 있는 우려가 있다. 뿐만 아니라 유휴 어획능력에 대한 추가적인 어업비용 발생은 결국 기선권현망어업의 경영상태를 악화시킬 수 있는 요인으로 작용할 우려도 있다. 특히 최근의 동향과 같이, 유류비, 인건비, 어선 및 어구수선비 등 어업비용의 급증으로 인해 기선권현망어업의 어업경영이 악화되고 있는 점을 고려할 때 유휴 어획능력 감축은 어업경영 개선을 위해서도 필요한 것으로 판단된다.

민감도 분석 결과

기선권현망어업의 초과어획능력 감축수준을 보다 실증적으로 분석하기 위하여 DEA 분석결과에 대한 민감도 분석을 추가적으로 실시해 보았다. 민감도 분석에 있어서는 우선 2004년도 어획량을 기준으로 초과어획능력 감축을 위한 투입 어획노력량 요소들의 감축 범위를 추정하였다. 분석결과, 2004년 현재 투입 어획노력량 수준에서 어선척수 20%, 톤수 20%, 그리고 마력수가 21% 정도 감축되면 CU가 100% 수준을 달성하여 유휴 어획능력이 존재하지 않는 것으로 평가되었다.

하지만 2004년도 어획량을 기준으로 기선권현망어업의 어획능력 감축수준을 정하고 이에 따라 어획능력을 감축시키게 되면 향후 자원량 변동에 따라 어획량 수준이 높아지더라도 더 이상 어획할 수 없게 될 우려가 있다. 즉, 2004년을 기준으로 목표 어획능력을 설정한 것은 단기적인 목표치는 될 수 있지만 기선권현망어업의 장기적인 목

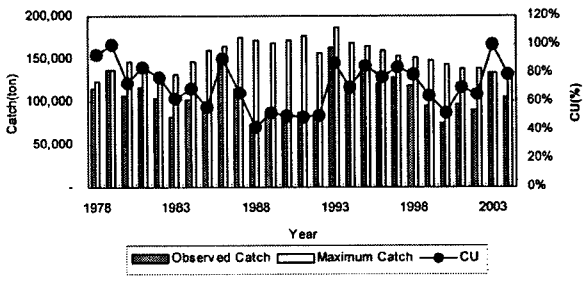


Fig. 5. CU scores measured by DEA.

Table 2. Results of sensitivity analysis on fishing capacity reduction.

Target fishing capacity	Capacity reduction level	CU
Based on Catch in 2004	Reduce - Vessels(20%), Tonnage (20%), HP(21%)	100%
Based on MSY* for Anchovy Drag Net Fisheries	Reduce - Vessels(9%), Tonnage(8%), HP(10%)	100%

*MSY for anchovy drag net fishery is calculated under the assumption that the anchovy drag net fishing occupies 98% of total anchovy MSY estimated by NFRDI(2004).

표치는 될 수 없다. 장기적인 어획능력은 어업자원의 특성에 따른 최대 어획량이 지속적으로 어획될 수 있는 수준에서 유지되어야 하므로 기선권현망어업의 최대 지속적 생산량(Maximum Sustainable Yield: MSY)을 구하고, 이에 따른 어획능력 감축수준을 구하는 것이 바람직하다.[7] 기선권현망어업의 MSY는 전체 어획량 중 멸치가 약 98%를 차지한다는 가정 하에서 국립수산과학원(2004)에서 추정한 멸치의 MSY를 기선권현망어업 MSY의 98%로 가정하여 계산하였다.[8] 이 MSY 값을 DEA 측정결과에 대입하여 민감도 분석한 결과, 효율적 어업생산을 위해서는 2004년 현재 수준에서 어선척수 9%, 톤수 및 마력수가 각각 8%와 10% 정도 감소되어야 하는 것으로 추정되었다.

기선권현망어업 어선별 어획능력 측정결과

2004년 표본 조사된 10통의 기선권현망어업 어선(선단)에 대한 DEA 분석결과, Fig. 6에서 보는 바와 같이, 어선별 실제 어획량에 대한 최대 어획량이 구해졌다. 어선 6은 실제 어획량과 최대 어획량이 거의 일치하여 어획능력 활용도(CU)가 1(100%)로 나타났다. 하지만 다른 어선들의 최대 어획량은 실제 어획량 수준보다 높아 CU는 1(100%) 미만으로 나타났다.

기선권현망 표본어선들의 평균 CU는 72%로 나타났는데, 이는 어선들에 있어 평균 28% 정도의 유휴 어획능력이 존재하고 있다는 것으로 의미한다. 특히 어선들 중 어선 4의 CU가 37%로 가장 낮게 측정되었다. 이는 실제 어획량 273톤을 어획하기 위해서는 현 어획능력의 37% 수준으로도 어획할 수 있음을 의미하여 어획능력 초과수준이 상당히 높음을 시사한다. 혹은 주어진 투입 어획노력량 요소들을 보다 효과적으로 이용하면 어획량을 현재의 273톤에서 737톤으로도 증가시킬 수 있음을 의미한다.

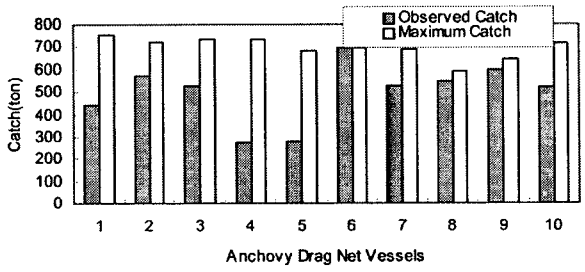


Fig. 6. Observed and maximum catches of individual anchovy drag net vessels.

표본 어선 중 유휴 어획능력 감축수준을 보다 실증적으로 분석하기 위하여 DEA 결과에 대한 민감도 분석을 추가적으로 실시해 보았다. 민감도 분석 결과, 어선 1의 경우 톤수 50%, 마력수 및 조업일수가 각각 45%와 41% 정도 감축되어야 유휴 어획능력이 소멸되는 것으로 추정되었다. CU 값이 가장 낮은 어선 4의 경우 효율적 어업생산을 위해서는 톤수 68%, 마력수 69%, 그리고 조업일수가 63% 정도로 크게 감축되어야 하는 것으로 나타났다. 이에 반해 비교적 CU 값이 높은 어선 9의 경우 CU가 1(100%)이 되기 위해서는 톤수 30% 그리고 마력수가 23% 정도 감축되어야 하지만, 조업일수는 약 7% 정도만 줄어들면 되는 것으로 평가되었다.

이처럼 어선별 어획능력 측정으로부터는 어선들 간의 생산효율성 비교를 통해 어선의 효율적 생산여부를 판단할 수 있게 된다. 뿐만 아니라, 민감도 분석에서 살펴본 바와 같이, 비효율적 생산의 어선에 대해서는 어획능력 활용도 향상을 위한 방안도 효과적으로 강구할 수 있게 된다. 이는 어선감척사업에 있어 감척대상어선 선정을 위한 정책적 자료 등으로 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 그리고 어선별 경제적인 자료가 구비된다면 유휴 어획능력 감축에 대한 방안 강구와 함께 경비 절감을 통한 수익성 향상 방안 등도 보다 구체적으로 분석할 수 있을 것이다.

Table 3. Results of sensitivity analysis on fishing capacity reduction levels for individual fishing vessels.

	Capacity reduction level			CU	
	Tonnage (ton)	Horse power (HP)	DAS (day)	Before reduction	After reduction
Vessel 1	−50%	−45%	−41%	59%	100%
Vessel 2	−50%	−43%	−21%	79%	100%
Vessel 3	−51%	−48%	−29%	71%	100%
Vessel 4	−68%	−69%	−63%	37%	100%
Vessel 5	−67%	−65%	−59%	41%	100%
Vessel 7	−43%	−36%	−23%	77%	100%
Vessel 8	−8%	−20%	−13%	92%	100%
Vessel 9	−30%	−23%	−7%	93%	100%
Vessel 10	−44%	−34%	−27%	73%	100%

*Vessel 6 is excluded since its CU is 1(100%).

[7]장기적인 어획능력 목표치로서는 MSY 외에 MEY(Maximum Economic Yield)를 설정할 수도 있을 것이다. 하지만 어업 전체의 MEY를 구하는 것이 현실적으로 상당히 어려울 뿐만 아니라 양적인 물리적 개념에서의 합리적 기준치로서는 MSY가 보다 타당한 것으로 판단하여 본 연구에서는 이를 장기적인 목표 기준치로 설정하였다.

[8]국립수산과학원(2004)에서는 멸치의 연도별 어획량 및 기선권현망어업의 마력당 자료를 바탕으로 Fox 모델을 사용하여 멸치 자원량을 추정한 결과 멸치의 MSY는 117,417톤으로 추정되었다.

5. 정책함의

이상과 같이 시계열 자료와 횡단면 자료를 바탕으로 PTP 방법과 DEA 방법을 이용하여 측정된 기선권현망어업의 어획능력 평가결과는 다음과 같이 우리나라 어업관리에 있어 많은 정책적 시사점을 제공해 줄 것으로 판단된다. 첫째, 해당어업의 전체적인 어획능력 변화를 연도별로 측정함으로써 한 업종의 전체적인 잠재 어획량 수준을 추정할 수 있다. 이러한 분석결과는 향후 어업생산 전망이나 어획량 통제제도의 활용 등에 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 둘째, DEA 측정결과에 대한 민감도 분석을 통해 어획능력 감축수준을 정량적으로 추정할 수 있다. 이는 어선감척사업이나 어획노력량 통제제도 등에 있어 어선척수나 어획노력량 요소들의 감축범위에 대한 정책적 근거자료로 활용될 수 있을 것이다.

셋째, 어선별 어획능력 측정결과는 어선간의 어업생산성 비교를 가능하게 할 뿐만 아니라 민감도 분석 등을 통해 개별어선의 생산성 향상을 위한 구체적인 방안이나 투입요소들의 감축수준에 대한 근거자료를 제공해 줄 수 있다. 특히 어선감척사업이 진행될 경우 어선별 감척우선순위 선정에 있어서 어선간의 어업생산성 측정결과는 정책적 근거자료로서 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 넷째, 본 연구에서 분석한 어업의 어획능력 측정과 민감도 분석을 통한 어획노력량 감축수준의 결정은 우리나라 연근해 자원관리정책에 유용한 관리기법을 제공해 줄 수 있다. 특히 자연과학적인 자원량 조사 및 평가가 미비하고, 자원량 추정에 관한 불확실성이 클 경우 연근해 자원관리를 위한 목표나 기준의 설정이 어렵고, 어업관리수단의 효과를 평가할 수 없는 문제가 발생하게 된다. 이러한 경우, 어업별 어획능력을 측정하고 자원회복을 도모할 수 있는 목표 어획량에 맞추어 어획노력량 수준을 결정하고 감축방안을 강구해 간다면 보다 실효성 있는 자원관리가 가능해 질 수도 있을 것이다.

마지막으로 본 연구의 한계점으로는 기선권현망어업 개별어선에 대한 표본 자료가 부족하여 어업 전체 어선들의 생산성 비교가 불가능하였다.[9] DEA 방법은 절대적 효율성이 아닌 상대적 효율성에 대한 평가모델이므로 충분한 표본 자료의 확보를 통해 측정의 편의가 발생하는 것을 최소화해야 한다. 특히 어선별 자료 확대와 더불어 어선별 경제적인 자료가 구비된다면 경제적인 개념의 어획능력 측정이 가능해질 수 있어 합리적인 비용수준에 대한 구체적인 어선별 어획능력 감축범위를 파악할 수 있을 것이다. 이를 통해서는 어선별 경영상황을 개선시킬 수 있는 구체적인 방안 등 지속적이고 경영안정적인 기선권현망어업 발전을 위한 정책적 시사점을 보다 풍부하게 얻을 수 있을 것이다. 또한 어획능력 측정을 위한 분석기법에 있어서 PTP와 DEA 방법은 투입물과 산출물 자료를 이용하여 어획능력을 비교적 쉽게 측정할 수 있는 장점이 있었다. 그러나 PTP 방법은 단일 투입자료를 활용할 수밖에 없는 단점이 있어 다양한 투입요소에 따른 어획능력 측정이 불가능하다. 그리고 DEA 방법은 확정적(deterministic) 모형이기 때문에 추정된 산출물에 대한 통제가 불가능한 확률적 오차 등의 무작위적 영향들이 모두 비효율로 간주될 우려가 크다. 이에 따라 비효율성 수준이 실제보다 과장되게 나타날 수 있는 문제점이 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해서는 또 다른 어획능력 측정방법 중의 하나인 확률적프론티어(SFP) 분석기법을 활용할 수 있을 것이다. 하지만 이 기법의 사용을 위해서는 개별어선들의 어획능력에 관한 많은 양의 자료가 필요하다. 향후 이런 필요한 자료들을 수집하여 각 방법에 의한 결과들을 비교해 간다면 보다 정확한 어획능력 측정과 효과적인 어획능력 관리방안을 마련할 수 있을 것이다.

참고문헌

국립수산과학원. 2001. 연근해 어업구조조정을 위한 주요 어업의 적정 어획강도 평가. 25 p.

국립수산과학원. 2004. 한국 근해 2005년도 TAC 대상어종에 대한 어획동향 분석 및 자원상태평가. 237 p.

국립수산과학원. 2004. 자원회복 및 관리: 수산자원회복계획 심포지엄. p. 213-231.

김용민. 2004. 자료포락분석(DEA)에 의한 지역사회복지관의 상대적 효율성 측정. *한국지방자치학회보*, 6, 133-153.

지유나, 문태희, 손소영. 2004. DEA 로지스틱 회귀분석을 이용한 정보화 촉진기금 융자사업의 효율성 분석. *기술혁신연구*, 12(1), 25-48.

해양수산부. 해양수산통계연보, 각 연도.

Charnes, A., W. Cooper, and E. Rhodes. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *Eur. J. Oper. Res.*, 2, 429-444.

Coelli, T. 1996. A Guide to DEAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis(Computer) Program. CEPA Working Paper 96/08. 85 p.

DFO. 1990. Report of the Working group on capacity measurement. Canada Department of Fisheries and Oceans. Economic and Commercial Directors Committee. 125 p.

[9] 실제어업에서 어획량은 어선의 물리적인 수치와 연관되어 있으나 이밖에도 선장 혹은 어로장의 능력에 따라 변화될 수 있다. 따라서 이러한 변수에 대한 계량화의 노력이 일부 연구에서 언급되고 있지만 현실적으로 표준화에 많은 어려움을 겪고 있다.

FAO. 1998. Report of the Technical Working Group on the Management of Fishing Capacity. FAO Fisheries Report, No. 586. 89 p.

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. 145 p.

FAO. 2000. Report of the Technical Consultation on the Measurement of Fishing Capacity. FAO Fisheries Report, No. 615. 39 p.

Färe, R., S. Grosskopf, and C.A.K. Lovell. 1994. Production Frontiers. Cambridge Univ. Press, New York. 235 p.

Färe, R., S. Grosskopf, and E. Kokkenlenberg. 1989. Measuring plant capacity utilization and technical change: a non-parametric approach. *Int. Econ. Rev.*, 30, 655-666.

Farrell, M. 1957. The measurement of productive efficiency. *J. Roy. Stat. Soc. Ser.*, 120, 253-281.

Hsu, T. 2000. Simple Capacity Indicators for Peak to Peak and Data Envelopment Analyses of Fishing Capacity-Preliminary Assessment. AGR/FI/RD(2000) 9, COFI. p. 233-259.

Johansen, L. 1968. Production functions and the concept of capacity. Namur: Centre d'Etudes et de la Recherche Universitaire de Namur. p. 46-72.

Kirkley, J.E., D. Squires, M.F. Alam, and H.O. Ishak. 2003. Excess capacity and asymmetric information in developing country fisheries: The Malaysian Purse Seine Fishery. *Am. J. Agr. Econ.*, 85, 647-662.

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. 31 p.

Morrison, C.J. 1985. On the economic interpretation and measurement of optimal capacity utilization with anticipatory expectations. *Rev. Econ. Stud.*, 52, 295-310.

Nelson, R. 1989. On the measurement of capacity utilization. *J. Ind. Econ.*, 37, 272-286.

Pascoe, S. and L. Coglan. 2001. Physical versus harvest-based measures of capacity: the case of the United Kingdom vessel capacity unit system. *ICES J. Mar. Sci.*, 8, 1243-1253.

Pascoe, S. and L. Coglan. 2000. Implications of differences in technical efficiency of fishing boats for capacity measurement and reduction. *Mar. Policy*, 24, 301-307.

Ward, J. and R. Metzner. 2002. Fish Harvesting Capacity, Excess Capacity & Overcapacity. FAO Fisheries Report. No. 691. 15 p.

Zheng, Y. and Y. Zhou. 2005. Measures of the fishing capacity of Chinese marine fleets and discussion of the methods. *J. Oceanogr.*, 61, 623-630.

Received Nov. 1, 2006
Accepted Nov. 20, 2006