

# 우리나라 근해어업의 어획능력 측정에 관한 연구

김도훈\*

## Measurement of Fishing Capacity of Offshore Fisheries in Korea

Kim, Do-Hoon

### < 목 차 >

I. 서론

II. 분석 방법 및 자료

III. 분석 결과

IV. 요약 및 결론

## I. 서론

최근 국제적으로 수산부문에 대한 현안문제 중의 하나는 어업에 있어 어획능력(Fishing Capacity)을 감축시키고자 하는 것이다. 이는 어획능력의 꾸준한 증대로 인하여 전 세계적인 어업자원의 감소현상이 심각해지고 있을 뿐만 아니라<sup>1)</sup>, 보다 실효성 있는 어업자원의 회복을 위해서는 우선적으로 어획능력이 적정수준 이하로 줄어들어야 하기 때문이다.

세계식량농업기구(FAO)는 지속적으로 악화일로에 있는 어업자원의 남획을 방지하고, 효과적인 어업관리 보존조치를 통해 지속가능한 어업발전을 이루기 위하여 1995년 10월 '책임 있는 수산업 규범(Code of Conduct for Responsible Fisheries)'을 채

접수 : 2006년 3월 12일      게재확정 : 2006년 4월 26일

\* 국립수산과학원 수산경제실(Corresponding author : 051 - 720 - 2851, kimdh@nfrdi.re.kr)

1) 세계식량농업기구(Food and Agricultural Organization, FAO)의 2004년도 어업자원조사 결과에 따르면 세계 전체 어업자원 중 25% 정도만이 저개발 상태에 있는 반면, 52%는 지속 가능한 최대한도에 근접한 완전개발상태에 있으며, 16%는 과잉개발상태에 있어 어획량이 줄어들고 있을 뿐만 아니라, 나머지 10% 정도는 사실상 고갈상태에 있는 것으로 나타났다. 하지만 보다 심각한 문제는 남획상태로의 증가율이 급증하고 있어 적극적인 대책이 강구되지 않을 경우 어업자원량 감소경향이 더욱 악화될 것으로 우려되고 있다(FAO, 2004a).

택하였다. 특히 이 규범에서는 지속적인 어업관리를 위한 다양한 조치들을 제안하고 있는데<sup>2)</sup>, 그 중에서 가장 핵심적인 내용 중의 하나가 과잉어획능력(Overcapacity)을 감소시키는 것이었다. 더욱이 이 규범의 실질적 이행을 위해 1999년 제23차 FAO 수산위원회에서는 ‘어획능력 관리를 위한 국제적 행동계획(International Plan of Action for the Management of Fishing Capacity)’을 채택하여 각국으로 하여금 우선적으로 어업별 어획능력을 평가하고, 과잉어획능력 감축을 위한 관리방안 마련을 촉구하였다(FAO, 1999).<sup>3)</sup>

어업에 있어서 과잉어획능력이 문제가 되는 것은 현재 어획량 수준을 초과하여 어획할 수 있는 유틸어획능력이 어업에 존재하기 때문에 어업활동에 대한 완전한 통제 및 관리가 이루어지지 않을 경우 적정 어획량을 초과하여 어획할 수 있기 때문이다. 이는 결국 어업자원에 대한 남획을 초래하여 심각한 자원량 감소를 야기할 수 있게 된다.<sup>4)</sup> 이 외에도 적정 수준 이상으로 어획능력이 초과하게 되면 그 만큼의 어업비용이 발생하게 되는데, 유틸능력에 대한 추가적인 어업수입 없는 초과비용 발생은 결국 어업인들의 어업이익을 감소시키게 되기 때문이다. 이는 또한 국민 경제적 관점으로 볼 때 자원의 비효율적 사용으로 이어지게 된다.

어업에 있어 과잉어획능력 현상이 일어나는 것은 어업자원의 특성에서 기인된다. 즉, Gordon(1954)이 이미 지적한 바와 같이, 어업자원은 사유화가 불가능한 공유재(共有財)이므로 자원이용에 대한 배타권이 없어 누구나 어업에 참여할 수 있기 때문에 조업경쟁에서 어업자원을 선점하기 위해서는 추가적인 어획능력 증강이 불가피하기

2) FAO의 ‘책임 있는 수산업 규범’은 제1부 12개 조항과 기술적 지침으로 구성되어 있는데, 지속 가능한 어업발전을 위한 일반원칙과 함께 어업관리, 어업활동, 양식개발, 통합적 연안역 관리, 어획 후 처리 및 무역, 연구 활동 등에 대한 관리규범을 제시하고 있다.

3) 특히 어획능력 관리에 관한 국제행동계획(IPOA - Fishing Capacity)에서는 회원국들로 하여금 2000년까지 어획능력 평가를 위한 예비분석을 행하고, 2002년까지 국가행동계획(National Action Plan) 수립을 완료하며, 2005년까지는 행동계획의 이행을 완료함과 동시에 이행결과를 매 2년마다 보고도록 권고하고 있다.

4) 어업에 있어서 과잉어획능력(Overcapacity)의 개념과 초과어획능력(Excess Capacity)의 개념은 명확히 구분되어야 한다. 이는 어업자원과 수산업 전반에 대한 그 영향을 달리하기 때문이다. 어업에 있어서 초과어획능력의 개념은 일시적인 자원변동, 투입요소와 산출물의 시장상황 변화 등으로 인해 단기 간적으로 발생하는 어획량의 감소나 어업비용의 초과현상으로 정의되고 있다. 이에 반해 과잉어획능력의 개념은 장기적으로 어획량 수준이 목표치인 최대 지속적 어획량(Maximum Sustainable Yield)보다 낮거나 혹은 어업비용이 최대 경제적 어획량(Maximum Economic Yield) 수준보다 높은 현상으로 공유재 어업자원관리에서 흔히 나타나는 과잉어획투자나 남획과 같은 징후를 말한다(Ward et al., 2005; Ward and Metzner, 2002). 따라서 초과어획능력 문제는 어업관리자에게 중요한 의미가 없는데, 이는 시장상황이나 자원상황이 변하면 자동적으로 해결될 수 있기 때문이다. 하지만 과잉어획능력의 경우는 조업경쟁에서 어업자원의 선점을 위해 어업인들이 자원보존을 위한 유인책을 가지지 못하고 추가적인 어획능력을 증강함에 따라 어업에 있어서 과잉어획능력 문제는 장기화·고착화된다. 따라서 시장상황 등의 변화가 과잉어획능력 문제를 자동적으로 해결해 줄 수 없기 때문에 어업관리자는 어업관리정책 등을 수립하여 어획능력 감축을 위한 노력을 기울이지 않으면 안 된다.

때문이다.<sup>5)</sup> 더욱이 과도한 어획으로 인해 어업자원이 감소하여 어획량이 줄어들게 되더라도 어업인들은 어업수입 보전을 위해 어획능력을 더욱 증강시켜 어획량을 증가시키려고 하기 때문에 어업자원의 감소경향에도 불구하고 오히려 어획능력은 증가하는 현상이 나타나게 된다(Mattiasson, 1996). 따라서 과잉어획능력을 감소시키지 않으면 어업자원에 대한 어획압력이 커져 어업자원량이 더욱 격감하게 되고, 어업의 수익성도 크게 악화되어 결과적으로는 지속가능한 어업발전을 기대할 수 없게 된다.

‘능력(capacity)’은 일반적으로 경제학에서 ‘기업이나 산업이 잠재적인 생산량을 산출할 수 있는 수준’으로 정의되고 있고, 다양한 산업부문에서 의사결정이나 정책수립에서 널리 적용되고 있는 개념이다. 하지만 어업에서의 어획능력에 대한 개념은 아직 구체적으로 명확하게 정립되지 않았을 뿐만 아니라 상대적으로 널리 적용되지도 않았다. 어획능력에 대한 선행연구들을 살펴보면, 어획능력(fishing capacity)은 생산적인 개념(production definition)과 경제적인 개념(economic definition)으로 정의되고 있다(Zheng and Zhou, 2005; Pascoe *et al*, 2004; Kirkley *et al*, 2001; Nelson, 1989; Morrison, 1985a and 1985b). 생산적인 개념에서의 어획능력은 생산 최대화에 근거하여 주어진 시장여건, 어업자원상태, 기술적 상황 하에서 조업활동에 아무런 제약조건이 없을 경우 일정 기간동안 어선이 산출할 수 있는 최대 생산량을 의미한다. 반면에 경제적인 개념의 어획능력은 비용 최소화에 근거하여 주어진 시장여건, 어업자원상태, 기술적 상황 하에서 조업활동에 아무런 제약조건이 없을 경우 일정 기간동안 어선이 어획할 수 있는 있는 가장 경제적인 생산량 수준을 의미한다.<sup>6)</sup> 따라서 전자의 경우 자원상황, 시장여건, 기술적 상황 하에서 고정적인 투입요소들이 잠재적인 최대 생산량을 결정하게 되고, 후자의 경우에는 자원상황, 시장여건, 기술적 상황 요인들 외에 어업인의 의사결정, 투입요소들의 경제적인 사용 등이 잠재적인 생산량이나 능력을 결정하게 된다.

경제학적으로 본다면 경제적인 개념이 어획능력을 보다 잘 정의하는 것으로 볼 수 있다. 이는 경제적인 개념이 생산량 수준을 결정하는 중요한 경제적인 요인들을 고려하고 있을 뿐만 아니라, 장기적이고 최적의 능력수준에 대한 유용한 정보를 제공해 주기 때문이다. 예를 들어, 경제적 개념에서의 어획능력은 장단기 평균비용곡선이 만나

5) 어업참여에 대한 진입장벽이 없을 경우 어업이익이 발생하면 새로운 어업인이 어업에 참여하게 되어 어업자원을 둘러싼 어획경쟁은 심해지고, 무주물인 어업자원의 선점을 위하여 개별 어업인은 어획능력을 증강시키게 된다. 어획능력은 결국 총수입과 총비용이 같아지는 점까지 증가하게 되고, 어업에 있어서 경제적 지대는 소멸되게 된다(Clark, 1990; Anderson, 1986; Gordon, 1954).

6) Morrison(1985a, 1985b)과 Nelson(1989)은 능력(capacity)에 대한 경제적인 개념을 보다 구체적으로 첫째, 장단기 평균비용곡선이 만나는 점점에서의 생산량 수준, 둘째, 단기 평균비용곡선 최저점에서의 생산량 수준, 그리고 셋째, 장기 평균비용곡선과 단기 평균비용곡선의 최저점이 만나는 점점에서의 생산량 수준으로 정의하였다.

는 점점에서의 생산량 수준을 의미하기 때문에 주어진 투입요소에 대한 장기균형점에서 생산이 이루어질 수 있게 된다(Morrison, 1985a and 1985b). 따라서 이 수준에서 어선의 어획능력 수준은 최적점이 되고, 정책결정자는 이 최적점에 대한 투입요소들의 최적수준을 결정하여 어획능력의 증강 혹은 감축을 위한 방안을 효과적으로 강구할 수 있게 된다.

하지만 경제적인 개념의 어획능력을 추정하기 위해서는 조업 활동과 관련된 비용 등의 경제적인 자료가 구비되어야 하는데, 이러한 자료들을 수집하는 것은 현실적으로 거의 불가능하다. 또한 일반적으로 다양한 투입요소를 사용하여 다양한 종류의 어종을 어획하는 어업의 경우 경제적인 개념의 어획능력을 측정하는 것이 상당히 불가능하다(Kirkley *et al*, 2001). 따라서 경제적인 개념의 어획능력을 측정하고, 어획능력 감축을 위한 정책수립의 기초 자료로 활용하는데 현실적인 어려움이 많다. 이에 따라 FAO 전문가그룹회의에서는 어획능력을 생산적인 개념으로 정의하고, 이에 근거하여 어업별 어획능력을 측정하도록 제안하였다(FAO, 2000). 즉, Johansen(1968)의 정의<sup>7)</sup>와 같이 주어진 시장여건, 어업자원상태, 기술적 상황 하에서 조업활동에 아무런 제약 조건이 없을 경우 일정 기간동안 기업이나 산업이 산출할 수 있는 잠재적인 최대 생산량을 구하고, 이를 실제 생산량 수준과 비교하여 어획능력의 과잉정도를 측정하도록 하였다.

어획능력을 측정하는 방법으로는 정성적 기법에서 정량적 기법까지 다양하게 제안되고 있다. 하지만 FAO 전문가그룹회의에서는 국제적인 어획능력 측정을 위한 가장 효과적인 방법으로 ‘피크 대 피크(Peak - to - Peak : PTP)’ 방법과 ‘자료포락분석(Data Envelopment Analysis : DEA)’ 방법을 제안하였다(FAO, 2000). 그리고 책임 있는 수산업 규범에 따른 FAO의 권고와 국제행동계획의 이행을 위해 최근 각국별로 어업별 어획능력 측정에 대한 연구들이 활발히 이루어지고 있는데, 대부분의 연구들도 PTP 방법과 DEA 방법을 사용하고 있다. 예를 들어, Kirkley and Squires(1999)는 PTP 방법을 사용하여 미국 태평양 연안의 식용 게(dungeness crab)어업에 대한 어획능력을 측정하여 어획능력의 과잉현상이 계속 심화되고 있음을 분석했다. Hsu(2000)는 대서양연안 저서어업과 태평양 연어어업을 대상으로 PTP 방법과 DEA 방법 모두 사용하여 각각의 어획능력을 측정하고, 분석결과를 서로 비교하였다. 그리고 Pascoe and Cogan(2000)은 영국 저층트롤어업에 대한 어획능력을 DEA 방법으로 평가했는데, 평가대상 저층트롤어선의 70% 정도가 어획능력이 약 10% 정도 과잉된 것으로 추정되었다. 그리고 이 중 35% 어선에 있어서는 과잉어획능력 수준이 25% 이상인 것으로

7) “Maximum amount that can be produced per unit of time with existing plant and equipment, provided the availability of variable factors of production is not restricted”.

로 분석되었다.

또한 Kirkley *et al*(2001)도 DEA 방법으로 미국 5대 어업의 어획능력을 측정하였는데, 어업별로 50% 이상 어획능력이 과잉상태에 있는 것으로 나타났다. 이 외에도 Kirkley *et al*(2003)은 DEA 방법을 사용하여 말레이시아 선망어업의 어획능력을 측정하였다. 분석 결과, 지역별로 어획능력의 과잉정도가 다르게 나타났지만, 전체적으로는 과잉어획능력 문제가 심각하지 않은 것으로 나타났다. 하지만 어획능력의 과잉수준이 점차 높아지고 있음을 지적하고, 어업진흥정책의 추진보다는 어획능력 감축을 위한 정책이 필요함을 제시하였다. 그리고 Zheng and Zhou(2005)는 Hsu(2000)의 연구와 마찬가지로 PTP와 DEA 방법 모두를 사용하여 중국 지역별 어업의 어획능력을 측정하고 각 방법별 분석 결과를 비교하였다. 분석 결과, 두 방법 모두에서 평균적으로 어획능력이 약 31% 정도 과잉된 것으로 측정되었다.

국제행동계획의 권고에 따라 우리나라에서도 어업별 어획능력 감축을 위한 국내행동계획을 수립하고자 하고 있다. Gordon(1954)과 Mattiasson(1996)의 지적처럼, 우리나라 연근해 자원량과 어획량의 감소에도 불구하고 실질적인 어획능력 수준이 증가하고 있는 점<sup>8)</sup>을 감안할 때 우리나라 어업에서도 과잉어획능력 현상이 심각한 것으로 판단된다. 따라서 어업자원의 회복을 통한 지속적이고 경영안정적인 어업발전을 위해서는 어업별 어획능력을 측정하고, 과잉된 어획능력을 감축시키기 위한 대응방안 마련이 시급한 실정이다.

이러한 배경 하에서 본 연구는 어획능력 감축을 위한 우리나라 국내행동계획 수립의 선행단계로서 근해어업의 어획능력을 FAO(2000)가 권고한 방법으로 측정해 보고자 하였다. 특히 본 연구에서는 근해어업 중 대형선망어업을 대상으로 어획능력을 측정해 보았다. 이는 대형선망어업의 어획량이 근해어업 전체 어획량 중 가장 많은 부분을 차지하는 우리나라 대표적인 근해업종일 뿐만 아니라, 어획강도가 비교적 높은 것으로 평가되고 있기 때문이었다. 구체적인 분석에 있어서는 PTP 방법과 DEA 방법을 모두 사용하여 대형선망어업의 어획능력을 측정하고, 각 방법에 의한 측정결과를 비교해 보았다. 본 연구의 전체적인 구성으로는 다음 제2장에서 대형선망어업의 어획능력 측정을 위한 PTP와 DEA 방법과 분석에서 사용된 자료에 대해 살펴보았다. 그리고 제3장에서는 각 방법에 의한 대형선망어업의 어획능력 측정결과를, 마지막으로 제4장에서는 분석 결과에 따른 정책적 함의와 향후 어획능력 감축을 위한 방향을 제시하

8) 우리나라 연근해 자원량은 1980년 1,000만 톤에서 2003년 790만 톤으로 감소하였고, 어획량도 1980년 160만 톤에서 2004년 108만 톤으로 격감하였다(국립수산물과학원, 2004a). 이에 반해 실질적 어획능력인 연근해어업 총마력수는 1980년 2,461,774마력에서 2004년 16,743,102마력으로 무려 580% 증강되었다.

면서 본 연구를 마무리하였다.

## II. 분석 방법 및 자료

### 1. 분석 방법

본 연구에서 어획능력의 개념은 FAO(2000)의 제안에 따라 생산적인 개념으로 정의하였다. 그리고 대형선망어업의 어획능력을 측정하기 위한 방법으로도 FAO(2000)가 권고한 PTP와 DEA 방법 모두를 사용하여 대형선망어업의 어획능력을 측정하고, 각 방법에 의한 분석결과와 활용상의 장단점을 비교해 보았다.

#### 1) PTP 방법

PTP 분석방법은 시간의 흐름에 따른 능력(capacity)을 평가하기 위한 단일변수 시계열 모델링 방법이다. 주어진 '투입 대 산출' 비율의 시계열 자료 속에서 가장 비율이 높은 기간의 점(피크점)들은 정상적인 조업활동이나 경제적 상황 하에서 어획능력이 완전히(fully) 활용되고 있음을 의미하게 된다. 그리고 피크점들 사이에 있는 기간의 투입 대 산출 비율치는 수학적 내삽법(interpolation)이나 외삽법(extrapolation)으로 잠정적인 최대 어획능력을 측정하게 된다. 여기서 최종적인 어획능력 활용도(Capacity Utilization : CU)는 잠정적인 최대 어획능력 투입 대 산출 비율치와 실질적인 투입 대 산출 비율치로 계산하고, 과잉어획능력 정도를 판단하게 된다.

이를 좀더 구체적으로 살펴보면,  $U_t$ 를  $t$ 기간동안 어선들이 산출할 수 있는 생산량이라고 하고,  $V_t$ 를  $t$ 기간 동안 사용한 투입요소나 투입요소들의 집합체(어업의 경우 어선척수, 톤수, 마력수 등)라고 하면 투입 대 산출 비율은 다음의 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{U_t}{V_t} = AT_t \quad \text{식 (1)}$$

여기서,  $A$ 는 상수 그리고  $T_t$ 는 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( $t_1, \dots, t_N$ ) 동안 각 시기( $t$ )의 잠재적 어획능력은 식 (1)의 비율치가 최대인 피크점들을 찾아내고, 피크점 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, 피크점들 사이의 각 시기별 잠재적 생산성의 평균 변화율에 의해 결정된다.

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

여기서,  $m$ 과  $n$ 은 각각 특정 시점( $t$ )에 대하여 첫 번째 피크점과 두 번째 피크점으로 부터의 기간(length of time)을 의미한다. 따라서  $t$ 기간의 잠재적 최대 어획량(어획능력)은  $AT_t$ 에 투입 어획노력량( $V_t$ )를 곱함으로써 구할 수 있게 된다.

그러나 장기간에 걸친 시기별 어획능력을 측정할 경우 식 (1)은 경제적 여건의 변화를 반영할 수 있게 된다. 따라서 이 때에는 보다 정확한 어획능력 측정을 위하여 가능한 한 기술적인 요인과 경제적인 요인의 영향을 분리하는 것이 바람직하다. 즉, 기술적인 변화가 추정될 수 있으면, 표준화된 잠재적 어획능력은 식 (3)과 같이 식 (1)을 수정하여 나타낼 수 있게 된다.

$$\frac{U_t}{X_t} = A_t \quad \text{식 (3)}$$

여기서,  $X_t (=T_t \cdot V_t)$ 는 기술적 요인으로 조절된 투입요소나 투입요소들의 집합을 의미한다. 그리고  $A_t$ 는 장기간일 경우 더 이상 불변 상수가 아니라 장기적인 경제조 상황 등에 따라 변할 수 있게 된다. 따라서 이러한 경제적인 변화요인의 영향을 최소화 하여 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)기법<sup>9)</sup>을 사용할 수 있다.

$$\sum \gamma (Y_t - G_t)^2 + \beta \sum [(G_{t+1} - G) - (G_t - G_{t-1})]^2 - \mu N \bar{Y}^2 \quad \text{식 (4)}$$

식 (4)에서  $N$ 은 총기간,  $Y_t (=U_t/X_t)$ 는 기존의 시계열 자료,  $G_t$ 는 평활화(smoothed)된 추세/순환 자료,  $\gamma$ 와  $\beta$ 는 가중 조절변수, 그리고  $\mu$ 는 평활화 분석을 위한 임계치를 각각 의미한다. 식에서 보는 바와 같이  $\beta$  값이 커지면 커질수록 선형적인 추세곡선으로 된다.

이와 같이, PTP 방법은 다른 정량적인 어획능력 측정 방법과 비교해서 상대적으로

9) HP 필터기법은 최근 경제시계열의 장기추세변동 및 순환변동을 분석하는데 자주 이용되는 평활법(smoothing method)에 근거한 계량경제학적 분석기법으로 경제시계열의 장기추세를 추출하기 위하여 고안되었다. 이 방법은 경제시계열이 추세변동과 순환변동으로 구성되어 있다는 가정에 기초하여 해당 시계열을 장기 성장을 의미하는 추세 변동과 순환 변동으로 분해하고, 일종의 스플라인 평활법(spline smoothing method)에 의하여 장기적 추세를 추출하는 방법이다. 특히, HP 필터방법은 시계열의 장기추세 변동을 정태적인 요소로부터 추출하기 위하여 2차 차분된 추세변동의 자승합이 일정한 값보다 작아야 한다는 제약조건을 만족시키면서 추세변동으로부터의 편차의 자승합을 최소화시키는 것이다. 결과적으로 HP 필터기법은 추세 변동의 변동성을 증대시키지 않으면서 순환 변동을 최소화하는 일련의 최적화 과정에서 장기추세 변동을 산출하는 선형필터(linear filter) 분석기법이라 할 수 있다(왕세종·강민석, 2004).

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. 이에 반해 PTP 방법은 하나의 어획노력량 지표를 사용하여 어획능력을 측정하기 때문에 사용된 지표가 바람직하지 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 필터기법 등을 병용한다면 경제적 요인변화의 영향을 최소화시킬 수 있을 것이다.

## 2) DEA 방법

DEA 분석은 선형계획법에 근거한 효율성 측정방법으로써 통계학적으로 회귀분석 방법과는 달리 사전적으로 구체적인 함수형태를 가정하고 모수(parameter)를 측정하는 방법이 아니다. 대신에 일반적으로 생산가능집합에서 적용되는 몇 가지의 기준 하에서 평가대상의 투입요소와 산출물간의 자료를 이용해 경험적 효율성 프론티어(생산활동의 상대적 기술적 효율성, **Technical Efficiency**)를 평가대상으로 비교하여 평가대상의 효율치를 측정하는 비모수적 접근방법이다. DEA기법은 Charnes *et al.*(1978)에 의해 제안되어졌다. 이들은 Farrell(1957)의 복수투입 - 단일산출의 기술적 효율성(TE) 개념을 다수의 투입물과 산출물이 있는 경우로 확장함으로써 공공분야, 농수산업을 비롯한 자원환경산업 등 다양한 분야에서의 생산 활동에 대한 TE를 추정하는 DEA모형을 제시하였다.<sup>10)</sup>

DEA의 기본원리는 모든 비교대상 의사결정단위(Decision Making Unit : DMU)들의 효율성은 1보다 작거나 같다는 제약조건 하에서 평가하고자 하는 DMU의 효율성을 극대화하는 모형으로서 다음의 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max } \frac{\sum_{m=1}^M z_m u_{jm}}{\sum_{n=1}^N z_n x_{jn}} && \text{식 (5)} \\
 & \text{s.t. } \frac{\sum_{m=1}^M z_m u_{jm}}{\sum_{n=1}^N z_n x_{jn}} \leq 1 \\
 & z_m, z_n \geq 0, j = 1, 2, \dots, J
 \end{aligned}$$

10) Farrell(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 Farrell의 TE 개념을 다수의 투입물과 다수의 산출물이 있는 경우로 확장함으로써 오늘날 CCR 모형으로 불리는 DEA 모형을 제시하였다(김용민, 2004; 지유나 외 2인, 2004; Kirkley et al, 2001).



여기서,  $M$ 은 효율성을 측정하고자 하는 대상 DMU의 산출요소의 수이고,  $N$ 은 투입 요소의 수를 나타내며,  $u_{jm}$ 과  $x_{jn}$ 은 DMU  $j$ 의 투입물과 산출물의 실제 관찰치를 나타낸다. 그리고,  $z_m$ 과  $z_n$ 은 대상 DMU의 각 산출요소와 투입요소의 가중치를 의미한다.

이러한 DEA기법의 기본원리를 바탕으로 어획능력 측정을 위한 DEA모형을 보다 구체적으로 살펴보면 DEA는 수리적 선형계획법을 이용하여 분석대상 어선들의 어획노력 투입량과 최대[프론티어(frontier)] 생산량과의 선형적인 관계식을 도출하게 된다. 즉, 주어진 투입요소량에 대한 최대 생산량을 산출하므로 이는 Johansen(1938)의 정의와 FAO(2000)가 제안한 바와 같이 어획능력의 생산적인 개념과 완전히 일치하게 된다. 「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. 그리고 이를 바탕으로 어선별 어획능력의 과잉 정도를 판단하게 되고, 어선들 간의 어획능력 추정치를 서로 비교함으로써 어선별 조업 활동에 대한 기술적 효율성을 상대적으로 평가할 수 있게 된다.

어획능력 측정을 위한 DEA모형 구축을 위하여 Färe *et al*(1989, 1994)에 따르면, 산업에 있어 개별 기업( $j$ )이 1, 2, ...,  $J$ 가 있고, 산업 전체가  $N$ 만큼의 투입요소를 이용하여  $M$ 만큼의 생산량을 산출한다고 하면 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.

$$u_{j,m} \geq 0, x_{j,n} \geq 0; \quad \text{식 (6)}$$

$$\sum_{j=1}^J u_{j,m} > 0, \quad m = 1, 2, \dots, M; \quad \text{식 (7)}$$

$$\sum_{n=1}^N x_{j,n} > 0, \quad j = 1, 2, \dots, J; \quad \text{식 (8)}$$

$$\sum_{j=1}^J x_{j,n} > 0, \quad n = 1, 2, \dots, N; \quad \text{식 (9)}$$

$$\sum_{m=1}^M u_{j,m} > 0, \quad j = 1, 2, \dots, J; \quad \text{식 (10)}$$

여기서, 식 (6)은 투입량과 산출량이 항상 양(+)이어야 하는 조건, 식 (7)과 (9)는 투입량의 집합과 산출량의 집합이 모두 양(+)이어야 하는 조건을 나타낸다. 그리고 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.

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

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

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

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

여기서,  $\theta$ 은 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  $z_j$ 는 기업별 투입요소들의 가중치를 의미한다. 식 (11 - 1)은 기업별 생산품종별 생산량에 대한 제약조건이고, 식 (11 - 2)는 기업별 투입요소별 제약조건을 의미한다.<sup>11)</sup> 따라서 두 종류의 요소를 투입하여 두 가지의 생산물을 어획하는 기업의 경우 제약조건식은 4개가 된다. 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  $\theta$ 와  $z$ 의 값이 결정된다. 특히 식 (11)의 목적함수와 제약조건에서는 CRS의 가정이 함유되어 있는데, 다음의 식 (12)를 제약조건에 포함시키면 규모에 대한 수확변동(variable returns to scale : VRS)의 조건이 DEA에 포함된다.<sup>12)</sup>

$$\sum_{j=1}^J z_j = 1 \tag{12}$$

본 연구에서는 대형선망어업의 어획노력량 투입자료와 어획량 자료를 가지고 Coelli(1996)가 DEA 모형분석을 위해 개발한 *DEAP Program*을 이용하여 최대 어획량(어획능력)을 추정하고, 이를 실제 어획량과 비교함으로써 대형선망어업의 어획능력을 측정하였다.

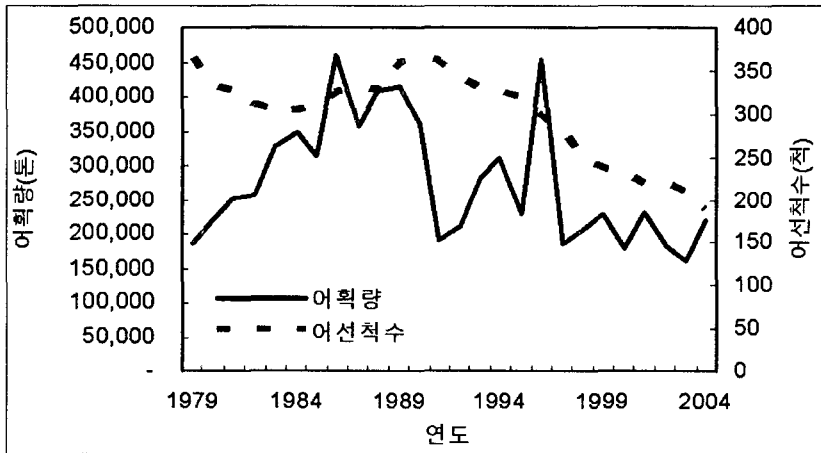
11) 생산능력에 대한 Johansen(1968)의 정의와 일치시키기 위하여, Färe et al(1989, 1994)는 식 (11-2)의 투입요소에 대한 제약조건을 확장하여 고정투입요소와 가변투입요소로 구분하여 각각에 대한 제약조건을 포함시켰다. 물론 식 (11-3)도 하나의 제약조건으로 존재하는데, 이는 고정투입요소에 대한 제약조건이다. 가변투입요소에 대한 제한조건식을 포함시키게 되면 가장 효율적인 가변투입요소 수준을 추정하여 실제 가변투입요소 수준과 비교할 수 있다. 가변투입요소에 대한 보다 자세한 제약조건식은 Kirkley et al(2001), Pascoe et al(2001)을 참고하기 바란다.

12) 프론티어(frontier) 생산량 즉 최대 생산량 곡선은 투입요소 증대에 따른 생산량의 변화 정도에 따라 달라진다. 즉, CRS 가정에 따르면 투입요소 증대만큼 생산량도 증가하여 프론티어 생산량 곡선은 직선형태로 된다. 이에 반해, VRS 가정에 따르면 투입요소 증대에 따라 생산량은 체중 혹은 체감적인 곡선형태를 띄게 된다. 어업에 있어서는 흔히 환경밀도종속적인 어업자원의 특성상 규모에 대한 수확변동, 특히 수확체감 현상이 발생하므로 어획능력 측정에 관한 선행연구들도 VRS 가정을 제약조건으로 고려하였다(Kirkley et al, 2001; Pascoe et al, 2001; Coglan et al, 2000).

2. 분석 자료

우리나라 대형선망어업의 어획량 변화를 살펴보면 < 그림 1 > 에서 보는 바와 같이, 1986년 약 46만 톤을 기점으로 이후 감소경향을 나타내었다. 하지만 1991년도 이후 다시 증가하기 시작하여 1996년에는 1986년도 수준인 약 45만 톤을 기록하였다. 그 이후에는 다시 어획량이 격감하였는데, 2000년도 이후에는 약 20만 톤 수준 내외에서 증감을 반복하고 있다.

대형선망어업의 어종별 어획동향을 살펴보면, 아래 < 표 1 > 에서 보는 바와 같이, 고등어, 전갱이, 삼치 등 주로 부유(浮遊)류 어종을 어획대상으로 하고 있다. 특히 대형선망어업은 고등어를 주 어획대상으로 하고 있는데, 1990년대 후반 이후 대형선망어

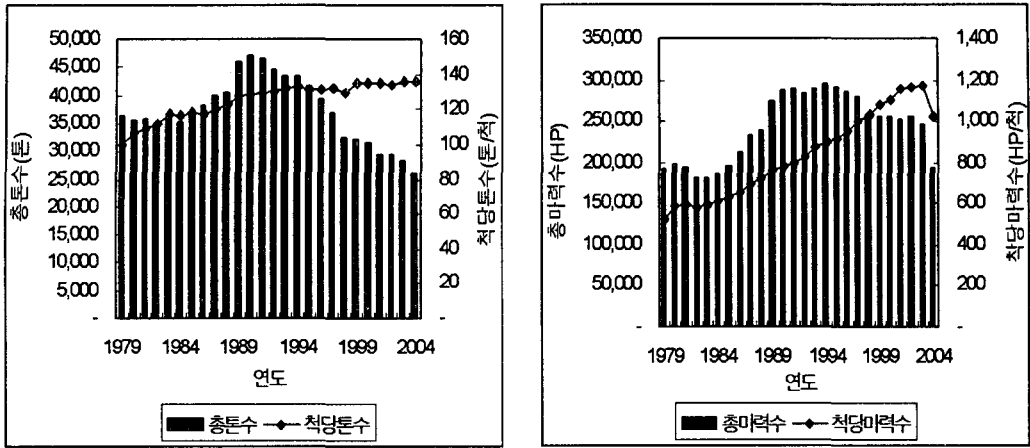


< 그림 1 > 대형선망어업의 어획량과 어선척수 변화

< 표 1 > 대형선망어업의 어종별 어획량 변화

	1978		1983		1988		1993		1998		2003		2004	
	어획량 (톤)	%	어획량 (톤)	%	어획량 (톤)	%	어획량 (톤)	%	어획량 (톤)	%	어획량 (톤)	%	어획량 (톤)	%
전체	178,467	100	328,028	100	409,708	100	283,577	100	205,037	100	158,662	100	220,004	100
고등어	85,421	48	119,508	36	154,948	38	156,573	55	148,892	73	113,121	71	175,831	80
정어리	47,539	27	134,270	41	129,444	32	24,645	9	5,661	3	14	-	169	-
전갱이	835	-	10,090	3	31,740	8	30,062	11	15,296	7	13,558	9	17,179	8
오징어	31	-	133	-	842	-	27,229	10	3,597	2	14,152	9	9,644	4
갈치	1,585	1	3,145	1	2,972	1	2,723	1	3,020	1	5,932	4	4,687	2
삼치	4,098	2	11,116	3	23,789	6	11,045	4	6,508	3	4,273	3	5,618	3
쥐치	19,989	11	29,016	9	41,787	10	226	-	596	-	183	-	19	-
기타	18,969	11	20,750	6	24,186	6	31,074	11	21,467	10	7,429	5	6,857	3

자료: 해양수산부, 「해양수산통계연보」, 각 연도.



〈 그림 2 〉 대형선망어업의 총톤수 및 마력수 그리고 어선척당 톤수 및 마력수 변화

업의 총어획량 가운데 고등어의 어획량 비중이 70% 이상(2004년에는 80% 수준)을 차지하고 있다. 이는 우리나라 고등어 총어획량의 대부분을 차지하고 있을 뿐만 아니라, 고등어 어획량이 대형선망어업의 총어획량 변화를 주도하고 있음을 알 수 있다.

대형선망어업의 실질적인 어획능력 지표라 할 수 있는 어선척수, 톤수 및 마력수의 연도별 변화를 살펴보면 〈 그림 1 〉과 〈 그림 2 〉에서 보는 바와 같다. 즉, 어선척수는 1990년 367척을 기점으로 이후 지속적인 감소추세에 있다. 이러한 어선척수의 감소에 따라 다른 어획노력량 요소들의 변화도 어선척수의 변화와 유사하다. 우선 총톤수의 경우 어선척수와 마찬가지로 1990년 약 47,000톤을 최고치로 이후 지속적으로 감소하고 있다. 그리고 총마력수의 경우는 꾸준히 증가한 후 1994년을 기점으로 감소경향에 있지만, 다른 어획노력량 요소들의 변화와 달리 감소율이 크지 않은 것이 특징적이다.

하지만 대형선망어업의 어선별 어획능력 변화를 분석해 보면, 〈 그림 2 〉에서 보는 바와 같이, 대형선망어업의 전체적인 어선척수의 감소에도 불구하고 어선척당 톤수 및 마력수는 계속 증가추세에 있는 것으로 분석되었다(2004년도 어선척당 마력수는 2003년에 비해 다소 감소). 즉, 대형선망어업 어선들의 실질적인 어획강도는 계속 증강되고 있음을 알 수 있다. 특히 자원량 대리지표라 할 수 있는 대형선망어업의 톤당, 마력당, 그리고 양망당 CPUE가 2004년도 이전까지는 계속 하락하는 것으로 분석되어 대형선망어업의 어획대상 자원량 수준은 다소 감소경향에 있는 것으로 추정되었다.<sup>13)</sup>

13) 고등어 자원량은 1985년까지 약 30만 톤 수준이었으며, 1986년 38만 톤 수준으로 증가하여 1987~1989년 40~46만 톤 수준에 이른 후 1990년대에는 약 35만 톤으로 다소 감소하였다. 하지만 1992년부터 자원량이 다시 증가하기 시작하여 1995년 55만 톤, 1996년에는 66만 톤으로 최대의 수준에 달한 후 1997년 이후 점차 감소하여 2002년에는 약 35만 톤 수준에 이르렀다(최영인 외 4인, 2004a).

〈 표2 〉 대형선망어업의 톤당, 마력당, 그리고 양망당 CPUE 변화

연 도	톤당 CPUE <sup>1)</sup> (어획량/톤수)	마력당 CPUE <sup>1)</sup> (어획량/마력수)	양망당 CPUE <sup>2)</sup> (어획량/양망횟수)
1978	6.2	1.3	16.5
1983	9.2	1.8	13.3
1988	10.1	1.7	15.4
1993	6.5	1.0	16.7
1998	6.3	0.8	18.0
2003	5.6	0.6	14.1
2004	8.5	1.1	27.6

자료: 1) 해양수산부, 「해양수산통계연보」, 각 연도

2) 국립수산물과학원(2004b)에서 조사한 대형선망어업 자료

따라서 어획대상 자원량의 감소경향에도 불구하고 대형선망어업의 어선별 어획강도는 오히려 증가되는 것으로 평가되어 간접적으로는 대형선망어업에서 과잉어획능력 현상이 발생하고 있을 것으로 판단된다.

PTP 방법과 DEA 방법을 이용하여 대형선망어업의 어획능력을 측정하기 위해 사용된 산출물 자료로서는 어획량 자료를 이용하였다. 그리고 투입물 자료로서는 기본적으로 실질적인 투입 어획노력량으로 평가되고 있을 뿐만 아니라 선행연구들에서도 주로 사용되고 있는 어선척수, 톤수 및 마력수 자료를 이용하였다.<sup>14)</sup>

보다 구체적으로 PTP 방법에 있어서는 1978년~2004년간의 어획량과 투입 어획노력량 변수별 시계열 자료를 이용하였다. 그리고 분석기법의 특성상 어선척수, 톤수 및 마력수 각 변수에 대해서 대형선망어업의 어획능력을 측정하였다. 또한 변수별 어획능력 측정에 있어서는 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  $\pm 0.03$ 씩 변하는 것으로 가정하였다. 그리고 산출물(어획량) 대 투입물(투입변수) 비율에 있어서는 식 (4)에서 언급된 HP 필터(Hodrick - Prescott Filter)기법을 이용하여 경제적인 변화요인의 영향을 최소화하였다.

DEA 방법에 있어서는 연도별 대형선망어업의 개별 어선에 대한 투입량과 어획량 자료가 활용가능하지 않았기 때문에 1978년~2004년간의 어획량과 투입 어획노력량

14) 대형선망어업은 일반적으로 '통'이라고 하는 6~7척으로 구성된 선단을 이루어 조업을 하고 있다. 현재 우리나라에서는 대형선망어선 약 33통 정도가 조업 중이다. 따라서 PTP와 DEA 기법을 이용한 대형선망어업의 어획능력 분석에 있어서는 '통' 별 어획노력량(통수, 통별 톤수 및 마력수 등) 자료를 이용하는 것이 보다 현실적일 수 있다. 하지만 통계자료(해양수산부, 「해양수산통계연보」)에서는 '통' 별 자료가 아니라 개별어선들의 척수, 톤수 및 마력수를 합계한 대형선망어업의 총어선척수, 총톤수 및 총마력수 자료만을 제시하고 있다. 이러한 자료 활용상의 한계로 인해 본 연구에서는 '통' 별 자료를 활용하지 못하고, 「해양수산통계연보」상의 어획노력량 자료를 이용하였다.

변수별 시계열 자료를 이용하였다. 즉, **PTP** 방법과 마찬가지로 대형선망어업의 전체 투입요소별 자료와 총어획량 자료를 이용하여 1978년~2004년간의 연도별 대형선망어업 전체의 어획능력을 측정하였다. 이에 따라 대형선망어업 전체의 연도별 어획능력 변화를 분석하는 것이 가능하게 되었다. 또한 **DEA** 방법에서는 앞서 살펴본 바와 같이, 모든 투입 어획노력량 변수를 한꺼번에 사용하여 어획능력을 측정하는 것이 가능하기 때문에 본 연구에서는 어선척수, 톤수 및 마력수 변수 외에 자원량 대리지표인 대형선망어업의 양망당 **CPUE**도 함께 투입변수로 사용하여 자원량을 고려한 대형선망어업의 어획능력을 측정해 보았다.

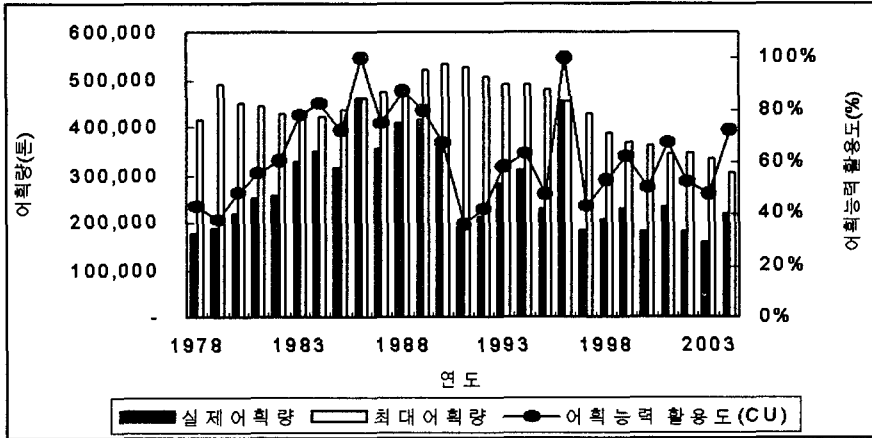
### Ⅲ. 분석 결과

분석 결과에 있어서는 각 방법에서 분석된 대형선망어업의 어획능력 측정 결과를 비교하였다. 특히 **PTP** 방법에 의한 분석 결과에 있어서는 각 투입변수들의 결과치를 서로 비교 분석하여 어획능력 측정을 위한 합리적인 변수를 선택해 보고자 하였다. 그리고 **DEA** 방법에 의한 분석 결과에 있어서는 어획능력 측정 결과를 검토하여 과잉어획능력 정도를 파악하고, 이와 더불어 **DEA** 측정 결과에 대한 민감도 분석을 통해 목표 어획량 수준에 대한 투입 어획노력량 요소들의 감축범위를 추정해 보았다.

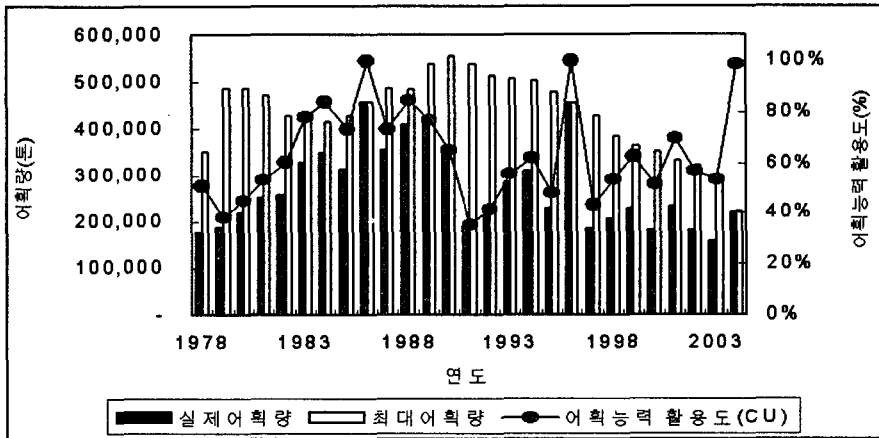
우선 **PTP** 방법을 이용하여 대형선망어업의 어획능력을 분석한 결과 <그림 3>에서 보는 바와 같이, 투입 어획노력량 요소별 대형선망어업의 연도별 최대 어획량(프론티어 어획량)이 추정되었다. 따라서 이에 대한 실제 어획량과의 비교를 통해 대형선망어업의 어획능력이 측정되었다. 투입 어획노력량 요소별에 따른 최대 어획량에 대한 실제어획량 비율인 어획능력 활용도(**CU**)의 변화를 살펴보면 거의 비슷한 추세를 띄고 있는 것으로 나타났다. 즉, 대형선망어업의 총어획량 변화와 마찬가지로 1986년 **CU**가 최고치를 기록한 이후 감소하다가 다시 1996년에 최고치를 기록한 후 재감소하는 형태를 나타내고 있다. 투입 어획노력량 요소별 1978~2004년간의 평균 **CU**는 약 63%로 거의 동일하게 나타났다. 반면, 지난 5개년 간의 평균 **CU**에서는 어선척수 및 톤수에 의한 **CU**가 약 59% 그리고 마력수에 의한 **CU**가 약 66%로 분석되었다. 특히 2004년도의 경우 어획량 증가와 투입 어획노력량의 감소로 인해 **CU**가 증가하였는데, 구체적으로 2004년도 어선척수에 의한 **CU**는 72%, 마력수 및 톤수에 의한 **CU**는 각각 99%와 76%로 추정되었다. 이에 따라 마력수에 의한 과잉어획능력의 수준은 낮은 것으로 평가되었지만, 어선척수와 톤수에 의한 어획능력 측정에서는 24~28% 정도의 과잉어획능력이 존재하는 것으로 분석되었다.

여기서 한 가지 특이한 점으로, 2004년도 마력수에 의한 **CU** 비율이 다른 투입 어획

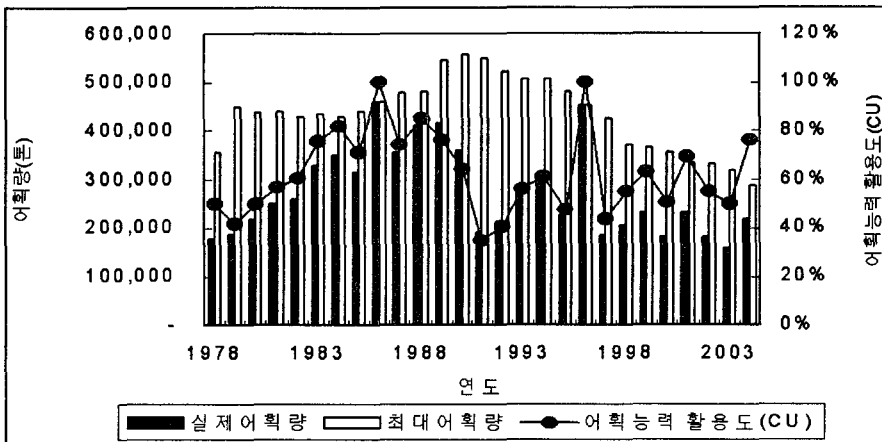
우리나라 근해어업의 어획능력추정에 관한연구



(a) 어선척수에 의한 어획능력 활용도 변화

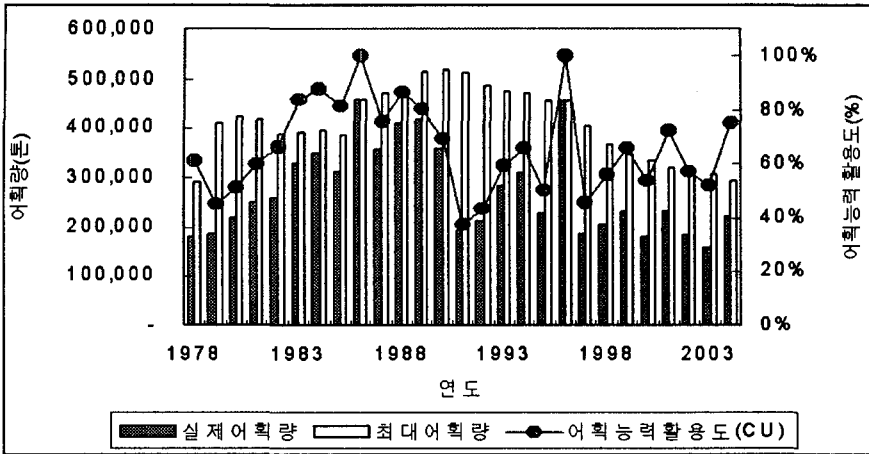


(b) 마력수에 의한 어획능력 활용도 변화



(c) 돈수에 의한 어획능력 활용도 변화

< 그림 3 > PTP 방법에 의한 투입 어획노력량 변수별 어획능력 활용도 변화



〈그림 4〉 DEA 방법에 의한 대형선망어업의 어획능력 활용도(CU) 변화

노력량 요소인 어선척수 및 마력수에 의한 CU 비율과 크게 다르게 나타난 것은 어획량 변화에 따른 각 투입요소들의 감소비율이 다르게 변했기 때문이다. 즉, 〈그림 3〉에서 보는 바와 같이, 2003년까지는 투입 어획노력량 요소별 CU의 비율이 거의 동일하게 변화하고 있는데, 이는 연도별 어획량 수준 변화에 따른 투입요소들의 증감비율이 거의 동일하였기 때문이었다. 하지만 2004년도의 경우 어획량 증감에 따른 투입 어획노력량 요소별 변화 비율을 살펴보면 2004년도 어획량 증가에 반해 어선척수 및 톤수는 2003년도에 비해 약 10% 정도 감소한 것으로 나타나 2003년보다 CU의 비율이 높게 나타난 것이었다. 이에 반해 마력수는 2003년도 수준에 비해 무려 20%나 감소한 것으로 나타나 다른 투입요소들에 비해 투입 감소율이 컸고, 그 결과 CU가 아주 높게 분석되었다.

DEA 방법을 이용하여 대형선망어업의 어획능력을 분석한 결과는 〈그림 4〉에서 보는 바와 같다. DEA 방법에 의한 최대 어획량(어획능력) 수준의 변화를 살펴보면, 어획노력량 투입요소들의 변화에 따라 최대 어획량 수준이 변하고 있는 것으로 분석되었다. 즉, 최대 어획량은 1980년 약 42만 톤을 기점으로 이후 감소경향을 보이다가 어선수가 증가하고, 이에 따른 톤수 및 마력수가 크게 증가된 1990년도에 약 52만 톤으로 최고치를 기록하였다. 하지만 이후 어획노력량 요소별 투입량 감소에 따라 최대 어획량 수준도 감소하는 경향을 보이고 있다. 이에 반해, 실제 어획량은 최대 어획량의 변화와 관계없이 변하고 있는데, 최대 어획량으로 측정된 시기와 달리 1986년 약 46만 톤의 최고치를 기록한 후 이후 감소하다 다시 1996년 약 45만 톤으로 급증한 이후 감소추세에 있다.

이러한 최대 어획량에 대한 실제 어획량의 비교로부터 측정된 대형선망어업의 연도



별 CU는 1986년 100% 수준에 이른 후 감소하다 1996년 다시 100%를 기록한 이후 감소하는 추세에 있는 것으로 나타났다. 분석 결과, 1978~2004년 기간동안의 평균 CU는 약 66% 수준으로 나타났다. 그리고 지난 5년간과 3년간의 평균 CU는 각각 약 62%와 61%로 측정되어 장기적인 과잉어획능력 현상이 지속되고 있는 것으로 분석되었다. 하지만 최근 2004년의 경우에는 2003년도에 비해 투입 어획노력량 수준의 감소에도 불구하고 어획량은 오히려 증가하여 2003년도에 비해 CU가 크게 증가한 것으로 나타났다(2003년 52% → 2004년 76%).

이러한 DEA 방법에 의한 어획능력 측정 결과를 PTP 방법 하의 투입 어획노력량 요소별 대형선망어업의 어획능력 측정 결과와 비교해 보면 거의 비슷한 변화를 보이고 있는 것으로 분석되었다. 하지만 2004년도의 경우 앞서 살펴본 바와 같이, PTP 방법 하에서 어선척수 및 톤수에 의한 CU가 비슷하게 나타났고, 마력수에 의한 CU가 높게 측정되었다. DEA 분석 결과에서는 어선척수 및 톤수에 의한 CU 변화와 거의 유사하게 측정되어 마력수에 의한 CU와는 다소 차이가 있는 것으로 추정되었다. 그리고 1978~2004년 기간 및 지난 5년간의 평균 CU 비율이 거의 유사하여 두 방법 하에서 모두 대형선망어업의 어획능력이 과잉인 것으로 평가되었다. 즉, 이는 실제 어획량을 산출할 수 있는 것보다 대형선망어업의 어획능력이 훨씬 크다는 것이고, 유향 어획능력이 존재한다는 것을 의미한다.

이와 같이 대형선망어업에서 과잉어획능력이 존재하고 있는 이유는 이미 앞서 살펴본 바와 같이, 무엇보다 개별 대형선망어선들의 투입 어획노력량 수준이 크게 높아졌기 때문이다. 그리고 이러한 개별 어선의 어획강도 증가에도 불구하고 어획량은 어업 자원량 감소 등의 변화에 따라 비례적으로 증가되지 않았기 때문이다. 특히, 주로 해황 등 해양환경에 영향을 많이 받는 부유어종을 주된 어획대상으로 하는 대형선망어업의 경우 연도별 자원량 변화에 따른 어획량 증감현상으로 인해 어획능력 활용도도 연도별로 큰 편차를 보이는 것으로 분석되었다.

이 외에도 Pascoe *et al.*(2004)이 지적한 바와 같이, 어획량 제한정책으로 인해서 조업할 수 있는 어획량 수준이 크게 통제될 경우에도 어획능력은 크게 제한될 수 있다. 대형선망어업에 있어서는 주요 어획대상종인 고등어, 전갱이, 그리고 정어리가 지난 1999년부터 총허용어획량(Total Allowable Catch : TAC) 제도<sup>15)</sup>에 의해 어획량이 통제되어 오고 있다. 따라서 TAC 제도 시행이 대형선망어업의 어획능력 제한에도 다소

15) TAC 제도는 어획 가능한 총어획량을 미리 정하고 당해어업 어업인들로 하여금 정해진 어획량만을 어획하게 함으로써 자원량의 증가를 도모하는 어업관리정책이다. 우리나라에서는 1999년 처음으로 어획량이 많고 산업적 비중이 큰 대중어종인 고등어, 전갱이, 정어리, 그리고 자원감소가 현저하여 보호가 필요한 정착성 어종인 붉은대게 4개 어종을 대상으로 TAC 제도가 시행되었다. 2005년 현재 대게, 개조개, 키조개, 제주도 소라, 꽃게가 포함되어 총 9개 어종이 TAC 제도에 의해 관리되고 있다.

영향을 주었을 것으로 판단되며, 향후 TAC 물량이 더 큰 폭으로 제한된다면 대형선망어업의 과잉어획능력 비율은 더욱 커질 것으로 전망된다.<sup>16)</sup>

위에서 설명한 PTP 방법과 DEA 방법으로 분석된 최근 2004년도 대형선망어업의 CU는 약 75%로 나타났다. 이는 2004년도 어획량 220,004톤을 어획하기 위해서는 현재 대형선망어업 어획능력의 75% 수준으로도 어획할 수 있음을 의미한다. 따라서 나머지 25%의 어획능력은 유휴 어획능력으로 어업활동에 대한 통제가 제대로 이루어지지 않을 경우 어획경쟁이 더욱 과도해 질 수 있고, 그 결과 대상 어업자원에 대한 어획압력이 더욱 커질 수 있는 우려가 있다. 뿐만 아니라 유휴 어획능력에 대한 추가적인 어업비용 발생은 대형선망어업의 경영상태를 악화시킬 수 있는 요인으로 작용할 우려도 있다. 특히 최근의 동향과 같이 유류비, 인건비, 어선 및 어구 수선비 등 어업비용의 급증으로 인해 어업경영상황이 악화되고 있는 점을 고려할 때 유휴 어획능력 감축은 어업경영 개선을 위하여 반드시 필요하고 시급한 일이다.

대형선망어업의 과잉어획능력 감축 수준을 보다 실증적으로 분석하기 위하여 본 연구에서는 DEA 분석 결과에 대한 민감도 분석(sensitivity analysis)을 추가적으로 실시해 보았다. 민감도 분석에 있어서는 우선 2004년도 어획량을 기준으로 과잉어획능력 감축을 위한 투입 어획노력량 요소들의 감축 범위를 추정하였다. 분석 결과, 2004년 현재의 투입 어획노력량 수준에서 어선척수 24%, 톤수 26%, 그리고 마력수가 29% 정도 감축되면 CU가 100% 수준을 달성하여 유휴 어획능력이 존재하지 않는 것으로 평가되었다.

하지만 2004년도 어획량을 기준으로 대형선망어업의 어획능력 감축 수준을 정하고 이에 따라 어획능력을 감축시키게 되면 향후 자원량 증가에 따라 어획량 수준이 높아지더라도 더 이상 어획할 수 없게 될 우려가 있다. 즉, 2004년을 기준으로 목표 어획능력을 설정한 것은 단기적인 목표치는 될 수 있지만 장기적인 목표치는 될 수 없다. 장기적으로 어획능력은 어업자원의 특성에 따른 최대 어획량이 지속적으로 생산될 수 있는 수준에서 유지되어야 하므로 대형선망어업의 최대 지속적 어획량(Maximum Sustainable Yield : MSY)을 구하고, 이에 따른 어획능력 감축 수준을 구하는 것이 바람직하다.

대형선망어업의 MSY는 전체 어획량 중 고등어의 어획량이 약 56%(1978~2004년 평균)를 차지한다는 가정 하에서 최영민 외 4인(2004b)의 연구결과로부터 추정된 고

16) TAC 제도 시행실적을 살펴보면 대형선망어업의 대상어종인 고등어, 정어리의 경우 TAC 어획량 소진율이 100% 미만으로 TAC 제도에 따른 어획량 제한폭이 크지 않았다. 하지만 2004년 이후 TAC 물량 소진율이 크게 상승하고 있고, TAC 물량에 대한 실제 어획량의 꾸준한 감시·감독이 이루어짐에 따라 어획량 통제 효과가 조금씩 이루어지고 있는 것으로 판단되며, 향후 TAC 물량이 현재보다 큰 폭으로 제한될 경우 어획량 통제 효과는 더욱 커져 어획능력이 크게 제한될 수 있을 것이다.

등어의 MSY를 대형선망어업 MSY의 56%로 가정하여 계산하였다. 그리고 이 MSY 값을 DEA 측정 결과에 대입하여 민감도 분석한 결과, 2004년 현재 수준에서 어선척수는 15%, 톤수 및 마력수가 각각 18%와 21% 정도 감소되어야 하는 것으로 분석되었다.

#### IV. 요약 및 결론

PTP 방법과 DEA 방법을 활용하여 우리나라 대형선망어업의 어획능력을 측정해 본 결과 최근 2004년도를 기준으로 했을 경우 두 방법 하에서 모두 대형선망어업의 어획능력이 약 24~28% 정도 과잉된 것으로 분석되었다. 특히 1978~2004년 기간동안에는 평균 34~38% 정도의 과잉어획능력이 존재하는 것으로 분석되어 연도별로 차이는 있지만 지속적으로 어획능력의 과잉현상이 발생하고 있는 것으로 나타났다. 이는 이미 수산경제학 이론에서도 지적한 바와 같이 어업에서의 어획능력 과잉현상이 우리나라 대형선망어업에서도 동일하게 존재하고 있는 것으로 분석된 것이다. 이에 따라 보다 경쟁력 있는 어업발전을 위해서는 과잉어획능력 감축을 위한 정책적 노력이 필요한 것으로 나타났다.

측정방법별로 분석결과를 요약해 보면, PTP 방법 하에서는 투입 어획노력량 요소별로 대형선망어업의 어획능력 측정치가 거의 비슷하게 측정되었다. 하지만 예외적으로 2004년도의 경우에는 어선척수와 톤수에 의한 어획능력 측정치는 비슷하게 나타난 반면 마력수에 의한 최대 어획량에 대한 실제 어획량 비율 즉, CU가 아주 높게 측정되었다. 이는 어획량 수준 변화에 따른 투입 어획노력량 요소들의 감소비율이 서로 상이하였기 때문이었다. Zheng and Zhou(2005)는 자신들의 연구결과를 바탕으로 PTP 방법 하에서 투입 어획노력량 요소 중 마력수가 가장 좋은 투입지표라고 주장하였다. 그러나 본 연구결과를 바탕으로 할 때, 투입 어획노력량 요소들의 연도별 증감 변화율이 다를 수 있기 때문에 어느 특정 투입요소에 의한 어획능력 측정치가 가장 좋은 것이라고 판단하는 것은 바람직하지 않은 것으로 나타났다. 오히려 활용가능한 모든 투입변수에 의한 어획능력을 측정하고, 각 결과치를 비교 분석한 다음 투입변수별에 따른 감축수준을 고려하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이 경우에는 특히 어획능력 감축을 위한 투입변수별 감축방안을 마련할 수 있어 정책적으로도 보다 많은 시사점을 제공해 줄 수 있을 것이다.

DEA 분석에 의한 대형선망어업의 어획능력 측정결과는 PTP 방법 하의 어선척수 및 톤수에 의한 어획능력 측정결과와 거의 유사하게 나타났다. 그리고 DEA 측정결과에 대한 민감도 분석 결과, 2004년도 현재 어획량을 기준으로 했을 경우 어선척수가 24%, 톤수 26%, 그리고 마력수가 29% 정도 감축되어야 하는 것으로 나타났다. 또한

대형선망어업의 MSY를 기준으로 했을 경우에는 2004년 현재 수준에서 각 투입 어획 노력량 요소별 감축범위가 어선척수는 15% 그리고 톤수 및 마력수가 각각 18%와 21% 정도로 분석되었다. Zheng and Zhou(2005)은 어획능력 측정에 있어 시계열 자료를 이용할 경우에는 PTP 기법이 그리고 특정 연도의 자료를 이용할 경우 DEA 기법이 이상적인 방법이라고 제안하였다. 하지만 본 연구결과 시계열 자료를 활용할 경우에도 DEA 방법에서 보다 다양한 투입요소들을 함께 고려할 수 있고, 또한 민감도 분석을 통해 유희 어획능력의 감축수준도 추정할 수 있기 때문에 DEA 방법을 충분히 활용할 수 있을 것이다.

과잉어획능력 감축을 위해서는 흔히 감척사업을 통해 어선척수를 줄이거나, 어업관리수단을 이용해 어획량이나 어획노력량 수준을 통제하는 방안이 강구되고 있다. 미국은 2009년까지 연근해 어업의 어획능력을 25% 감축시킨다는 목표 아래 어업허가제(limited license), 어획량 통제 제도, 어선감척사업 등을 통해 이를 추진하려고 계획하고 있다(NMFS, 2004). 향후 우리나라 어획능력 감축을 위한 정책수립에 있어서는 우선적으로 어업별 어획능력을 보다 정확히 측정하고, 이를 바탕으로 어업별 투입 어획노력량 수준에 따른 어획능력 감축수준을 결정해야 한다. 여기에 있어서는 특히 어업별 목표 어획능력에 맞추어 어선감척, 톤수 및 마력수 제한, 조업일수 제한, 어업허가 축소 등 다양한 감축수단 중 당해어업의 여건에 맞는 방안을 강구하여 어획능력을 감축해 가야 할 것이다.

마지막으로 본 연구의 한계점으로서는 대형선망어선에 대한 관련 자료가 활용 가능하지 않아 어선별 어획능력 측정이 불가능하였다. 어선별 어획능력 측정이 이루어지면 어선별 어획능력 활용도 비교를 통해 어선별 생산성 향상을 위한 구체적인 정책적 방안을 강구할 수 있을 것이다. 또한 어선별 경제적인 자료가 수집되면 경제적인 개념에 대한 어획능력 측정이 가능해질 수 있어 합리적인 비용수준에 대한 구체적인 어선별 어획능력 감축범위를 파악할 수 있을 것이다. 이를 통해서서는 특히 어선별 경영상황을 개선시킬 수 있는 정책적 방안 등 지속적이고 경영안정적인 대형선망어업 발전을 위한 정책적 시사점을 보다 풍부하게 얻을 수 있을 것이다.

또한 어획능력 측정을 위한 분석기법에 있어서 PTP와 DEA 기법은 투입물과 산출물 자료를 이용하여 어획능력을 비교적 쉽게 측정할 수 있는 장점이 있었다. 그러나 PTP 방법은 단일 투입자료를 사용할 수밖에 없는 단점이 있어 다양한 투입 요소에 따른 어획능력 측정이 불가능하였다. 또한 DEA 기법은 확정적(deterministic) 모형이기 때문에 추정된 산출물에 대한 통제가 불가능한 확률적 오차 등의 무작위적 영향들이 모두 비효율로 간주되게 된다. 따라서 비효율성의 수준이 실제보다 과장되게 나타날 수 있는 문제점이 있을 수 있다. 이러한 기법들의 한계점을 극복하기 위해서는 확률적

프론티어분석(Stochastic Frontier Analysis : SFA) 기법을 활용할 수 있다. 하지만 SFA 기법을 사용하기 위해서는 변수별에 대한 많은 양의 자료가 필요하다. 필요한 관련 자료를 수집하여 SFA 기법에 의한 분석이 가능해지고, PTP 및 DEA 기법에 의한 결과치들과 비교해 간다면 어업별 어획능력을 보다 정확히 측정할 수 있고, 어획능력 감축을 위한 방안도 보다 효과적으로 강구할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 국립수산과학원, 수산자원회복계획심포지엄, 해양수산부, 2004a.
- 국립수산과학원, 한국근해 2005년도 TAC 대상어종에 대한 어획동향 분석 및 자원상태 평가, 국립수산과학원, 2004b.
- 김용민, “자료포락분석(DEA)에 의한 지역사회복지관의 상대적 효율성 측정”, 한국지방자치학회보, 제6권, 제3호, 2004, pp. 133 - 153.
- 왕세종 · 강민석, 주택가격의 지역간 상관관계 분석 연구: 수도권 아파트 가격을 중심으로, 한국건설산업연구원, 2004. p. 85.
- 지유나 외 2인, “DEA 로지스틱 회귀분석을 이용한 정보화 촉진기금 융자사업의 효율성분석”, 기술혁신연구, 제12권 제1호, 2004, pp. 25 - 48.
- 최영민 외 4인, “한국 근해 고등어의 생태학적 특성치 및 자원량 변동”, 한국수산자원학회지, 6(2), 2004a, pp. 79 - 89.
- 최영민 외 4인, “한국 근해 고등어의 자원평가 및 관리”, 한국수산자원학회지, 6(2), 2004b, pp. 90 - 100.
- 해양수산부, 해양수산물통계연보, 각 연도.
- Anderson, L. G., *The Economics of Fisheries Management*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore. 1986.
- Charnes, A. et al., “Measuring the efficiency of decision making units”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, 1978, pp. 429 - 444.
- Clark, C. W., *Mathematical Bioeconomics*, John Wiley & Sons, Inc. 1990.
- Coelli, T., *A Guide to DEAP Version 2.1 : A Data Envelopment Analysis(Computer) Program*, CEPA Working Paper 96/08, 1996.
- Coglan, L., et al., “Physical versus harvest based measures of capacity : the case of the UK vessel capacity unit system”, *In proceedings of the IIFET 2000 Conference*. Oregon, USA, 2000.
- DFO, Economic and Commercial Directors Committee, *Report of the working group on capacity measurement*. Canada Department of Fisheries and Oceans, Ottawa. 1990.
- FAO, *The State of World Fisheries and Aquaculture*, 2004a.
- FAO, *Measuring and assessing capacity in fisheries : Basic concepts and management options*. FAO Fisheries Report. No. 433/1. Rome, 2004b.
- FAO, *Measuring and assessing capacity in fisheries : Issues and methods*. FAO Fisheries

- Report. No. 433/2. Rome, 2004c.
- FAO, *Report of the Technical Consultation on the Measurement of Fishing Capacity*. FAO Fisheries Report. No. 615. Rome, 2000.
- FAO, *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. 1999.
- FAO, *Report of the Technical Working Group on the Management of Fishing Capacity*, FAO Fisheries Report. No. 586. Rome, 1998.
- FAO, *Report of the Consultation on the Management of Fishing Capacity, Shark Fisheries and Incidental Catch of Seabirds in Longline Fisheries*. FAO Fisheries Report. No. 593. Rome, 1998.
- Färe, R. *et al.*, *Production Frontiers*. New York: Cambridge University Press. 1994.
- Färe, R. *et al.*, "Measuring plant capacity utilization and technical change : a non - parametric approach", *International Economic Review*, Vol. 30, 1989, pp. 655 - 666.
- Farrell, M., "The measurement of productive efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society Series*, 120, 1957, pp. 253 - 281.
- Gordon, H. S., "The economic theory of a common - property resource : the fishery", *Journal of Political Economy*, 62, 1954, pp. 124 - 142.
- Hsu, T., *Simple Capacity Indicators for Peak to Peak and Data Envelopment Analyses of Fishing Capacity - Preliminary Assessment*, AGR/FI/RD(2000)9, COFI, 2000.
- Johansen, L., *Production functions and the concept of capacity*. Namur: Centre d'Etudes et de la Recherche Universitaire de Namur. 1968.
- Kirkley. J. E. *et al.*, "Excess Capacity and Asymmetric Information in Developing Country Fisheries : The Malaysian Purse Seine Fishery", *Amer. J. Agr. Econ.*, Vol. 85(3), 2003, pp. 647 - 662.
- Kirkley. J. E. *et al.*, "Assessing Capacity and Capacity Utilization in Fisheries When Data are Limited", *North American Journal of Fisheries Management*, Vol. 21, 2001, pp. 482 - 497.
- Kirkley, J. and D. Squires, *Capacity and Capacity Utilization in Fishery Industry*, FI:MFC/99 Background document 20, Technical Consultation on the Measurement of Fishing Capacity. Mexico, 1999.
- Kirkley. J. E. *et al.*, "Assessing Technical Efficiency in Commercial Fisheries: The Mid - Atlantic Sea Scallop Fishery", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol. 77, 1995, pp. 686 - 697.
- Mattiasson, T., "Why Fishing Fleets Tend to be Too Big", *Marine Resource Economics*, Vol. 11(3), 1996, pp. 173 - 179.
- Morrison, C. J., "Primal and dual capacity utilization: An application to productivity measurement in the U.S. automobile industry", *Journal of Business and Economic Statistics*, Vol. 3, 1985a, pp. 312 - 324.

- Morrison, C. J., "On the economic interpretation and measurement of optimal capacity utilization with anticipatory expectations", *Review of Economic Studies*, Vol. 52, 1985b, pp. 295 - 310.
- National Marine Fisheries Service(NMFS), *United States National Plan of Action for the Management of Fishing Capacity*. NOAA, August, 2004.
- Nelson, R., "On the measurement of capacity utilization", *Journal of Industrial Economics*, Vol 37(3), 1989, pp. 272 - 286.
- Pascoe, S. *et al.*, *Measuring and appraising capacity in fisheries: Framework, analytical tools and data aggregation*. FAO Fisheries Circular No. 994. Rome. 2004.
- Pascoe, S. *et al.*, "Physical versus harvest - based measures of capacity: the case of the United Kingdom vessel capacity unit system", *ICES Journal of Marine Science*, Vol 58, 2001, pp. 1243 - 1253.
- Pascoe, S. and Coglán, L., "Implications of differences in technical efficiency of fishing boats for capacity measurement and reduction", *Marine Policy*, Vol. 24, 2000, pp. 301 - 307.
- Wallace, D and R. Dion., *Industry capacity utilization rates in Canada : New Methodology*. Statistics Canada Working Group Paper. Ottawa, Canada. 1993.
- Ward, J. *et al.*, "The Relationship of Fish Harvesting Capacity to Excess Capacity and Overcapacity", *Marine Resource Economics*, Vol. 19, 2005, pp. 525 - 529.
- Ward, J. and R. Metzner, *Fish Harvesting Capacity, Excess Capacity & Overcapacity*, FAO Fisheries Report No. 691. 2002.
- Zheng, Y. and Y. Zhou, "Measures of the Fishing Capacity of Chinese Marine Fleets and Discussion of the Methods", *Journal of Oceanography*, Vol. 61, 2005, pp. 623 - 630.

김도훈

## **Measurement of Fishing Capacity of Offshore Fisheries in Korea**

Kim, Do-Hoon

### **Abstract**

Reducing fishing capacity is one of current issues in the international fisheries. This is because that increased fishing capacity has caused not only fish stocks to be depleted, but also additional fishing costs to be incurred, which resulted in reduction of economically viability of fisheries. For this reason, FAO adopted 'the International Plan of Action for the Management of Fishing Capacity' in 1999 and recommended member countries to estimate fishing capacity and to implement the policy to reduce fishing capacity.

This study is aimed to measure fishing capacity of the Large Purse Seines Fishery that is one of offshore fisheries in Korea using both Peak - to - Peak Analysis and Data Envelopment Analysis in order to provide a policy information for preparation of domestic plan of action for the management of fishing capacity. The results of PTP Analysis were almost similar to those of DEA Analysis. The DEA results showed that the capacity utilization in 2004 was about 75%, it was obvious the capacity did not utilize enough. The sensitivity analysis on DEA results indicated that 24% of the number of ships, 26% of the tonnages, or 29% of the horse powers should be reduced if the present catch remained. In addition, if the catch remains at the MSY base level of large purse seines, the analysis suggested that the number of ships, tonnages and horse powers should be reduced by 15%, 18%, and 21% respectively.

key words : Fishing Capacity, Peak to Peak Analysis, Data Envelopment Analysis, Fishery Management
--