

대계 연안자망어업의 경제적 적정 어구사용량 분석

김도훈* · 안희춘** · 이경훈**

Analyzing Optimal Economic Fishing Efforts of the Coastal Snow Crab Gillnet Fishery

Kim, Do-Hoon*, An, Heui-Chun** and Lee, Kyoung-Hoon**

< 목 차 >

I. 서 론	IV. 요약 및 결론
II. 분석 방법 및 자료	참고문헌
III. 분석 결과	Abstract

I. 서 론

최근 국제적으로 어업자원의 회복에 대한 필요성이 증가하고 있는 가운데 감소된 어업자원의 회복을 위한 다양한 어업관리정책들이 추진되고 있다. 자원회복정책 중에서는 어획량 제한정책(예, TAC, ITQ 등)과 더불어 특히 어획노력량에 대한 제한정책의 필요성이 크게 대두되고 있다¹⁾. 이는 어획노력량에 대한 철저한 제한 및 통제가 이루어지지 않을 경우 어획노력량의 과다 사용으로 인해 어업자원의 남획, 어업인 및 업종간의 조업분쟁, 그리고 추가적인 어업경비의 증가 등 부정적인 영향이 초래될 수 있기 때

접수 : 2008년 8월 1일 최종심사 : 2008년 8월 23일 게재확정 : 2008년 9월 5일

*국립수산과학원 수산경제실(Corresponding author: 051-720-2081, kimdh@nf.rdi.re.kr)

**국립수산과학원 수산공학과

1) 일본의 수산자원회복계획 수립 및 운영에 있어서도 실효성 있는 자원회복수단의 하나로 어획노력량관리제도(Total Allowable Effort)를 설정하여 어획노력량이 초과되지 않도록 관리함으로써 대상자원의 원활한 회복을 도모하고 있다(日本水産省, 2002). 그리고 EU의 수산자원회복계획 운영에 있어서도 자원회복수단으로서 어획노력량 규제를 보다 강화하고 있는데, 예를 들어 마력-조업일수(kilowatt days) 제한을 모든 회복대상 어종에 적용하고 있을 뿐만 아니라 25% 이상 어획노력량 수준을 감소시킨 어선에 대해서만 보조금을 지불해 주고 있다(European Commission, 2003).

문이다. 따라서 어획노력량 규제를 통한 어업자원의 실질적인 회복과 지속적이고 경영안정적인 어업발전을 도모하기 위해서는 업종별 어획노력량 수준에 대한 정확한 실태조사와 적정 어획노력량 수준에 대한 분석이 반드시 선행되어야 한다.

국내에서도 어업자원의 회복을 위한 다양한 어업관리정책이 수립되고 있는데, 그 중에서도 어획노력량에 대한 관리가 크게 강화되고 있다. 이는 현재 우리나라 업종별 초과 어획강도 수준이 약 10~30% 정도로 다소 높은 것으로 평가되어 어업자원의 회복 및 관리를 위해서는 적정 어획강도를 유지하는 것이 무엇보다 시급하기 때문이다 (해양수산부, 2001). 또한 어구를 둘러싼 업종간 어업분쟁을 조정하고, 적정 어구사용량을 통한 어업경영의 안정을 위해서도 초과 어획노력량 수준을 감소시키는 것이 필요하기 때문이다. 이에 따라 2005년도에 연근해어업 업종별 어구사용량을 새로이 설정하였고, 업종별로 2006~2007년부터 이를 본격적으로 시행해 오고 있다.

연근해어업의 어구사용량 설정은 어구 과다 사용으로 인한 조업분쟁 및 어업경비 과다지출, 어구 무단방치 등으로 자원남획 및 어장오염 등을 초래하고 있는 자망, 통발(장어통발, 기타통발), 그리고 문어단지 등을 우선 대상으로 하였다. 어업별 어구사용량 설정 기준은 자망의 경우 설치하는 어구의 총 길이로 그리고 통발의 경우는 설치하는 어구의 총 개수로 설정하였다. 구체적인 어업별 어구사용량 제한내용을 살펴보면, 어업별로 톤급(8~20톤 미만, 20~40톤 미만, 그리고 40톤 이상)으로 나누어 각각의 사용량을 설정하였고²⁾, 연안어업의 경우 근해어선 최저 사용량의 범위 내에서 해당 시·도지사가 지역별 특성에 맞게 어구사용량을 설정하도록 하였다(해양수산부, 2005).

하지만 새로운 어구사용량에서는 어업별로 평균 40~50% 정도의 어구사용량 감축을 목표로 하고 있을 뿐만 아니라 어업별로 연근해어업의 구분이 모호하고, 톤수뿐만 아니라 어구사용량을 설정하고 있는 등 그 실효성에 의문이 제기되고 있다. 특히 어업경영에 대한 영향을 고려하지 않고 어구사용량이 설정되어 경영안정적인 어업발전을 도모하기 어렵다는 문제점이 지적되고 있다(한국수산신문사, 2008). 따라서 보다 정확한 어업별 어구사용량 제한을 어업관리 정책적으로 추진하기 위해서는 업종별 어업실태에 대한 충분한 조사를 통해 적정 어구사용량을 설정하는 것이 무엇보다 선행되어야 할 것이다. 어업자원의 회복 및 관리를 위해 적정 어구사용량을 설정함에 있어서는 어업자원에 대한 영향정도를 고려하여 MSY 등 생물학적 기준에 따르는 것이 중요하다.

2) 자망어업의 적당 어구사용량은 톤급별로 12~16km 이내로 하고, 30% 범위 내에서 예비어망의 적재를 허용하도록 하였다(다만, 대계를 포획하는 동해안의 경우 해역특성을 고려하여 어선척당 톤급별로 35~70km까지 사용토록 하였음). 그리고 기타통발어업은 톤급별로 적당 어구사용량을 2,500~5,000개 이내로 설정되었고, 어구 설치간격은 10m 이내로 하였다. 또한 장어통발의 경우 톤급별로 3,200~7,000개 이내로 하였으며, 문어단지는 적당 어구사용량을 7,000개 이내로 설정하였다.

그러나 생물학적 기준 외에도 경영안정적인 어업발전을 위해 어업경영에 대한 영향분석을 바탕으로 적정 어구사용량을 설정하는 것도 필요하다.

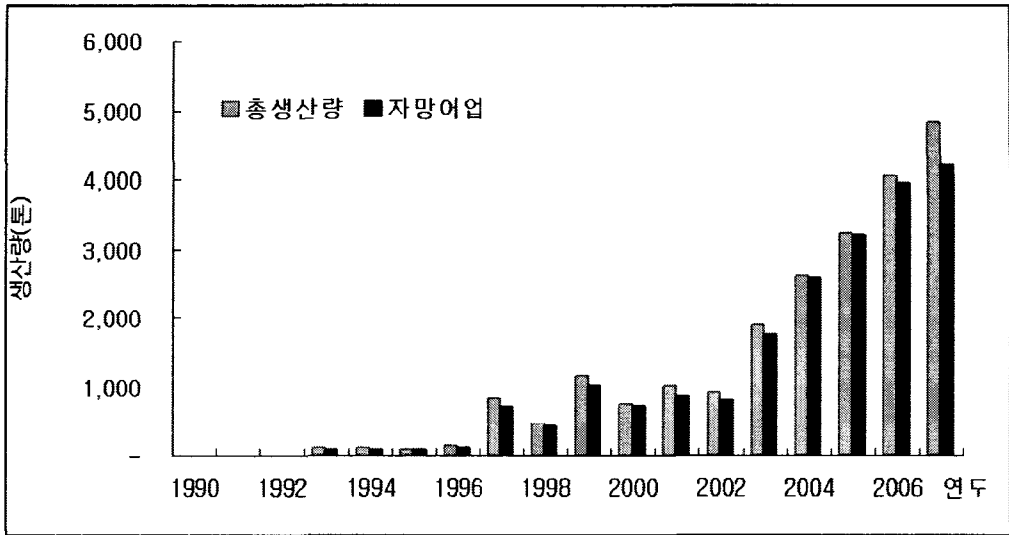
이러한 배경 하에서 본 연구에서는 최대 어구사용량 설정과 운용에 있어 논란이 많은 자망어업 중 동해안 대게 연안자망어업을 대상으로 지속적 어업수입과 비용함수 추정을 통해 최대경제적생산량(Maximum Economic Yield, MEY) 기준의 적정 어구사용량(E_{MEY}) 수준을 분석하고자 하였다. 그리고 추정된 MEY 기준의 어구사용량(E_{MEY}) 수준을 현재의 어구사용량(E_0) 수준과 최대지속적생산량(Maximum Sustainable Yield, MSY) 기준의 어구사용량(E_{MSY}) 수준, 그리고 자유어업(Open Access) 하에서의 어구사용량(E_{OA}) 수준 등과 비교해 봄으로써 대게 자망어업의 어구사용량 설정을 위한 정책적 기초 자료를 제공해 주고자 한다. 본 연구의 구성으로는 우선 제2장에서 분석에 사용된 자료와 방법을 소개하였다. 그리고 제3장에서는 분석방법에 따른 결과를, 마지막 제4장에서는 분석된 결과를 요약하고, 어구사용량 설정 및 향후 관리를 위한 정책적 시사점과 연구의 한계점을 언급하면서 본 연구를 마무리하였다.

II. 분석 자료 및 방법

1. 대게 자망어업

대게(*Chionoecetes opilio*)는 우리나라 동해, 오토츠크해, 베링해, 북태평양 및 북대서양의 북아메리카 대륙에 많이 서식하고 있는 것으로 알려져 있다. 그리고 우리나라 동해에서는 수심 100~500m에 주로 서식하고 있는 것으로 조사되고 있다(국립수산과학원, 2005). 대게의 어획량은 <그림 1>에서 보는 바와 같이, 2000년대 이후부터 증가하기 시작하여 2007년 현재 약 4,800톤 수준이다. 우리나라 동해안 대게는 자망, 기선저인망, 트롤, 통발어업 등 여러 연근해 어업에 의해 어획되고 있지만, 특히 자망어업에 의한 생산량이 전체 생산량의 90% 이상을 차지하고 있다. 자망어업 중에서는 연안자망과 근해자망의 평균 생산비중이 각각 80%와 20%로 연안자망의 비중이 높지만, 최근 들어서는 근해자망의 생산비중이 증가하고 있는 추세이다.

동해안 대게 자망어업의 어획기간은 12월 1일부터 다음해 5월 31일까지이고, 대게 자망어업은 그물(자망)을 바다 속에 일정기간 동안 설치한 후 그물에 걸려있는 대게를 어획하는 상당히 수동적인 어법 중의 하나이다. 대게 연안자망어선의 경우 보통 당일 출어를 행하고 있으며, 출어시 기존 수중에 설치된 어구 일부를 양망한 다음 다시 새로운 자망을 투망하고 귀항하는 조업형태를 취하고 있다. 따라서 자망 어구사용량이 대게 생산량과 직접적인 관련이 있으며, 결국 대게 자망어선의 어업경영에도 직접적



〈그림 1〉 대계의 총생산량과 자망어업 생산량의 연도별 변화(1990 - 2007년)

인 영향을 미치는 아주 중요한 요소이다.

2. MEY 어구사용량

어업에 있어 최대경제적생산량(MEY)은 경제적 어업이익이 가장 크게 되는 생산량(어획량) 수준으로, 이 생산량을 산출하기 위한 어획노력량(E) 수준이 MEY 기준의 적정 어구사용량(E_{MEY}) 수준이 된다. 수산경제학적으로 말하면 어획노력량 수준에 따른 한계비용과 한계수입이 일치하는 점에서의 생산량이 MEY가 되고, 이때의 어획노력량 수준이 E_{MEY} 가 된다. 일반적으로 수산경제학 연구에 있어서 MEY 기준의 적정 어구사용량은 우선 어업자원의 특성에 따른 어구사용량 수준에 대한 생산함수를 추정하고, 이를 바탕으로 어업수입함수를 도출하고, 그리고 어선별 어업비용함수 추정을 통해 분석된다(Conrad, 1999; Clark, 1990; Anderson, 1986).

특히 적정 어구사용량 추정에 있어서는 활용 가능한 자료의 수준에 따라 여러 가지 분석기법을 사용할 수 있는데, 대상 어업자원에 대한 생물학적 자원평가모델 자료가 활용 가능할 경우 어업경제모델과 함께 생물경제모델(bioeconomic model)을 구축하여 어구사용량 변화에 따른 자원량 및 어획량 변화를 동태적으로 분석할 수 있다(Helser *et al.*, 1996; Overholtz *et al.*, 1995 등). 뿐만 아니라 동태적인 MEY 기준의 어구사용량 수준도 분석이 가능하다(Edwards and Murawski, 1993 등). 이에 반해 활용 가능한 자료가 부족할 경우 자료의 수준에 따라 어획량과 어구사용량, 그리고 어업경제적인 자료를 이용하여 어구사용량에 대한 지속적 생산함수와 비용함수를 추정

함으로써 정태적인 분석이 가능하다(Nance *et al.*, 2006; Sun, 1999; Yew and Heaps, 1996 등).

3. 분석 자료

대게 자망어업에 대한 경제적으로 가장 효율적인 적정 어구 사용량을 분석하기 위해서는 앞서 살펴본 바와 같이, 생물학적인 자원평가자료, 어선별 연도별 연간 생산량, 총어구사용량, 비용, 시장가격 등에 대한 충분한 자료가 필요하다. 하지만 현재 대게 연안자망어업에 대한 이러한 자료들은 공식적으로 전혀 부재한 실정이다. 단지 최근 국립수산과학원 수산공학과에서 2007년 조업기간 동안 경상북도 후포지역 대게 연안자망어선(6톤 내외의 총 18척)들을 대상으로 조사한 출어당 조업일지만이 활용 가능하여 본 연구의 분석 자료로 사용하였다. 출어당 조업일지에는 표본어선들의 출어당 생산실적(어획마리수)과 사용어구수(자망폭수), 조업인원, 수심, 어장위치 등에 대한 자료가 기록되어 있다(〈표 1〉 참조).

〈표 1〉 표본어선 주요 조업자료의 기초통계량

	평균값	표준편차	최대값	최소값
톤수(톤)	6.29	0.88	6.67	5.15
마력수	323	45.94	405	238
조업인원(명)	3	0.5	4	2
어구사용량(폭)	36	5.3	40	24
어획마리	375	82.1	518	246

표본어선별 자료에 대한 분석 결과, 표본어선의 평균 톤수와 마력수는 각각 6.29톤과 323마력으로 나타났으며, 조업인원은 평균 3명으로 조사되었다. 또한 어선별 출어당 어구사용량(자망폭수)은 평균 36폭, 그리고 어획량은 375마리로 조사되었다. 이 외에 본 연구에서는 조업일지 자료를 작성한 동일한 표본어선에 대한 어업비용 조사를 추가적으로 실시하여 출어당 어구사용량에 따른 비용함수 추정을 위한 자료를 수집하였다. 대게의 시장가격은 후포수협 과거 3년간의 위판실적 자료를 이용하여 마리당 가격(5,200원)을 조사하고 분석에 이용하였다.

4. 분석 방법

본 연구에서는 활용 가능한 자료의 한계상 생물경제모델(bioeconomic model) 구축을 통한 동태적 MEY와 E_{MEY} 를 분석하는 것이 불가능하였다. 따라서 표본자료를 이용하여 어구사용량에 대한 정태적인 생산함수와 비용함수를 추정하여 MEY 기준의 적정 어구사용량(E_{MEY})을 분석하였다. 그리고 수집된 자료의 특성상 대게 연안자망어선

의 연간 생산함수 추정을 통한 어구사용량 분석을 실시하지 못하고, 대신에 출어당 경제적으로 가장 효율적인 어구사용량(E_{MEY}) 수준을 분석하였다. 그리고 이를 바탕으로 자망의 설치 및 침지일수를 감안한 어선별 적정 총 어구사용량 수준을 추정해 보았다. MEY 기준의 적정 어구사용량(E_{MEY})을 분석하기 위해서는 앞서 언급한 바와 같이, 어구사용량(자망폭수)에 대한 생산함수와 비용함수가 우선 추정되어야 한다. 그리고 추정된 어업수입함수와 비용함수를 이용하여 어구사용량(E)에 대한 한계비용과 한계수입이 일치하는 점에서 MEY와 E_{MEY} 를 파악할 수 있게 된다.

어업수입함수의 추정에 있어서는 우선 선행연구(Nance *et al.*, 2006; Conrad, 1999; Yew and Heaps, 1996; Anderson, 1986) 등에서 사용된 방법에 따라 어업자원의 성장함수와 어획함수를 가정한 어구사용량(E) 수준에 따른 쉐퍼(Schaefer) 모델의 Yield - Effort 지속적 생산함수를 도출하였다³⁾. 즉, 어업자원의 성장함수 [$G(X)$]를 일반적인 쉐퍼의 로지스틱(logistic) 함수형태로 가정할 경우 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$G(X) = r \cdot X \cdot \left(1 - \frac{X}{K}\right) \quad (1)$$

여기서, X 는 자원량, $G(X)$ 는 어업자원의 성장량, r 은 자원의 본원적 성장률 (intrinsic rate), 그리고 K 는 최대 자원량 수준을 의미한다. 그리고 어구사용량(E)과 자원량(X)에 대한 어획함수 [$Y(E, X)$]를 일차식으로 표현하면 식 (2)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y(E, X) = q \cdot E \cdot X \quad (2)$$

여기서, q 는 어획능률계수(catchability coefficient) 그리고 E 는 어구사용량 수준을 의미한다. 성장함수와 어획함수를 동일하게 놓고 어업자원량(X)에 대해 정리하면 어구사용량 수준에 따른 균형 자원량 함수식을 구할 수 있고, 이를 다시 식 (2)에 대입하면 아래 식 (3)과 같은 지속적 생산함수를 도출할 수 있게 된다.

$$Y(E, X) = q \cdot E \cdot K \cdot \left(1 - \frac{q \cdot E}{r}\right) \quad (3)$$

식 (3)을 보다 간편하게 정리하기 위해 $(q \cdot K) = a$ 그리고 $\left(\frac{q^2 \cdot K}{r}\right) = b$ 라 두면, Yield - Effort 지속적 생산함수는 다음의 식 (4)과 같이 나타낼 수 있게 된다.

3) Coppola and Pascoe(1998)는 쉐퍼모델의 Yield - Effort 지속적 생산함수 외에 Fox 모델, Gompertz 지수모델 등에 대한 생산함수 추정방법을 소개하고 실증분석을 시도하였다.

$$Y = a \cdot E - b \cdot E^2 \quad (4)$$

그리고 식 (4)에서 양변을 어구사용량(E)에 대해 나누면 다음의 식 (5)과 같이 어구 사용량(E)에 대한 일차식으로 나타낼 수 있게 된다.

$$\frac{Y}{E} = a - b \cdot E \quad (5)$$

여기에 표본 어선들의 어획량 자료와 어구사용량 자료를 대입하여 통상최소자승법(OLS)을 이용하면 지속적 생산함수의 결정계수인 a 와 b 의 값을 구할 수 있게 된다. 또한 식 (4)에서 어구사용량(E)에 대해 일차 미분을 하여 계산하면 최대지속적생산량(MSY) 수준에서의 어구사용량(E_{MSY})과 이 점에 해당하는 MSY를 구할 수 있게 된다. 최종적으로 어업수입함수는 식 (4)의 생산함수(Y)에 시장가격(p)을 곱함으로써 구할 수 있다.

대게 자망어선별 어구사용량에 대한 어업비용(TC)은 우선 어선의 어업운영에 따른 총비용(고정비 + 변동비)을 구하고, 여기에 평균 어구사용량(E)을 나누면 사용어구 단위당 기회비용(opportunity cost, c)이 구해지게 된다. 이에 따라 어선별 어구사용량에 대한 어업비용(TC)은 간단히 아래 식 (6)에서와 같이 사용어구 단위당 기회비용(c)과 어구사용량(E)의 곱으로 나타낼 수 있다⁴⁾.

$$TC = c \cdot E \quad (6)$$

이러한 대게 자망어선의 어구사용량(E)에 대한 추정된 어업수입함수와 비용함수를 이용하여 어구사용량(E)에 대한 한계비용과 한계수입이 일치하는 점($\frac{dTR}{dE} = \frac{dTC}{dE}$)에서 경제적으로 가장 적정한 생산량(MEY)과 어구사용량(E_{MEY})을 파악할 수 있게 된다. 하지만 어선별로 출어당 비용, 특히 어구 파손 및 분실에 따른 어기(漁期) 중의 어구수리비 및 보충비의 차이가 어선별로 커서 대게 자망어선의 경제적 적정 어구사용량(E_{MSY}) 수준을 추정하는데 있어 불확실성이 큰 것으로 우려되었다.

이에 따라 본 연구에서는 이러한 불확실성을 최대한 고려하기 위해 몬테카를로(Monte Carlo) 시뮬레이션기법을 추가적으로 이용하여 대게 자망어선의 적정 어구사

4) Milon, et al.(1999)은 플로리다 Spiny Lobster에 대한 생물경제모델을 활용하여 적정 어구사용량(trap)을 분석하는 연구에서 다양한 어업비용함수에 대한 추정을 행하였다. 위의 식 (4)에서 가정한 바와 같이, 사용어구 단위당 기회비용(c)을 구하고, 어구사용량(E)을 곱하는 비용함수의 경우 모든 조업 비용은 사용어구량에 의해 결정되므로 근본적으로 변동비의 성격을 가지게 된다고 지적하고 있다. 이 때문에 이러한 비용함수는 장기적인 어구사용량 분석에 있어서 적절한 형태이며, 특히 다른 연구(Nance et al., 2006; Conrad, 1999; Clark, 1990; Anderson, 1986 등)에서 이미 널리 사용된 바와 같이, Yield - Effort 지속적 생산함수를 사용한 분석에 있어 유용한 형태라고 설명하였다.

용량(E_{MSY}) 수준을 분석하였다. 시뮬레이션 분석에 있어서는 표본 어선들의 출어당 평균 비용에 대한 정규분포를 가정하고, 변수는 어기(漁期) 중 표본어선별 어구수리비 및 보충비의 최대값과 최소값을 포함할 수 있도록 평균값을 중심으로 $\pm 5\%$ 의 범위로 설정하였다. 이를 바탕으로 출어당 비용 차이에 따른 대게 자망어선의 MEY 적정 어구사용량(E_{MEY}) 수준을 평가해 보았다. 그리고 이미 앞서 언급한 바와 같이, 식 (3)으로부터 MSY와 E_{MSY} 를 계산할 수가 있고, 어업수입곡선과 비용곡선이 만나는 점에서 자유어업(open access) 하의 생산량(Y_{OA})과 어구사용량(E_{OA}) 수준 또한 각각 분석할 수 있게 된다.

III. 분석 결과

1. 출어당 생산함수

표본어선의 출어당 생산량과 어구사용량(E)을 식 (5)에 대입하여 대게 자망어선의 출어당 지속적 생산함수를 추정한 결과, 결정계수 a 와 b 의 값은 통계적으로 아주 유의한 것으로 나타났다(〈표 2〉 참조). 그리고 식 (3)에서 어구사용량(E)에 대해 일차 미분하여 E 에 대해 정리하면 식 (7)에서 보는 바와 같이 최대지속적생산량(MSY)와 그때의 어구사용량(E_{MSY}) 수준이 각각 구해지게 된다. 즉, 출어당 어구사용량(E)을 E_{MSY} 수준까지 증가시키면 생산량은 그에 따라 증가하지만, 그 이후부터는 어구사용량(E)을 증가시키더라도 출어당 생산량은 줄어들게 된다.

〈표 2〉 출어당 생산함수의 OLS 분석결과

변수	결정계수	표준오차	p-값
상수	14.94513	1.3099	0.0000
E	-0.111514	0.0355	0.0018
Adj. R-squared	0.24 ($F=9.87, p\text{-값}=0.001$)		
표본수(N)	308		

$$E_{MSY} = \frac{a}{2b} = 67(\text{폭}) \text{과 } MSY = \frac{a^2}{4b} = 501(\text{마리}) \quad (7)$$

2. 출어당 비용함수

출어당 조업일지와 경영조사 자료를 바탕으로 대게 연안자망어선의 출어당 평균 조업비용은 〈표 3〉에서 보는 바와 같이 계산되었다. 연안자망어선의 출어당 총비용은 1,475.7천 원으로 조사되었는데, 항목별 비용에 있어서는 조업특성상 어구비 관련비

〈 표 3 〉 대게 자망어선의 출어당 비용

내용	비용(천원)	비중(%)
유류비	143.0	9.7
주부식비	30.0	2.0
수리비(어선, 엔진 등)	24.5	1.7
어구비(어기 초)	491.2	33.3
어구수리비 및 보충비(어기 중)	86.0	5.8
인건비	515.7	34.9
감가상각비(어선)	73.5	5.0
기타경비(수수료, 보험료 등)	111.8	7.6
합계	1,475.7	100.0

용(자망 제작 및 설치비, 보충비, 수리비 등)의 비중이 약 39% 정도로 가장 높은 것으로 나타났다. 다음으로 인건비의 비중이 약 35%, 유류비 9.7% 순으로 나타났다. 인건비의 경우 평균 2명 정도를 고용하여 조업하며, 출어당 어업수입에서 출어경비를 차감한 후 선주와 약 5:5의 비율로 분배하여 지급되는 형태를 띠고 있다. 감가상각비는 선박과 엔진 등 각 내용연수에 대한 감가상각비를 연간 총 출어횟수로 나누어 출어당 감가상각비로 계산하였다.

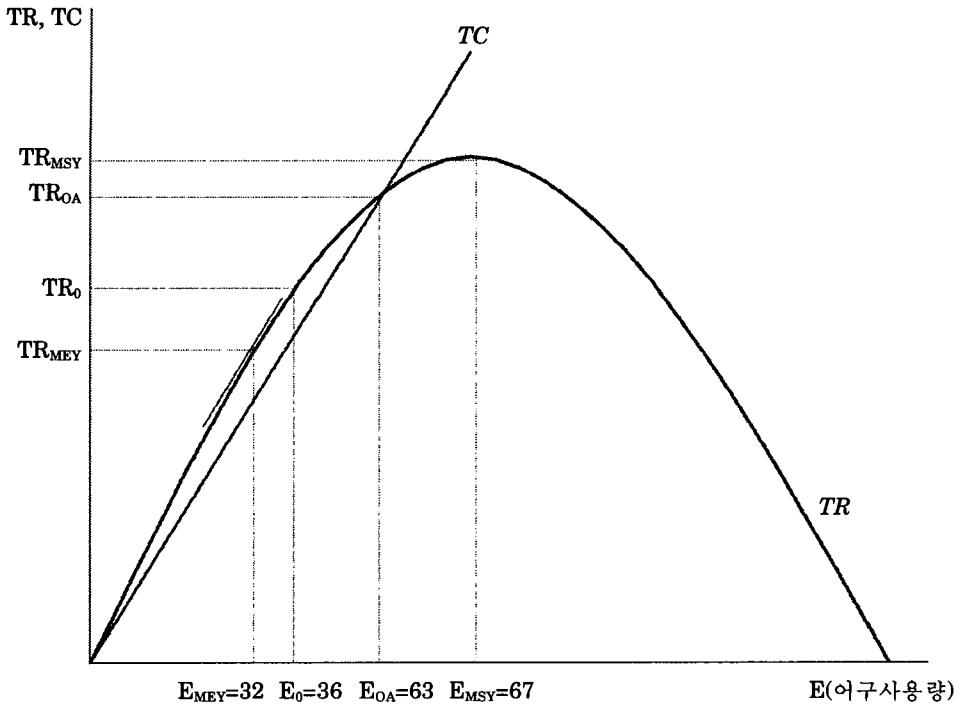
그리고 수리비에는 어구 관련비용을 제외한 엔진 및 어선 수리 등의 출어당 비용이 포함되었다. 표본 자망어선의 출어당 평균 어구사용량은 〈 표 1 〉에서도 조사된 바와 같이, 약 36폭 정도로 나타나 식 (6)의 어구사용량(E)에 대한 출어당 비용함수(TC)는 다음의 식 (8)과 같이 분석되었다.

$$TC = 40,995 \cdot E \quad (8)$$

3. 경제적 적정 어구사용량(E_{MEY}) 분석

추정된 대게 연안자망어선의 출어당 어업수입함수와 비용함수를 어구사용량(E)에 대한 그래프로 나타내면 〈 그림 2 〉와 같이 나타낼 수 있다. 그리고 현재의 평균 생산량(Y_0)과 어구사용량(E_0) 수준, 그리고 추정된 값에 따른 어업이익(π)의 변화를 요약하여 나타내면 아래의 〈 표 4 〉와 같다. 그림과 표에서 보는 바와 같이, 대게 자망어선의 출어당 MEY 와 E_{MEY} 는 한계수입과 한계비용이 일치하는 점에서 364마리와 32폭으로 각각 분석되었다. 그리고 어업이익이 영(0)으로 되는 자유어업 하에서의 생산량(Y_0)과 어구사용량(E_0)은 어업수입곡선(TR)과 어업비용곡선(TC)이 만나는 점에서 결정되어 각각 499마리와 63폭으로 평가되었다.

〈 표 4 〉에서도 보는 바와 같이, 출어당 어구사용량을 현재 수준(E_0)에서 E_{MEY} 수준



〈그림 2〉 대게 자망어선의 출어당 E_{MEY} , E_0 , E_{OA} , 그리고 E_{MSY} 수준

〈표 4〉 어구사용량 수준에 따른 어업생산 및 경영수익의 비교

(단위 : 마리, 푼, 천원)

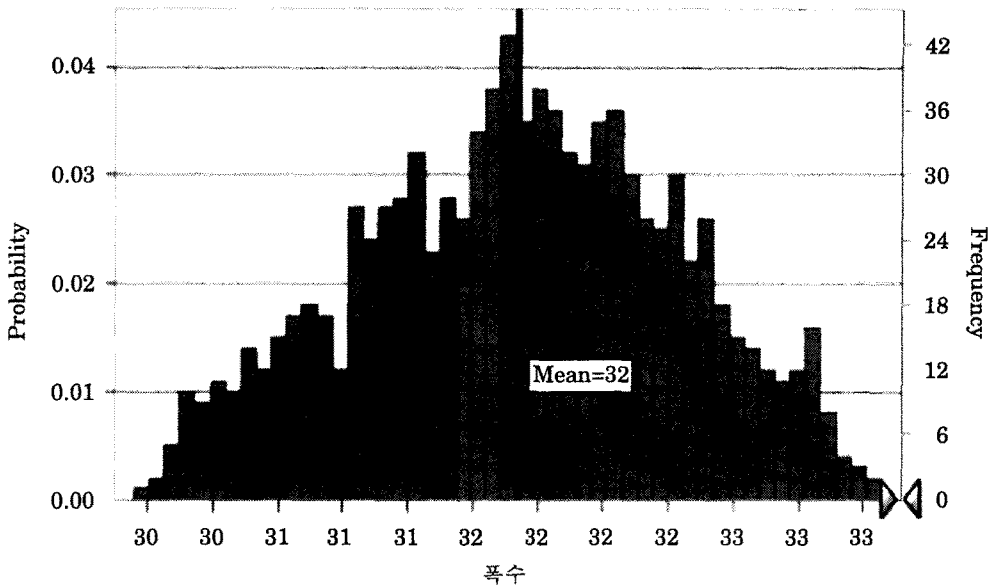
	E_0	E_{MSY}	E_{MEY}	E_{OA}
Y	394	501	364	499
E	36	67	32	63
TR	2,046.2	2,603.8	1,893.1	2,595.9
TC	1,475.8	2,746.6	1,311.8	2,595.9
π	570.4	$\Delta 142.8$	581.3	-
E/E_{MEY}	1.13	2.09	1.00	1.97

으로 약 13% 정도 줄임으로써 출어당 평균 어업비용을 약 11% 정도 줄일 수 있다. 이로 인해 출어당 어업이익은 오히려 2% 정도 증가할 수 있게 된다. 현재 어구사용량 (E_0) 수준은 E_{MSY} 와 E_{OA} 수준보다는 낮으며, E_{MSY} 일 경우 어업이익은 오히려 마이너스가 되는 것으로 나타났다. E_{MSY} 수준에서 E_{MEY} 로는 어구사용량이 약 52% 그리고 E_{OA} 수준에서는 E_{MEY} 로 약 49% 정도 줄어들어야 하는 것으로 분석되었다.

4. 어선별 조업비용 불확실성에 따른 몬테카를로 시뮬레이션 분석 결과

다음으로 어선별 어구비 차이에 따른 출어비용의 불확실성을 고려하기 위해 몬테카

대게 연안자망어업의 경제적 적정 어구사용량 분석



〈그림 3〉 어선별 조업비용 차이에 따른 몬테카를로 시뮬레이션 분석 결과

를로 시뮬레이션 분석을 이용하여 **MEY** 적정 어구사용량(E_{MEY}) 수준을 추가적으로 분석해 보았다. 분석에 있어서는 앞서 설명한 바와 같이, 표본 어선들의 출어당 평균 비용에 대한 정규분포를 가정하고, 출어비용 변수는 어기(漁期) 중 표본 어선별 어구 관련비용(수리비 및 보충비 등)의 최대값과 최소값을 포함할 있도록 평균값을 중심으로 $\pm 5\%$ 의 범위로 설정하였다.

분석 결과, 어선별 출어비용의 차이에 따라 출어당 **MEY** 적정 어구사용량(E_{MEY})의 범위는 아래 〈그림 3〉에서 보는 바와 같이, 앞서 분석된 평균 32폭을 중심으로 최소 30폭에서 최대 33폭으로 추정되었다. 이에 따라 어구사용량의 감축범위는 어선별에 따라서는 현재 평균 수준에서 최소 8% 그리고 최대 17% 정도까지 가능할 것으로 분석되었다.

5. 어선별 총 어구사용량(자망길이) 분석 결과

다음으로 추정된 출어당 어구사용량 수준을 바탕으로 후포지역 대게 연안자망어선 별 총 어구사용량을 분석해 보면, 아래 〈표 5〉에서 보는 바와 같이, 현재 출어당 평균 어구(자망)사용량 36폭을 기준으로 투망에서 양망까지의 자망 설치 및 침지기간 (평균 12.5일)을 고려하면 평균 총 450폭이 된다. 여기에 자망폭당 길이 65~75m를 곱하면 어선별 자망어구 총 사용량(자망길이)은 29,250~33,750m 정도가 된다. 그리고 추정된 E_{MEY} 기준으로 자망의 설치 및 침지기간을 고려하면 어선별 총 어구사용량

〈표 5〉 어선별 총 어구사용량(자망길이) 분석 결과

	E_0	E_{MEY}	E_{MEY}^*
출어당 어구사용량(폭)	36	32	30~33
평균 침지시간(일)	12.5	12.5	12.5
총 사용폭수(폭)	450	400	375~412.5
자망폭당 길이(m)	65~75	65~75	65~75
총 자망사용량(m)	29,250~33,750	26,000~30,000	24,375~30,938

*몬테카를로 시뮬레이션 분석으로부터 추정된 MEY 적정 어구사용량(E_{MEY}) 범위

은 평균 400폭이 되고, 길이로는 26,000~30,000m이 된다. 또한 몬테카를로 시뮬레이션 분석에서 추정된 E_{MEY} (30폭~33폭)를 기준으로 하면, 어선별 총 어구사용량은 375~412.5폭 그리고 총 자망 길이로는 최소 24,375m에서 최대 30,938m이 된다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 후포지역 표본어선의 조업일지 자료를 이용하여 동해안 대게 연안자망어업의 경제적 적정 어구사용량 수준을 분석해 보았다. 분석에 있어서는 활용 가능한 자료의 특성상 출어당 생산함수를 추정하였다. 그리고 조사된 평균 시장가격을 곱하여 출어당 어업수입함수를 도출하였다. 출어당 어업비용은 표본어선별 경영조사 자료를 활용하여 어구사용량에 따른 비용함수를 추정하였다. 하지만 어업비용에 있어서는 어구 파손 및 분실 등에 따른 어구 관련비용(수리비 및 보충비)의 차이가 표본어선별로 큰 것으로 나타났다. 이에 따라 분석에 있어서는 우선 표본어선들의 평균 출어당 어구사용량에 따른 비용을 사용하여 MEY 적정 어구사용량(E_{MEY}) 수준을 평가하였다. 그리고 출어당 어선별 어구 관련비용 차이에 따른 E_{MEY} 추정의 불확실성을 고려하기 위해 몬테카를로 시뮬레이션 기법을 이용하여 E_{MEY} 수준을 추가적으로 분석하였다.

추정된 어업수입함수와 비용함수로부터 어구사용량에 대한 한계수입과 한계비용이 일치하는 점에서 출어당 최대경제적생산량(MEY)과 그 때의 어구사용량(E_{MEY}) 수준이 각각 분석되었다. 그리고 추정된 출어당 생산함수로부터 최대지속적생산량(MSY)와 어구사용량(E_{MSY})이 각각 분석되었다. 이 외에 자유어업(open access) 하에서의 생산량(Y_{OA})과 어구사용량(E_{OA}) 수준을 각각 평가하여 현재 어구사용량(E_0)과 비교하고, 어구사용량 감축범위를 검토하였다.

후포지역 표본어선들의 어구사용량에 대한 평균 출어비용을 사용하여 MEY 적정 어구사용량(E_{MEY}) 수준을 분석한 결과, E_{MEY} 는 현재 어구사용량 수준에서 약 13% 정도 감소되어야 하는 것으로 나타났다. 그리고 출어당 어선별 어구 관련비용 차이에 따른 몬테카를로 시뮬레이션 분석 결과, E_{MEY} 은 30폭~33폭으로 추정되어 현재 어구사

용량 수준에서 8%~17% 정도 감소되어야 하는 것으로 평가되었다. 즉, 현재 어구사용량을 E_{MEY} 수준까지 줄임으로써 생산원가를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 그 결과로 어업이익은 오히려 증가될 수 있는 것으로 나타났다.

또한 E_{OA} 추정 결과 어업경영이 성립될 수 있는 어구사용량은 현 수준에서 최대 75% 정도까지 증가될 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 E_{MSY} 수준(67푼)까지 증가시키면 어업이익은 오히려 마이너스가 되어 어업경영이 성립하지 않는 것으로 분석되었다. 현재 출어당 어구사용량(E_0) 수준은 E_{MEY} 보다 다소 높은 것으로 분석되었는데, 본 연구에서 추정된 E_{MEY} 의 값은 확정적인 과거 조업실적 자료를 분석하여 평가된 결론으로, 현실에서는 어획에 대한 불확실성 하에서 기대수익 증대를 위한 어구사용량 증가분과 이에 따른 추가비용으로 인한 어구사용량 억제분이 동시에 고려되어 현실적으로 나타난 수준이라고 판단된다.

현재 시행되고 있는 연근해 업종별 어구사용량 제한에서는 연안자망어업의 경우 근해어선의 최저 사용량인 12km 이내로 설정하도록 하고 있다. 하지만 동해안의 경우는 예외적으로 35km 이내로 제한하고 있으므로, 앞서 < 표 5 > 에서 분석된 바와 같이, 현재 어구사용량이나 MEY 적정 어구사용량(E_{MEY}) 수준은 이를 초과하지 않고 있다. 따라서 새로운 어구사용량 제한에 따라 동해안 대게 연안자망어업의 생산이나 경영에 미치는 영향은 미비할 것으로 예상된다.

하지만 본 연구에서는 활용 가능한 자료의 한계로 2007년도 조업자료에만 의거하여 어구사용량 수준을 분석한 것으로 생산량과 시장가격, 그리고 어업비용 등의 변화에 따른 동태적인 분석이 이루어지지 못하였다. 또한 후포지역 표본어선만을 대상으로 분석하였기 때문에 같은 대게 연안자망어업이라도 어구사용량 수준을 달리하는 다른 지역의 어선을 포함하여 본 연구결과를 일반화하는 데는 한계가 있을 것으로 생각된다. 보다 정확한 적정 어구사용량 분석을 위해서는 향후 필요한 자료가 체계적으로 수집되고, 이를 활용한 동태적 어구사용량 분석과 관련 다른 지역에 대한 어구사용량 분석이 병행되어야 할 것이다.

마지막으로 어업자원의 회복 및 경영안정적인 어업발전을 위한 어획노력량 관리에 있어서는 어선별 어구사용량을 제한하는 것도 중요하지만, 어선감척 등을 통해 점진적으로 전체적인 당해어업의 어획능력 수준을 감소시켜 자원을 회복시키고, 어업경영을 개선해 나가는 정책적 노력이 병행되어야 할 것이다. 그리고 보다 실효성 있는 어구사용량 관리를 위해서는 어구사용에 대한 감시 및 감독이 철저히 시행되어 불법적인 어구사용량이 없도록 하는 정책적 노력이 반드시 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- 국립수산과학원, 한국 근해 **2006**년도 TAC 대상어종에 대한 어획동향 분석 및 자원상태 평가, 2005, pp.153 - 175.
- 한국수산신문사, 어구사용량 제한 실효성 의문, 2008.7.21.(<http://www.susantimes.co.kr>)
- 해양수산부, 근해어업의 종합적 구조개선에 관한 연구, 2001, p.484.
- 해양수산부, 연근해어업 어구사용량 설정 및 실명제 도입 확정(안), 2005, p.30.
- 全國漁業協同組合聯合會, 資源回復制度普及全國會議資料, 日本水産省, 2002, p.60.
- Anderson, L., *The Economics of Fisheries Management*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1986, p.298.
- Clark, C., *Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources*, John Wiley & Sons, Inc. 1990, p.404.
- Conrad, J., *Resource Economics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1999, p.223.
- Coppola, G. and Pascoe, S., "A Surplus Production Model with a Nonlinear Catch - Effort Relationship", *Marine Resource Economics*, Vol. 13, 1998, pp.37 - 50.
- Edwards, S. and Murawski, S., "Potential Economic Benefits from Efficient Harvest of New England Groundfish", *North American Journal of Fisheries Management*, Vol. 13, 1993, pp.437 - 449.
- European Commission, *A Long - term Approach to Fisheries Management*, 2003, p.98.
- Helser, T. et al., "An Age - Structured Bioeconomic Simulation of U.S. Silver Hake Fisheries", *North American Journal of Fisheries Management*, 16, 1996, pp.783 - 794.
- Milon, W., Larkin, S., and Ehrhardt, N., *Bioeconomic Model of the Florida Commercial Spiny Lobster Fishery*, Sea Grant Report, No. 117, Florida Sea Grant College Program, University of Florida, 1999, p.99.
- Nance, J. et al., *Estimation of Effort, Maximum Sustainable Yield, and Maximum Economic Yield in the Shrimp Fishery of the Gulf of Mexico*, The Gulf of Mexico Fishery Management Council, USA, 2006, p.85.
- Overholtz, W., Edwards, S., and Brodziak, J., "Effort control in the New England groundfish fishery: a bioeconomic perspective", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52, 1995, pp.1944 - 1957.
- Sun, C - H., "Optimal Number of Fishing Vessels for Taiwan's Offshore Fisheries: A Comparison of Different Fleet Size Reduction Policies", *Marine Resource Economics*, 13, 1999, pp.275 - 288.
- Yew, T. and Heaps, T., "Effort Dynamics and Alternative Management Policies for the Small Pelagic Fisheries of Northwest Peninsular Malaysia", *Marine Resource Economics*, 11, 1996, pp.85 - 103.

Analyzing Optimal Economic Fishing Efforts of the Coastal Snow Crab Gillnet Fishery

Kim, Do – Hoon, An, Heui – Chun, and Lee, Kyoung – Hoon

Abstract

The Korean government is in the establishment process of plan for managing fishing effort by setting up the maximum fishing gear usage per fishery type for the recovery of fishery resources, for the settlement of disputes between fishery sectors over fishing gears, and for the stability of fishing business condition. Especially in the setting up of the maximum fishing gear usage, economic standards as well as biological standards are being considered as a significant factor to promote the sustainable and economically viable development of fisheries.

This study is, thus, to analyze the optimal economic fishing gear usage (E_{MEY}) as the most economically efficient one for the coastal snow crab gillnet fishery, one of the most controversial sectors in establishing the maximum fishing gear usage. The data of logbooks per trip were used for concentrating on the estimation of E_{MEY} per trip because it was considered there were limitations of data available for analyses. As a finding drawn from the analyses, the optimal economic trap usage (E_{MEY}) of coastal snow crab gillnet vessels per trip has to be decreased by about 13%. That is, reducing the trip gillnet usage up to the level of E_{MEY} can lead to the reduction of trip fishing costs, thereby resulting in the increased trip profits.

key words : Optimal economic fishing effort, maximum economic yield, maximum sustainable yield, snow crab, fisheries management