수산경영론집, 제33권 제1호, 2002. 6

어업관리 옵서버 제도의 효과에 대한 생물경제학적 분석

이상고* · 김도훈**

Bioeconomic Analysis of Effectiveness of the Observe Program in Fisheries Management

Lee, Sang-Go · Kim, Do-Hoon

< 목 차 >

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 어업자의 어업활동과 옵서버 제도
1. 개별 어업자의 어업활동 분석
2. 옵서버 제도의 이윤 극대화 접근
3. 옵서버 제도의 어업 최적화 접근
Ⅲ. 옵서버 제도의 생물경제학적 분석
1. 총어업자(산업)의 어업활동 분석 및
2. 옵서버 제도의 균형자원 동태분석
Ⅳ. 요약 및 결론
참고문헌
Abstract

Ⅰ. 서 론

옵저버(observer) 제도는 공인된 옵저버를 조업어선에 승선시켜 총허용어획량 (TAC : total allowable catch)에 의한 자원관리에서 TAC 소진상태 및 어획상황 파악 · 보고, 수산자원의 평가와 어획특성 파악에 필요한 기초자료 수집 등을 수행하도록 하는 제도이다. 동 제도는 UN 해양법 협약에서 요구하고 있는 허용어획량 산정에 의한 어업자원관리를 수행하는 국가에서는 필수적으로 시행하는 제도로서 이미 구미의 여러 선진수산국가들이 실용적으로 채택하고 있다[1](소성권, 장창익, 2001).

옵서버 제도는 자원동태분석과 어종의 연령구조를 파악하는데 유용하게 사용되고, 어획된 어종에 대한 검사와 어구의 조사로부터 생산방법과 어구의 어획능률, 그리고 어종생태에 대한 파악을 하여 어업관리 규제방법에 대한 정책적 결정에 중요한 정보를 제공한다. 또한 본 제도는 어업관리방법의 변경, 어업허가제의 적정수준, 어업조업시기의 결정, 어업금지구역의 설정과 그 시기, 적정 혼획율의 설정, 어구의 사용 및 어선의 어업활

접수 : 2002년 2월 8일, 게재확정 : 2002년 5월 4일
* 부경대학교 해양산업정책학부 교수
** 미국 델라웨어대학 해양정책학과 박사과정(수산자원경제학 및 해양정책전공)
1) 우리나라도 1999년에 처음으로 TAC 제도를 시범적으로 시행한 바 있으며 2001년부터는 선망어업(3개어종), 붉은대게, 개조개, 키조개, 제조도 소라 어종에 대하여 본격 TAC 옵서버 시행하고 있다.

동에 대한 필요한 자료를 제공하여 어업여건에 어울리고, 기대되는 어업관리 효과를 거둘 수 있도록 한다(French R, R. Nelson, Jr, and J. Wall, 1982).

이와 같이, 어업관리에 있어서 옵서버 제도의 목적은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있는데, 첫 번째는 어업법령이 정하는 대로 어업활동을 감시 · 감독하는 것으로, 옵서버는 감시자로서의 기능을 담당하기 위함이다. 두 번째는 어업관리에 있어서 필요한 생물학적 · 경제학적 자료수집의 표본조사를 행하기 위해서 이다[2]. 정부가 공인한 옵서버는 어선에 승선하여 어업자의 어업활동을 직접 통제함으로써 어업자의 어업관리 규제의 회피나 불법적인 어업행동을 감시 · 감독하게 된다. 즉, 먼 어장에서 조업하는 어업자들이 어업관리의 각종 규제에 맞추어 어업활동을 행하고 있는가를 파악하는 것이 어렵고, 어업관리규제가 어업경영악화에 영향을 미칠 때는 어업자들은 어업관리규제에 불응하거나 불법행위를 행할 수 있다.

그리고 옵서버 제도는 어업관리의 각종 규정를 어업자들이 따르도록 하는 것에 그치지 않고, 옵서버가 직접 어선에 승선하여 어업자들의 어업활동을 감시 · 감독하면서, 어획량 통제규제인 TAC 할당량 이상의 어획규제, 어획물 폐기와 혼획규제, 미성장 어종의 어획에 대한 규제 그리고 어획노력량 통제 규제인 사용어구 및 불법어구에 대한 규제, 어업금지구역에서의 조업규제, 망목사이즈 규제, 조업일수 규제 등을 직접 행함으로써 어업자의 어업활동에 영향을 미치게 된다.

한편 옵서버에 대한 비용을 어업자가 직접 부담하게 할 때에는 어업자의 어업비용상승을 초래함으로써 어업자의 조업활동에 영향을 미치게 된다[3]. 이렇듯 생산에 있어서의 옵서버에 의한 직접적인 규제와 어업비용의 증가는 단기적으로 어업자의 어획량과 어획노력량 수준에 변화를 주게 되고, 장기적으로 자원량 수준에도 영향을 미치게 된다.

캐나다의 어업관리지침에 따르면 옵서버 제도에 대한 어업관리에 있어서의 기대되는 효과는 지속적 자원량 수준의 증가에 따른 합리적인 어업의 유지 및 활동, 지속적인 자원량 수준의 증가에 따른 향상된 어획노력량 수준과 이에 따라 증가된 어획량 수준, 그리고 자원량 수준의 증가에 따라 기대되는 향상된 어획할당량 수준을 들고 있다 (Fisheries Observer Program Workshop, Seattle, WA, 1998).

옵서버 제도가 어업관리에 있어서 어떻게 이러한 기대되는 효과를 거둘 수 있는가에 대해서 살펴보기 위해서는 첫째, 옵서버 제도는 단기적으로 어업자의 어업활동, 즉 어획량 수준과 어획노력량 수준에 어떠한 영향을 미치는가, 둘째, 옵서버 제도는 장기적으로 어업 자원량의 수준에 어떠한 영향을 미치는가, 그리고 셋째, 장기적인 자원량 수준의 변화가 어업자의 어획량 수준에 어떠한 영향을 주는가에 대한 문제들을 분석하는 것이 필요하다.

---

2) Van Helvoort, G. "Observer program operation manual", FAO. Fish. Tech. Paper:275. 1986. pp. 5~7.

3) 옵서버 제도가 가장 많이 활용되고 있는 미국의 경우, 공해어업이나 배타적 경제수역에서의 국제어업관리의 경우를 제외하고는 국내어업관리에 있어서의 옵서버 제도에 대한 비용은 대부분 어업자들이 부담을 하고 있다 (NOAA, 1999). 이 연구에서는 옵서버 비용을 어업자가 직접 부담하는 것을 가정하여 어업관리에 있어서의 옵서버 제도에 대한 생물경제적인 분석을 행하였다.

이 연구에서는 생물경제학적 모델을 이용하여 위의 문제들을 이론적으로 분석하여 어업관리에 있어서의 옵서버 제도에 대한 효과를 살펴보고자 한다[4]. Ⅱ장에서는 먼저 옵서버 제도 하의 개별 어업자의 어업활동에 대한 분석을 행하고, 다음으로 개별 어업자에 대한 분석을 총어업자(산업)의 어업활동으로 확장하여 분석하고, 생물자원모델과 결합하여 균형자원 동태분석을 시도한다. 그리고, Ⅲ장에서는 어업관리에 있어서의 옵서버 제도에 대한 효과분석의 결론을 요약하고, 마지막으로 옵서버 제도에 있어서의 어업관리비용 효과측면을 간략하게 언급한다.

Ⅱ. 어업자의 어업활동과 옵서버 제도

1. 개별 어업자의 어업활동 분석

옵서버 제도의 생물경제학적인 분석에 있어서 먼저 옵서버 제도는 개별 어업자의 어업활동에 대해서 어떠한 영향을 미치는가를 살펴보자. 특정어업을 가정하지 않고, 일반적인 어업을 가정하면, 개별 어업자의 어업생산함수는 식 (1)과 같이 나타내어 질 수 있다.

$$h = f(X,\ e) \tag{1}$$

여기서, h는 연간 생산(어획)함수이고, X는 자원량, 그리고 e는 개별 어업자의 어획노력량 수준이다. 따라서, 개별 어업자의 생산(어획)함수는 자원량과 어획노력량 수준의 함수로 나타낼 수 있다.

그리고, 옵서버 제도 하에서의 개별 어업자의 생산함수는 식 (2)와 같이 나타낼 수 있는데,

$$h = f[X(1-\theta),\ e(1-\lambda)] \quad 0 \le \theta \le 1,\ 0 \le \lambda \le 1 \tag{2}$$

옵서버의 직접적인 어업활동에 있어서의 감시 · 감독으로 어업자가 어업규제를 철저히 준수하게 함으로써 어업규제에 따른 어업활동이 가능하도록 한다. 생산함수식에서의 θ은 어획량 관리규제(총할당량규제(TAC), 혼획(by-catch), 미성숙어종 포획규제(minimum size) 등)에 있어서의 옵서버에 의한 관리효과를 나타내고, 따라서 $X(1-\theta)$는 옵서버 통제에 의한 자원량 수준을 나타내게 된다. λ는 어획노력량 규제(어구통제(gear restriction), 망목규제(mesh size), 조업일수제한(days at sea) 등)에 있어서의 옵서버에 의한 관리효과를 나타내고, 따라서 $e(1-\lambda)$는 옵서버 통제에 의한 어업자의 어획노력량 수준을 나타낸다. 그러므로 어업관리의 각종 규정에 따른 옵서버의 관리통제 수준(θ, λ)

---

4) 옵서버는 일반적으로 승선 옵서버와 양육항 옵서버가 있다. 본 연구에서는 승선 옵서버만 다룬다.

이 커질수록 어업자들의 어획량 수준은 감소하게 된다. 이러한 θ과 λ의 범위는 각 어업에 따른 어업관리방법의 종류와 옵서버의 관리활동 범위에 따라서 달라진다.
일반적인 개별 어업자의 총어업비용(C)은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C=C(e) \tag{3}$$

여기서, C(e)는 어획노력량 수준에 따른 어업비용이다.

옵서버 제도 하에서는 어업자가 옵서버의 경비를 부담하게 된다면, 어업자의 어업비용이 상승하게 된다. 어획노력량이 어업일수(fishing days at sea)라고 하고, 옵서버 비용이 어획노력량 수준에 따른 함수라고 가정한다면, 개별 어업자의 어업비용은 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C = C(e) + C_{observer}(e) \tag{4}$$

여기서, $C_{observer}(e)$는 어획노력량 수준에 비례하는 개별 어업자가 부담하여야 하는 옵서버 비용이다. 따라서 개별 어업자의 총비용은 어획노력량에 따른 비용에 옵서버의 비용을 더한 것이 된다.

개별 어업자의 어업활동을 알아보기 위한 개별 어업자의 어업이윤함수(π)는 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\pi = \pi(X, e) \tag{5}$$

여기서, X와 e는 앞에서 설명한 바와 같이, 각각 자원량과 개별 어업자의 어획노력량 수준을 나타낸다. 개별 어업자는 주어진 자원량 수준, 생산어종에 대한 가격, 어업비용, 어업규제 속에서 어업이윤의 극대화를 조업의 목표로 한다고 하면, 개별 어업자의 어획노력량(e)에 대한 어업이윤 극대화 조건은 다음과 같다.

$$\partial \pi / \partial e = 0$$

위의 어업생산함수와 어업비용함수를 이용하여 구체적인 개별 어업자의 어업이윤함수를 나타내면 식 (6)과 같다.

$$\begin{aligned} \pi &= p \cdot h(X, e) - C(e) \\ &= p \cdot q \cdot e \cdot X - (\alpha + \beta \cdot e + \gamma \cdot e2 + \delta \cdot e3) \end{aligned} \tag{6}$$

여기서, p는 생산어종의 단위당 가격이고, 개별 어업자의 어획량, $h = q \cdot e \cdot X$는 쉐퍼

(Schaefer)의 어업생산 모델을 따른다고 가정하였는데, 여기서 e는 개별 어업자의 어획노력량 수준, X는 자원량, 그리고 q는 어획가능계수(catchability coefficient)를 나타낸다.

2. 옵서버 제도의 어업이윤 극대화 접근

다음으로 어획노력량 수준에 따른 어업비용함수(C(e))는 미시경제학에서 일반적으로 가정하는 전통적인 비용함수 형태인 S자형을 따른다고 가정하고, 또한 어획노력량 수준에 따른 한계비용과 평균비용이 U자형을 가지기 위하여[5], C(e) = $\alpha + \beta \cdot e + \gamma \cdot e2 + \delta \cdot e3$의 3차 함수형태로 어획노력량 수준에 따라 가변적인 것으로 가정하였다.

어획노력량(e)에 대한 어업이윤 극대화를 위한 조건으로부터 가장 합리적(optimal)인 개별 어업자의 어획노력량 수준(e*)은 식 (7)과 같이 어업이윤함수(π)를 어획노력량 수준(e)에 관한 일차미분을 함으로써 구할 수 있다.

$$\frac{\partial \pi}{\partial e} = p \cdot q \cdot X - C'(e) = 0 \tag{7}$$

$$= p \cdot q \cdot X - (\beta + 2 \cdot \gamma \cdot e + 3 \cdot \delta \cdot e2) = 0$$

따라서,

$$e* = \frac{-\gamma + \sqrt{4 \cdot \gamma^2 - 12 \cdot \delta \cdot (\beta - p \cdot q \cdot X)}}{3 \cdot \delta}$$

여기서, C′(e)는 어획노력량 수준에 대한 한계어업비용이다. 식 (7)에서 볼 수 있는 바와 같이, 합리적인 개별 어업자의 어획노력량 수준(e*)은 자원량과 생산어종의 단위당 가격이 증가함에 따라 높아진다.

<그림 1>은 개별 어업자의 어획노력량 수준에 따른 한계어업수입과 한계비용 및 평균비용을 나타낸 것이다. 비옵서버 제도 하에서의 한계수입곡선(MR)과 비용곡선은 점선으로 나타내어져 있는데, 어업이윤을 극대화하는 합리적인 어획노력량 수준은 한계어업수입(MR)과 한계어업비용(MC)이 같아지는 e^*점에서 결정된다.

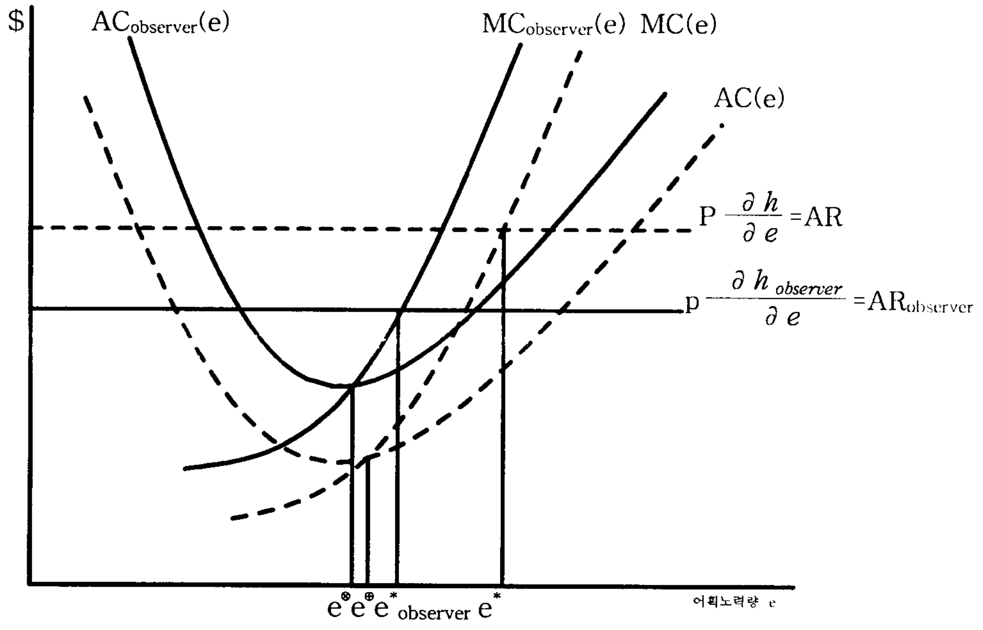
여기서 또한, 어획노력량 수준에 따른 한계비용과 평균비용이 같아지는 어획노력량 수준($e^{\oplus}$)의 비용을 C($e^{\oplus}$)라고 하면, 어획노력량 수준(e)에 대한 어업이윤의 극대화는 다음을 의미하게 된다.

---

5) 동질적인 어업자에 있어서 어획노력량 수준에 따른 평균비용(AC(e))는 고정비용의 분산으로 인해 처음에는 감소한다. 하지만, 어떤 어획노력량 수준 이상에서는 오랜 기간 해상에서의 어업활동에 따른 가변요소에 대한 어업체감수입과 증가된 수선비, 유지비 등 다양한 어업한계비용의 상승로 인해 증가하게 된다(Anderson, 1986. p. 57).
그리고 앞서 가정한 총어업비용에서 속에서 이와 같은 어획노력량 수준에 대한 평균비용과 한계비용이 U자형을 취하기 위해서는 1. α, β, 그리고 $\delta > 0$, 2. $\gamma < 0$, 3. $\beta \cdot \gamma 2 < 3 \cdot \beta \cdot \delta$의 조건을 만족해야 한다(Chiang, 1984. pp. 250-252).

$$e = e^{*} \qquad \text{if} \ \ p \cdot q \cdot X > C(e^{\circledast})$$
$$e = 0 \qquad \text{if} \ \ p \cdot q \cdot X < C(e^{\circledast})$$

즉, 만약 어획노력량 수준에 대한 평균수입(AR), $p \cdot q \cdot X$가 $C^{\circledast}(e)$ 보다 작다면, 모든 어획노력량 수준에서 어업이윤, $\pi(X, e) < 0$ 되어 어업자는 어업을 그만두게 될 것이다. 따라서 평균수입(AR), $p \cdot q \cdot X$이 $C^{\circledast}(e)$보다 크게 되어야 어업자는 어업활동을 할 수 있게 되고, 합리적인 어획노력량 수준에 맞추어 어업이윤이 극대화 되도록 어업을 행하게 된다.



<그림 1> 옵서버 제도 하와 비옵서버 제도 하의 어획노력량 수준

3. 옵서버 제도의 어업 최적화 접근

다음으로, 옵서버 제도 하의 구체적인 개별 어업자의 어업이윤함수를 앞서 살펴본 생산함수와 비용함수를 이용하여 나타내면 식 (8)과 같다.

$$\pi = p \cdot q \cdot e(1-\lambda) \cdot X(1-\theta) - \{C(e) + C_{observer}(e)\} \tag{8}$$

여기서, p는 생산어종의 단위당 가격이고, 개별 어업자의 어획량 함수, $h = q \cdot e(1-\lambda) \cdot X(1-\theta)$는 앞서 언급한 것과 같이 쉐퍼(Schaefer)의 어업생산 함수이고, θ와 λ은 어획량 관리규제와 어획노력량 규제에 있어서의 옵서버에 의한 관리효과를 나타낸다. 어

획노력량 수준에 따른 어업비용함수 역시 비옵서버 제도하의 경우와 마찬가지로 C(e) = $\alpha + \beta \cdot e + \gamma \cdot e2 + \delta \cdot e3$으로 어획노력량 수준에 따라 가변적인 것으로 가정하였고, $C_{observer}(e)$는 어획노력량 수준(어업일수)에 비례하는 개별 어업자가 부담하여야 하는 옵서버 비용이다. 어업생산함수에서 e는 개별어업자의 어획노력량 수준, X는 자원량, 그리고 q는 어획능률계수(catchability coefficient)을 나타낸다.

어획노력량(e)에 대한 어업이윤 극대화를 위한 조건으로부터 옵서버 제도 하의 개별 어업자의 합리적인 어획노력량 수준($e^*_{observer}$)은 다음의 식 (9)로부터 구할 수 있다.

$$\frac{\partial \pi}{\partial e} = p \cdot q \cdot (1-\lambda) \cdot X(1-\theta) - C'(e) - C'_{observer}(e) = 0 \qquad (9)$$

$$= p \cdot q \cdot (1-\lambda) \cdot X(1-\theta) - (\beta + 2 \cdot \gamma \cdot e + 3 \cdot \delta \cdot e2) - C'_{observer}(e) = 0$$

따라서,

$$e^*_{observer} = \frac{-\gamma + \sqrt{4 \cdot \gamma^2 - 12 \cdot \delta \cdot (\beta + C'_{observer} - p \cdot q \cdot (1-\lambda) \cdot X(1-\theta))}}{3 \cdot \delta}$$

여기서, $C'_{observer}(e)$는 어획노력량 수준에 따른 한계 옵서버 비용이다. 식 (9)에서 설명하는 바와 같이, 옵서버 제도 하에서의 개별 어업자의 합리적인 어획노력량 수준($e^*_{observer}$)은 자원량(X)과 생산어종의 단위당 가격(p)이 증가함에 따라 높아지고, 옵서버 비용이 증가함에 따라서는 감소한다.

옵서버 제도 하의 비용곡선은 옵서버 비용의 부담으로 인해 어업비용곡선이 비옵서버 제도 하보다 상승하고, 또한 옵서버의 관리효과로 인하여 한계수입($MR_{observer}$)곡선은 비옵서버 제도 하보다 낮아지게 된다. 따라서 그림 1에서 보는 바와 같이, 옵서버 제도 하의 합리적인 어획노력량 수준은 옵서버 제도 하의 한계수입곡선($MR_{observer} = AR_{observer}$)과 한계비용곡선($MC_{observer}(e)$)이 만나는 점, $e^*_{observer}$에서 결정된다.

어획노력량 수준에 대한 한계비용과 평균비용이 같아지는 어획노력량 수준($e^{\circledast}$)의 비용을 $C(e^{\circledast})$라고 하면, 어획노력량 수준(e)에 대한 어업이윤의 극대화 또한 다음을 의미하게 된다.

$$e = e* \quad \text{if } p \cdot q \cdot (1-\lambda) \cdot X(1-\theta) > C(e^{\circledast})$$
$$e = 0 \quad \text{if } p \cdot q \cdot (1-\lambda) \cdot X(1-\theta) < C(e^{\circledast})$$

즉, 옵서버 제도 하의 낮아진 어업수입과 높아진 어업비용 속에서, 만약 어획노력량에 따른 평균어업수입($p \cdot q \cdot (1-\lambda) \cdot X(1-\theta)$)이 $C(e^{\circledast})$보다 작다면, 모든 어획노력량 수준에서 어업이윤, $\pi(X, e) < 0$ 되어 어업자는 어업을 포기하게 될 것이다. 그러나 평균어업수입($p \cdot q \cdot (1-\lambda) \cdot X(1-\theta)$)이 $C(e^{\circledast})$보다 크면, 어업자는 합리적인 어획노력량 수준을 맞추어 어업이윤이 극대화 되도록 어업을 행하게 된다.

Ⅲ. 옵서버 제도의 생물경제학적 분석

1. 총어업자(산업)의 어업활동 분석

앞에서 옵서버 제도 하의 개별 어업자의 어업활동에 대해 살펴보았다. 단기적으로 옵서버에 대한 비용과 옵서버의 관리효과로 인해 어획노력량 수준이 감소하게 되고, 이에 따라 어획량 또한 감소하고, 어업이윤도 감소하게 된다. 그러나 어획노력량의 감소는 장기적인 자원량의 증대에 영향을 미치고, 이로 인하여 어업자에 대한 어획량이나 어업이윤에 영향을 미칠 것이다. 이러한 장기적인 옵서버 제도의 어업경제학적 · 생물학적 효과를 분석하기 위하여 앞에서 살펴본 개별 어업자의 어업활동 모델을 전체 어업자(산업)에 대한 어업활동 모델로 확대시키고, 여기에 수산자원 생물학적 모델을 고려하고자 한다.

산업에 있어서의 어업활동 분석을 위해서 다수의 동질적인 개별 어업자들이 어업활동을 행한다고 하면, 산업에 있어서의 총어획노력량 수준(E)은 개별 어업자의 어획노력량 수준(e)을 더한 것($E = \sum_i e_i$)이 되고, 따라서 총어획량 함수(H)는 식 (10)과 같이 나타내어 질 수 있다.

$$\begin{aligned} H &= f(X,\ E) \\ &= q \cdot E \cdot X \end{aligned} \tag{10}$$

그리고 옵서버 제도 하의 산업에 있어서의 총어획량 함수($H_{observer}$)는 식 (11)과 같이 나타내어 질 수 있다.

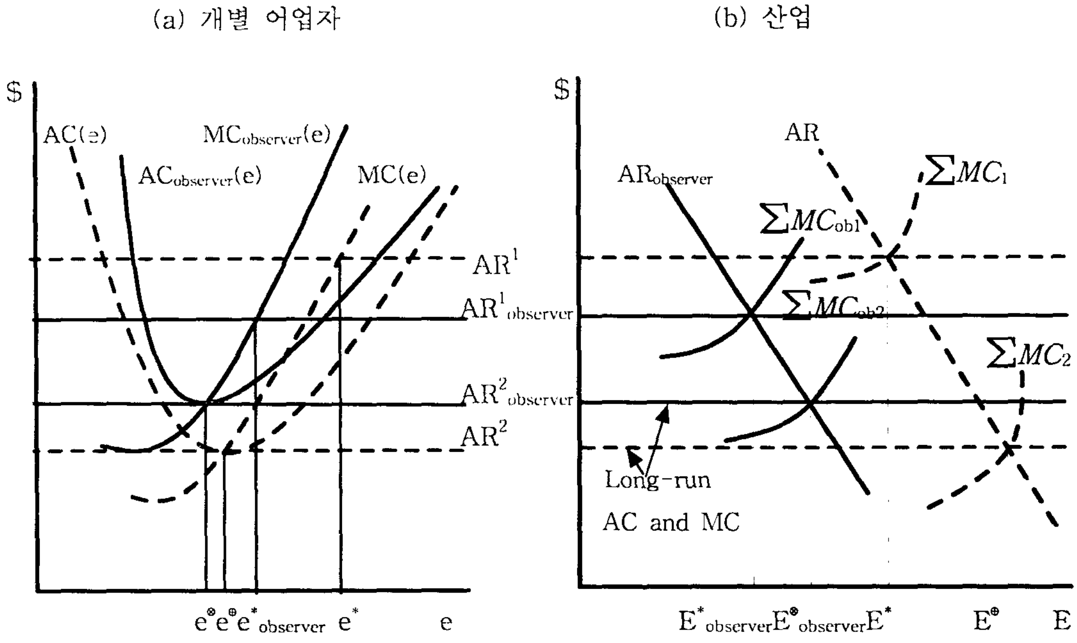
$$\begin{aligned} H_{observer} &= f[X(1-\theta),\ E(1-\lambda)] \qquad 0 \le \theta \le 1,\ 0 \le \lambda \le 1 \\ &= q \cdot E(1-\lambda) \cdot X(1-\theta) \end{aligned} \tag{11}$$

개별 어업자의 어획량 수준과 전체 어업자(산업)의 총어획량 수준의 관계가 <그림 2>에 나타나 있다. 완전경쟁시장에서의 개별기업과 같이, 개별 어업자는 산업에서의 총어획노력량 수준과 어획노력당 어획량을 통제할 수 없다고 하자. <그림 2>의 (a)에서는 <그림 1>과 같이 개별 어업자의 어획노력량 수준에 따른 한계비용과 평균비용곡선 그리고 평균수입곡선으로부터 개별 어업자의 이윤극대화를 위한 어획노력량 수준을 옵서버 제도 하와 비옵서버 제도 하에서 나타내고 있다. <그림 2>의 (b)에서는 어업자 전체(산업)에 있어서의 어획노력량 수준에 따른 공급곡선($\sum MC$)과 수요곡선(평균수입곡선, AR)[6)]이

6) 산업에서 총어획노력량 수준이 증가함에 따라 수요곡선(평균수입곡선)은 감소하는데, 이것은 Anderson이 지적하는 바와 같이, 생산어종의 단위당 가격이 변하기 때문이기도 하지만, 총어획노력량이 증가함에 따른 수산자원량의 감소 때문이다(Anderson, 1976. p. 185).

나타나 있다.

공급곡선($\sum MC$)은 개별 어업자의 어획노력량 수준에 따른 한계비용곡선을 수평적으로 합한 것으로, 주어진 총어업자수에서 어획노력당 평균수입의 변화에 따른 총어획노력량 수준을 나타낸다. 그리고 어획노력량 수준에 대한 산업의 수요곡선이나 시장같은 것은 존재하지 않지만, 산업에서의 어획노력량 수준에 따른 평균수입곡선이 수요곡선의 역할을 대신할 수 있다. 평균수입곡선은 총어획노력량 수준의 변화에 따른 어획노력당 평균수입의 변화를 나타내므로, 산업에 있어서의 총어획노력량 수준의 변화가 개별 어업자의 수입에 어떠한 영향을 끼치는지 알 수 있다. 어획노력량 수준에 대한 평균수입곡선(AR)과 공급곡선($\sum MC$)이 만나는 점에서 어획노력량 수준에 대한 균형 평균수입이 결정된다.



<그림 2> 개별 어업자와 전체 어업자(산업)의 어업활동

<그림 2>에서 비옵서버 제도 하의 경우, $\sum MC_1$은 개별 어업자의 한계비용의 수평적 합인 산업의 공급곡선이고, 수요곡선(AR)과 만나는 점에서 균형 총어획노력량 수준, E^*가 결정되고, 어획노력량 수준에 대한 균형 평균수입은 AR^1된다. 개별 어업자는 균형 평균수입과 한계비용곡선이 만나는 점인 e^*에서 어획노력량 수준을 결정하게 된다. 이 수준에서는 개별 어업자의 한계비용곡선과 한계수입곡선이 같아지므로 어업자는 정상이윤(normal profit)보다 크게 어업이윤을 극대화 할 수 있다. 하지만, 어업허가제 등의 어업참입에 대한 규제가 없다면, 새로운 어업자가 산업에 가입하게 되어, 증가된 전체 어업자

에 어획노력량 수준에 따른 공급곡선은 오른쪽으로 움직이게 되고, 새로운 어획노력량 수준에 대한 균형 평균수입에서 어업활동을 결정하게 된다. 최종적인 균형은 공급곡선이 $\sum MC_2$가 될 때 이루어진다. 이 점에서의 어획노력량 수준에 대한 균형 평균수입은 AR^2가 되고, 개별 어업자의 경우 최종적으로 어획노력량 수준에 대한 균형 평균수입(AR^2)과 한계비용곡선(MC(e))이 만나는 점 $e^{\circledast}$-평균비용의 최소점-에서 어획노력량 수준을 결정하게 된다. 따라서 개별 어업자의 어획노력량 수준은 e^*에서 $e^{\circledast}$으로 감소하게 되고, 총어획노력량 수준은 새로운 어업자의 참입에 따라 E^*에서 $E^{\circledast}$로 증가하게 된다

옵서버 제도 하의 경우에서는 옵서버 관리효과로 인해 감소된 평균수입곡선($AR_{observer}$)과 개별 어업자의 어획노력량 수준에 대한 한계비용곡선의 수평적 합인 산업에서의 공급곡선($\sum MC$)이 일치하는 점에서 균형 총어획노력량 수준과 어획노력량 수준에 대한 균형 평균수입이 결정된다. $\sum MC_{ob1}$은 옵서버 제도 하의 산업에 있어서의 공급곡선이고, 평균수입곡선($AR_{observer}$)과 만나는 곳에서 균형 총어획량 수준인 $E^*_{observer}$가 결정된다. 그리고 이 균형점에서 어획노력량 수준에 대한 균형 평균수입은 $AR^1_{observer}$가 되고, 개별 어업자는 어업이윤의 극대화를 위해 어획노력량에 대한 한계수입과 한계비용이 일치하는 $e^*_{observer}$에서 어획노력량 수준을 결정하게 된다. 또한 여기서도 어업자는 정상이윤보다 큰 이윤을 얻기 때문에, 신규진입에 대한 규제가 없다면 새로운 참입자들이 늘게되어, 최종적인 균형은 산업의 공급곡선이 $\sum MC_{ob2}$가 될 때 이루어진다. 여기서 어획노력량 수준에 대한 균형 평균수입은 $AR^2_{observer}$가 되고, 개별 어업자는 이것과 한계비용곡선이 만나는 $e^{\circledast}$-평균비용의 최소점-에서 어획노력량 수준을 결정하게 된다. 따라서 개별 어업자의 어획노력량 수준은 $e^*_{observer}$에서 $e^{\circledast}$으로 감소하고, 총어획노력량 수준은 $E^*_{observer}$에서 $E^{\circledast}_{observer}$로 증가하게 된다.

2. 옵서버 제도의 균형자원 동태분석

이상에서 살펴본 바와 같이, 옵서버 제도 하에서의 전체 총어획노력량 수준은 옵서버의 비용부담에 따른 어업비용상승과 옵서버의 관리효과로 인한 어획량의 감소로 인해 비옵서버 제도 하보다 낮은 수준에 머물게 된다($E^{\circledast} \rightarrow E^{\circledast}_{observer}$).

연간 자원량 수준은 식 (11)과 같이 어업기간 동안에 있어서 총어획량(H)에 따라서 감소하지만, 자원의 자연적 성장량(G(X))에 따라서 증가한다.

$$\frac{dX}{dt} = G(X) - H(E,X) \qquad (11)$$

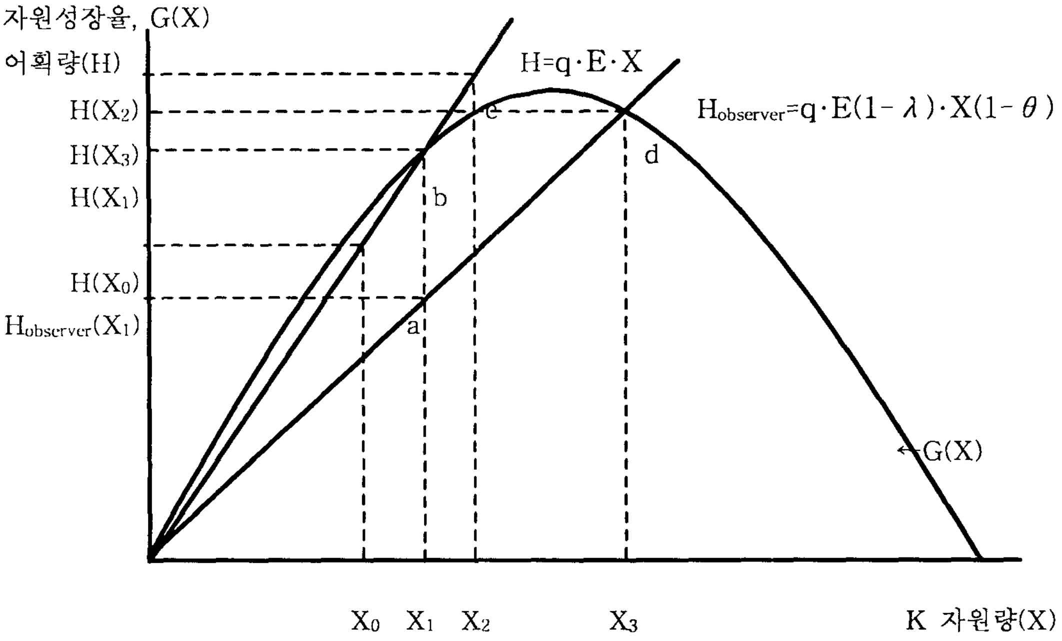
자원량의 성장함수식(G(X))을 가장 일반적인 형태인 Verhulst 성장함수식[7]으로 가정하

7) Verhulst는 개체군이 한정된 환경공간에서 성장하면 밀도가 점차 커져서 개체군은 유한한 극대치, 즉 환경수용력(carrying capacity, K)을 가지게 될 것임을 가정하여 로지스틱 곡선을 제시하였다(Clark,

면, 식 (12)와 같이 나타낼 수 있다.

$$G(X) = r \cdot X \cdot (1 - \frac{X}{K}) \tag{12}$$

여기서, r은 자원의 본원적 성장률(intrinsic growth rate), X는 자원량, 그리고 K는 환경 수용력(carrying capacity)을 나타낸다.



<그림 3> 옵서버 제도 하와 비옵서버 제도 하에서의 생물경제학적 균형

<그림 3>은 전체 어업자(산업)에 의한 어획량 함수(H)와 자원 성장량 함수(G)의 관계를 나타낸 것이다. 이미 앞서 설명한 바와 같이, 자원량 수준은 자원본원의 성장과 어획에 따라서 시간이 지남에 따라 달라지게 된다.

비옵서버 제도 하의 경우, 균형 자원량 수준과 균형 어획량 수준은 식 (12)에서 보는 바와 같이 어획량 생산 함수곡선(H)과 자원성장 함수곡선(G(X))이 만나는 b점에서 균형이 이루어지게 된다.

$$\frac{dX}{dt} = G(X) - H(E,\ X) = 0 \tag{12}$$

$$q \cdot E \cdot X = r \cdot X \cdot (1 - \frac{X}{K})$$

1976, p. 11).

따라서, b점에서의 균형 자원량 수준, X1 = $K(1-\frac{qE}{r})$이 되는데, 균형 자원량 수준은 환경수용력(K)과 자원의 본원적 성장률(r)이 커짐에 따라 증가하고, 어획노력량 수준(e)과 어획능률(q)이 커질수록 감소하게 된다. 균형 자원량 수준, X1에 대한 균형 어획량 수준, H(X1) = q·E· $K(1-\frac{qE}{r})$이 된다.

자원량 수준이 X_0에서는 어획량 수준($H(X_0)$)이 자원의 성장량 수준($G(X_0)$)보다 작기 때문에 자원량 수준은 증가하게 되어, 시간이 지남에 따라 균형 자원량 수준, X_1에 도달하게 된다. 이에 따라 균형 어획량 수준도 $H(X_0)$에서 $H(X_1)$으로 증가하게 된다. 같은 논리로, 자원량 수준 X_2에서는 어획량 수준($H(X_2)$)이 자원의 성장수준($G(X_2)$)보다 크기 때문에 시간이 지남에 따라 자원량 수준은 감소하여 균형 자원량 수준인 X_1에 이르게 된다. 이에 따라 균형 어획량 수준도 $H(X_2)$에서 $H(X_1)$으로 감소하게 된다.

옵서버 제도 하의 경우는 앞서 설명한 바와 같이, 어획량 수준, $H_{observer}$= q·E(1-λ)·X(1-θ)는 자원량과 어획노력량 수준에 있어서의 옵서버 관리효과로 인해 제한되어, <그림 3>에서 보는 바와 같이, 어획량 함수곡선은 비옵서버 제도 하의 경우보다 낮아지게 된다. 비옵서버 제도 하의 균형 자원량 수준인 X_1에서 어획량 수준(a)은 $H_{observer}(X_1)$이므로 자원의 성장량 수준($G(X_1)$)보다 작아서 자원량 수준은 시간이 지남에 따라 증가하여 식 (13)과 같이, 어획량 함수곡선과 자원 성장량 함수곡선이 만나는 d점인 지속적 균형 자원량 수준 X_3에 이르게 된다. 따라서 지속적 균형 어획량 수준은 $H(X_3)$으로 된다.

$$\frac{dX}{dt} = G(X) - H(E, X) = 0 \qquad (13)$$

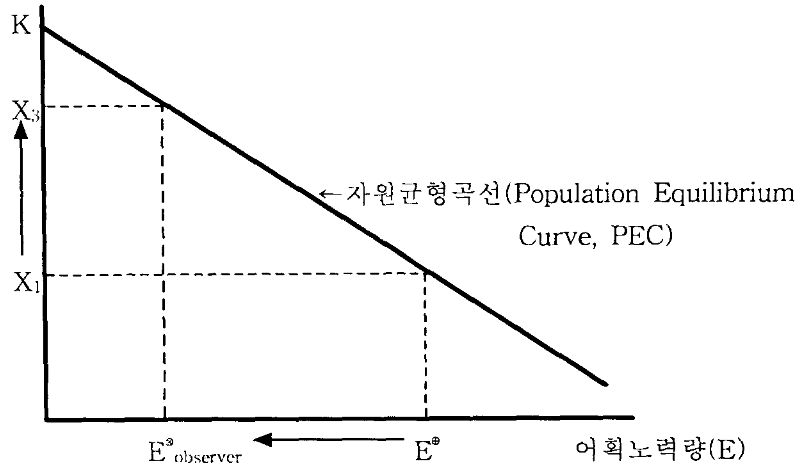
$$q \cdot E(1-\lambda) \cdot X(1-\theta) = r \cdot X \cdot (1-\frac{X}{K})$$

따라서, 지속적 균형 자원량 수준, X3 = $K(1-\frac{qE(1-\lambda)\cdot(1-\theta)}{r})$이 되고, 지속적 균형 어획량 수준, H(X3) = $q\cdot E\cdot(1-\lambda)\cdot(1-\theta)\cdot K(1-\frac{qE(1-\lambda)\cdot(1-\theta)}{r})$이 된다.

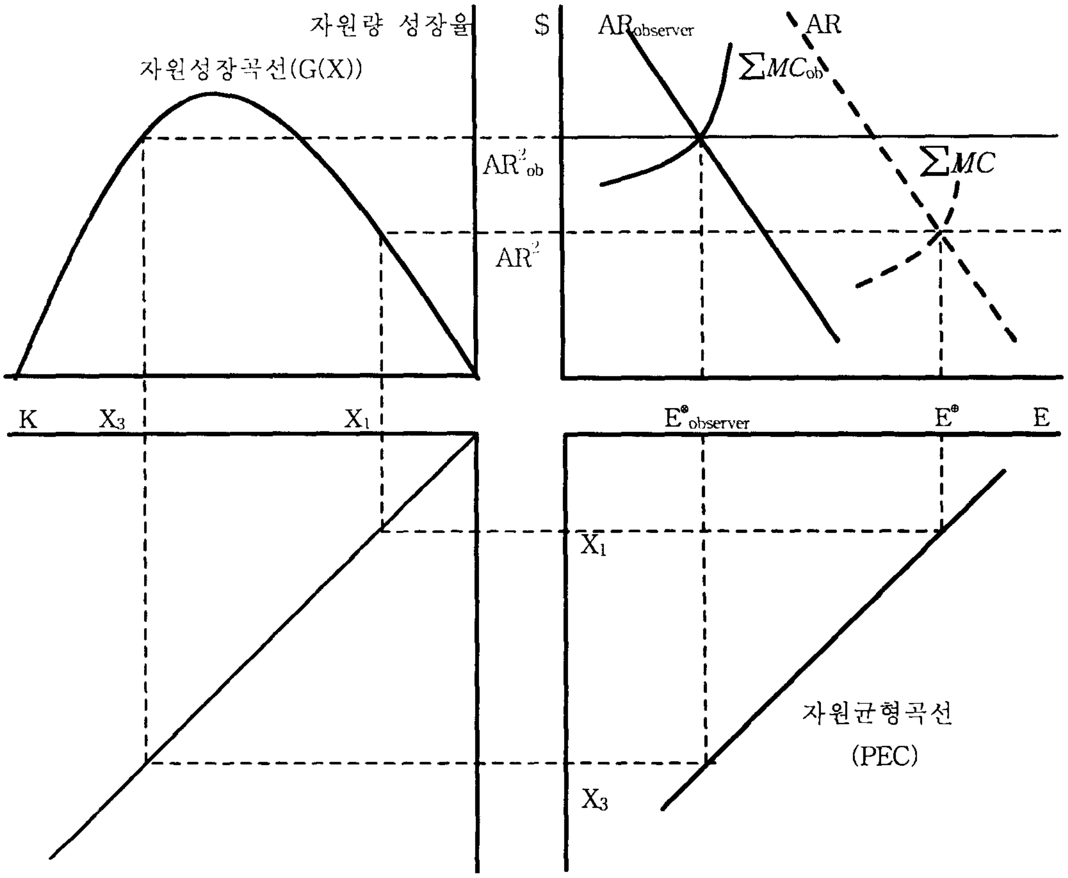
옵서버 제도 하에서는 옵서버 관리효과로 인한 어획량 수준의 제한으로 단기적으로 어획량은 감소한다(<그림 3>에서 b-a). 하지만, <그림 4>에서 보는 바와 같이, 장기적으로는 어획노력량 수준의 감소($E^{*} \rightarrow E^{*}_{observer}$)로 인해 지속적 균형 자원량 수준[8]은 X_1에서 X_3으로 증가하게 되고, 이에 따라 지속적 균형 어획량 수준도 $H(X_1)$에서 $H(X_3)$으로 증

8) 어떠한 어획노력량 수준에서 균형 자원량 수준은 어획율과 자원성장율이 같아지는 점에서 이루어지게 된다. 높은 어획노력량 수준에서는 어획함수곡선이 상승하게 되고, 따라서 균형 자원량 수준은 어획노력량이 증가함에 따라서 감소하게 된다.

가하게 된다.



<그림 4> 자원균형분석



<그림 5> 균형 총어획노력량 수준에 따른 지속적 균형 자원량 수준의 변화

전체 어업자 즉, 산업에 있어서도 그림 5에서 보는 바와 같이, 감소된 개별 어업자의 어획량 수준과 어업비용의 상승으로 균형 총어획노력량 수준은 $E^{*} \rightarrow E^{*}_{observer}$로 낮아지게 된다. 이렇게 감소된 총어획노력량 수준은 어업자원에 대한 어획사망계수를 낮게하여 지속적 균형 자원량 수준의 증대($X_1 \rightarrow X_3$)를 가져오게 되고, 이로 인하여 기대되는 지속적 어획량 수준도 높아지게 된다.

그리고 옵서버 제도 하에서 어업참입에 대한 규제와 개별 어업에 대한 어획노력량 규제를 더하게 되면, 총어획노력량 수준의 감소로 인하여 어업에서의 최대 경제적 어획량(MEY)을 실현할 수 있고, 자원량 수준도 더 크게 상승시킬 수 있다.

Ⅳ. 요약 및 결론

이 연구는 어업관리에 있어서의 옵서버 제도에 대한 효과를 분석하기 위해 생물경제학적인 모델을 이용하였다. 옵서버 제도 하에서의 어업자의 어업활동모델과 생물자원모델을 사용하면서, 개별 어업자의 어업활동 변화를 분석하고, 이를 전체 어업자(산업)의 어업활동 변화 분석으로 확장시켜, 여기에 수산 생물자원의 변화를 고려함으로써 옵서버 제도가 장 · 단기적인 어업자의 어업활동과 장기적인 자원량 수준의 변화에는 어떠한 영향을 주는지 살펴보았다.

옵서버가 직접 어선에 승선하여 어업자의 어업활동을 감시함으로써 어업자의 어업규제 회피나 속임수, 그리고 어업에서의 불법행위를 단속하여 어업관리의 각종 규정이 정하는 대로의 어업이 이루어지도록 할 수 있다. 옵서버의 관리효과로 인한 어획량 수준의 감소와 옵서버의 비용부담으로 인한 어업비용의 상승으로 개별 어업자에 있어서의 합리적 어획노력량 수준은 낮아지게 되어 단기적으로 어획량 수준의 감소와 이에 따른 어업이윤의 감소가 발생한다.

어업관리의 각종 규정를 선택함에 있어서는 생물 자원량 수준의 증대와 함께 경제적으로 효율적인(economic efficiency) 어업관리가 이루어지도록 하여야 하는데(Clark, 1980. p. 1112) 경제적으로 효율적인 어업관리가 이루어지기 위해서는 어업관리의 각종 규정에 의한 어업비용의 변화뿐만 아니라, 어업관리비용이 함께 고려되어 분석되어야 한다(Anderson, 1989. pp. 261~265).

옵서버 제도 하에서는 어업자가 옵서버 비용을 부담하게 함으로써 정부의 어업관리에 대한 감시 · 감독비용(monitoring costs)을 줄일 수 있다. 물론 이러한 옵서버 비용부담에 대한 것은 어업여건에 따라서 그 부담주체가 달라질 수 있다. 즉, 어업자가 옵서버 비용을 충분히 부담할 수 있는 경영여건이 되면 어업자가 전담할 수 있고, 그렇지 못한 경우에는 정부와 어업자가 일정비율씩 나누어 부담하는 방법도 있을 수 있다. 이와 같은 방법에서도 물론 어획노력량 수준의 변화에는 차이가 있지만, 옵서버가 어업자의 어업활동

을 통제하고, 어업자가 어업비용을 어느 정도 부담하기 때문에 앞서 분석한 결과와 유사한 효과를 얻을 수 있을 것이다. 이 외에도 옵서버가 어업자의 어업행위를 직접 감시함으로써 어업자들의 어업규제 회피비용(avoidance costs)[9] 또한 줄일 수 있다.

그리고 옵서버가 어류내장분석(stomach analysis) 등을 통해 수산 생물자원에 대한 체장, 무게, 연령구조 등의 자료수집과 어업관리를 위한 중요한 자료인 어획활동지점 또는 어획노력량 수준, 그리고 생물의 이동경로 등을 파악할 수 있는 자료를 수집하는데, 이러한 자료들은 어업자원의 생태변화의 이해와 보호 및 관리에 있어서 아주 중요한 역할을 하는 기본적인 자료로써, 일반 조사자들에 의해 수행되기에는 많은 시간과 비용이 소모되게 된다. 따라서 옵서버 제도를 통해서 비용효과적으로 수집되어질 수 있어 관리비용을 줄일 수 있게 됨으로써 어업관리에 있어서 더 큰 경제적인 이윤을 얻을 수 있다.

지금까지 어업관리에 있어서 옵서버 제도에 의한 자원량 수준의 변화와 이에 따른 어획량 수준의 변화를 생물경제학적 모델을 사용하여 분석하였고, 또한 옵서버 제도 하에서의 어업관리비용 측면의 효과를 이론적으로 살펴보았다. 그러나 현실의 어업관리에 있어서의 옵서버 제도 적용에 대해서는 보다 많은 조건들이 해결되어야 할 것이다. 그 중의 하나가 앞에서도 지적한 바와 같이, 옵서버의 비용부담에 대한 것이다. 이것은 어업자의 어업경영상태와 어업여건을 감안하여 어업자와 어업관리기관이 합의해서 정해야 할 것이다. 그리고 옵서버 제도에 의하여 어업관리목적이 달성되기 위해서는 현실의 각 어업에 있어서 필요한 관리규제방안과 그 효과분석이 선행적으로 이루어져야 할 것이다. 그 밖에 옵서버의 관리범위와 권한에 대한 문제라든가, 옵서버 제도 관리위원회와 조직체계 등에 대한 구체적인 분석도 차후 연구되어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

국립수산과학원, 총허용어획량 운영을 위한 과학옵서버 지침서, 해양수산부, 자원 조사 자료집 제21호, 2000.

소성권, "한국의 TAC 어업관리에 필요한 옵서버 제도", *Proceedings of Seminar on TAC-based Fisheries Management II*, 부경대학교, 국립수산과학원, 2000.

소성권, 장창익, "한국 연근해 어업관리를 위한 옵서버 운영방안 연구" 한국수산자원학회지, 제4권, 별쇄, 2002.

해양수산부, EEZ 체제하에서의 TAC 어업자원 관리기법 및 공동이용자원에 대한 쿼터 시스템 개발에 관한 연구, 부경대학교 · 국립수산진흥원 연구보고서, 2000.

9) 어업규제 회피비용(avoidance costs)은 어업자가 어업규제를 피해 불법행위를 하는데 혹은 어업규제에 순응하는 것처럼 보이기 위해 사용하는 비용이다. 예를 들어, 망목사이즈 규제에 대해서 어업자가 두 가지 종류의 다른 사이즈 그물을 준비한다든지 혹은 조업할당량 규제를 속이기 위해 어획량의 일부를 다른 항구에 하역한다든지 다른 어선에 서새할 때 드는 비용이다.

이상고, "효율적인 어업관리를 위한 감시 · 감독체제 구축과 옵서버 운영에 관한 연구", 어업관리 감시 · 감독과 옵서버 운영에 대한 워크샵, 한국수산회, 부경대학교 해사문제연구소, 2002.

이상고, 어업관리경제학 특론 II, 부경대학교 대학원 강의교재, 2001.

Anthony T. Charles, R. Leigh Mazany, and Melvin L. Cross, "The Economics of Illegal Fishing: A Behavioral Model", *Marine resources Economics*, Vol. 14, 1999, pp. 95-110.

Alpha C. Chiang, *Fundamental Methods of Mathematical Economics*, 3d ed. McGraw-Hill, New York, 1984.

Colin W. Clark, *Mathematical Bioeconomics: The Optimal Management of Renewable Resources*, 2nd ed. New York, John Wiley & Sons, 1990.

______________, *Bioeconomic Modelling and Fisheries Management,* New York, John Wiley & Sons, 1985.

______________, "Towards a Predictive model for the Economic Regulation of Commercial Fisheries", *Can. J. Fish. Aquat. Sci.,* Vol 37, 1980. pp. 1111-1129.

David, B. Sampson, "Fishing Technology and Fleet Dynamics: Predictions from a Bioeconomic Model", *Marine Resource Economics*, Vol 7, 1992. pp. 37-58.

Elizabeth J. Andrews and James E. Wilen, "Angler Response to Success in the California Salmon Sportfishing: Evidence and Management Implications", *Marine Resource Economics,* Vol 5, 1988, pp. 125-138.

Frances R. Homans and Jane A. Ruliffson, "The Effects of Minimum Size Limits on Recreational Fishing", *Marine Resource Economics,* Vol 14, 1999, pp. 1-14.

French R, R. Nelson, Jr, and J. Wall, "Role of the United States observer program in management of foreign fisheries in the northeast pacific ocean and eastern berring sea", *North American Journal of Fisheries Management,* 2(2), 1982.

James E. Wilen, "Toward a Theory of the Regulated Fishery", *Marine Resource Economics*, Vol 1, No 4. 1985, pp. 369-388.

John P. Doll, "Traditional Economic Models of Fishing Vessels: A Review with Discussion", *Marine Resource Ecnomics*, Vol 5, 1988, pp. 99-123.

Lee G. Anderson, "Open Access fisheries utilization with an endogenous regulatory structure: An expanded analysis", *Annals of Operations Research,* 94, 2000, pp. 231-257.

________________, "The Microeconomics of Vessel Behavior: A Detailed

Short-Run Analysis of the Effects of Regulation", *Marine Resource Economics*, Vol 14, 1999, pp. 129-150.

________________, "Enforcement Issues in Selecting Fisheries Management Policy", *Marine Resource Economics,* Vol 6, 1989, pp. 261-277.

________________, "Optional Governing Instrument, Operation Level, and Enforcement in Natural Resource Regulation: The Case of the Fishing", *American Journal of Agricultural Economics*, Vol 68, No 3, 1986, pp. 678-690.

________________, *The Economics of Fisheries Management,* The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1986.

________________, "Potential Economic Benefits from Gear Restriction and License Limitation in Fisheries Regulation", *Land Economics,* Vol 61, No 4, 1985, pp. 409-418.

________________, "The Relationship Between Firm and Fishery in Common Property Fisheries", *Land Economics,* Vol 52, No 2, 1976, pp. 179-191.

NOAA, *Proceedings of the Fisheries Observer Program Workshop,* Seattle, WA, 1998.

NOAA, *Proceedings of the First Biennial Canada/U.S. Observer Program Workshop*, NOAA Technical Memorandum NMFS-AFSC-101, May 1999.

Van Helvoort, G. Observer program manual", *FAO. Fish. Tech.* Paper : 275, 1986.

The Journal of Fisheries Business Administration, Vol. 33 No. 1, 2002. 6

Bioeconomic Analysis of Effectiveness of the Observe Program in Fisheries Management

Lee, Sang-Go · Kim Do-Hoon

Abstract

The observer program is being utilized in various fishing areas and fisheries internationally and nationally due to the its expected effectiveness in fisheries management and the collection of bioeconomic data necessary in fisheries management policy. The timely gathered data by observers play substantially a major role in decision-making fisheries policy such as the change in management measures, the application of season closure and area closure and etc. The expected effectiveness of the observer program in fisheries management, generally mentioned, is that it would lead to the increase in stock size from which the level of harvest would consequently increases.

This study is aimed to analyze this tentatively expected effectiveness of the observer program in fisheries management. The changes in stock size and the level of harvest over time are analyzed under the observer program assuming the fishermen bear the cost of the observer program by investigating the change in fisherman's fishing activity under the observer program and by combining this changed activity with the biological model.

The level of fishing efforts of fishermen was decreased from the results of the increase in fishing cost caused by the observer cost and the decrease in catchable stock size restricted by observers. This reduced level of fishing efforts enables stock size to increase over time and therefore, the expected level of harvest increases as time goes on.

Another benefit under the observer program is to reduce management costs from the fact that fishermen are responsible for the cost of the observer program and the avoidance cost of fisherman responding to the fisheries regulation could be eliminated from the surveillance of observer. Therefore, it may possible to accomplish the cost-efficient fisheries management policy.

Key words : Effectiveness, Observer Program, TAC, Bioeconomics, Fisheries Management.