

키조개 TAC 제도의 효과 분석

정민주 · 남종오*

국립부경대학교 일반대학원 응용경제학과
국립부경대학교 인문사회과학대학 경제학부

Effectiveness Analysis on Comb Pen Shell Based on TAC System

Min-Ju Jeong and Jong-Oh Nam^{1*}

Department of Applied Economics, Graduate School, Pukyong National University, Busan, 48513, Korea

*¹Division of Economics, College of Humanities & Social Sciences, Pukyong National University,
Busan, 48513, Korea*

Abstract

This study aims to analyze effectiveness of the resource use under the total allowable catch system (TACs) of Comb pen shell, a species among TAC targeting ones through its stock assessment based on the surplus production model such as the Clark · Yoshimoto · Pooley (CYP) model. Particularly, this study is separated into five analysis periods in order to understand changes in Comb pen shell resource and its efficient use after TAC system implemented in 2001. The results of this study are as follows. First, five sustainable yield curves (SYCs) and exponential growth functions (EGFs) produced by the surplus production model based on Gompertz growth function to compare before and after implementation of the Korean TAC system show that the TAC system has generated a positive stock rebuilding effect for Comb pen shell caught by the diver fishery since 2001. Secondly, five profits based on differences between the sustainable total revenue (STR) and the total cost (TC) with respect to fishing efforts present that the TAC system has increased efficiency of resource use of Comb pen shell caught by the diver fishery after implementation of the Korean TAC system. In conclusion, the Korean TAC system has increased efficiency of resource use as well as has led a positive stock rebuilding effect for Comb pen shell.

Keywords : CYP model, Stock assessment, TAC system, Comb pen shell

Received 26 February 2016 / Revised 6 September 2016 / Accepted 7 September 2016

*Corresponding author : +82-51-629-5317, namjo1234@pknu.ac.kr

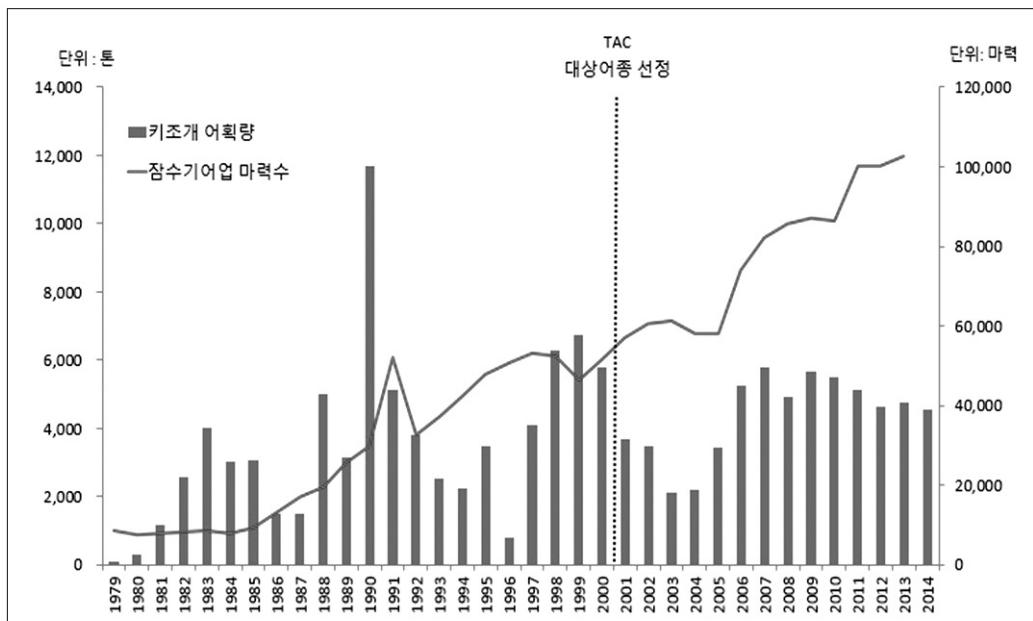
© 2016, The Korean Society of Fisheries Business Administration

I. 서 론

키조개의 학명은 *Atrina Pectinata*로 우리나라에 서식하는 조개 중 가장 큰 조개이다. 주요 서식지는 서해안과 남해안 일대인데, 우리나라 전체 키조개 어획량의 60~70%가 서해안에 속하는 충남 보령의 오천항에서 생산되고 있다. 키조개의 산란기는 6월 말에서 9월까지이기 때문에 매년 7월과 8월은 키조개 어업을 금하는 금어기로 지정되어 있다.

키조개의 경우 예전에는 전량 일본으로 수출되어 국내시장에서는 흔히 볼 수 없었던 품종이었으나, 최근에는 국민들의 생활수준이 높아지면서 대형마켓이나 조개구이 전문점 등에서 쉽게 접할 수 있게 되었다. 특히 다양한 매체로부터 키조개의 다이어트 효과가 알려지면서 최근 들어 소비자들로부터 건강 웰빙 식품으로도 인기를 얻고 있다¹⁾. 또한 키조개는 굴, 바지락 등과 함께 주요 수출전략 품종이지만 주로 양식되고 있는 굴, 바지락과는 달리 상당수가 잠수기어업에 의해 수심 20~50m에서 직접 자연산으로 채취되고 있다.

우리나라는 해황 변화에 따라 어획량 변동이 심한 키조개를 2001년부터 총허용어획량(TAC, Total Allowable Catch) 대상 어종으로 선정하여 그것의 자원량을 지속적으로 추적·관리해 오고 있다. <그림 1>의 잠수기어업의 키조개 어획량 추이를 볼 때, TAC 제도를 도입하지 않았던 2001년 이전에는 그 변동 폭이 아주 심하였으나, 2001년 이후에는 TAC 제도의 도입과 함께 어획량 변동 폭이 전반적으로 안정화되어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 최근 들어 다시 잠수기어업의 키조개 어획량이 조금



자료 : 수산종합포탈

<그림 1> 잠수기어업의 키조개 어획량 및 어획노력량 변화 추이

1) 키조개의 다이어트 효과에 대해 연합뉴스 (2013. 04. 02), The Korean Herald (2014. 04. 05), 뉴스웨이 (2015. 05. 11), 헤럴드경제 (2015. 05. 11), MBC (2016. 03. 17), SBS CNBC (2016. 05. 11) 등에서 보도된 바 있다.

씩 줄어들고 있어 TAC 제도가 키조개의 자원관리에 있어 어떠한 자원개선 효과를 제공하고 있는지에 의문이 제기되고 있다. 이와 뜻을 같이 하듯 김도훈(2015)은 ‘도루묵 수산자원회복계획에서의 TAC 정책 평가’에서 “...어종별로 다양한 자원회복수단들이 권고되고 있지만, 각 자원회복수단의 효과에 대해서는 분석이 미흡한 실정...”임을 지적하였고, 이를 평가해 보기 위해 정부는 도루묵, 꽃게 등에 대해 TAC 정책 평가를 수행한 적은 있으나 키조개에 대해서는 아직 구체적인 자원회복 효과를 평가해 보지 않아 시의적으로 의미 있는 연구라 여겨진다.

아울러 키조개를 어획하는 잠수기어업은 TAC 제도와 상관없이 마력수를 계속 증가시켜 왔으나 키조개의 어획량은 TAC 제도의 영향으로 크게 증가하지 못하였다. 이는 잠수기어업에 키조개 쿼터가 할당되면서 어업자들은 키조개 어획 외에도 마력을 올려 다른 어패류를 가능한 많이 어획하고자 함에 기인한 것으로 판단된다. 왜냐하면 키조개의 90% 이상이 잠수기어업에 의해 어획되고 있으며, 키조개 외에 다른 어패류도 잠수기어업에서 차지하는 비중이 50% 수준에 이르기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 잠수기어업에 의해 어획되고 있는 키조개의 어획노력량을 마력수로 선정하였는데, 이는 잠수기어업이 최근 들어 마력수를 증가시켜 온 현실을 최대한 반영해 주기 위함이다.

따라서 본 연구의 목적은 TAC 제도 도입 이전 기간의 자료를 이용하여 잠수기어업 키조개 자원을 평가한 후, TAC 도입 이후 자료를 3년 단위로 추가해 봄으로써 키조개 TAC 제도의 자원변화 효과와 자원이용의 경제적 효과를 비교·분석해 보는데 있다²⁾.

한편, 자원을 회복시키고 관리하는 정책에 있어서 어종별 자원량 추정은 매우 중요하다. 자원량을 분석하고 추정하는 방법에는 잉여생산모형 외에도 여러 가지 모형들이 존재하며 자원량 추정에 관한 연구도 다양한 기법을 이용하여 연구되고 있다. 구체적으로 자원평가에 관한 국내 선행연구로 김병호(1983)는 복수어업에 의해 어획되는 수산자원의 관리를 위해 복수어업의 개별 어업별 어획노력을 독립변수로 하는 다변량 모델을 소개하였다. 장창익 외(1992a, 1992b)는 한국 연근해 참조기의 적정 어획을 위한 관리 매개변수를 추정하여 동 자원의 효율적 관리 방안을 제시하였으며, 아울러 동 어종에 대해 코호트 분석기법을 적용하여 연도별·연령별 자원량 및 자원량 변동을 추정하였다. 또한 박차수 외(2000)는 한국 연근해 갈치 자원의 상태를 평가하고 동 어종의 효율적 자원관리 방안을 제시하였다. 이성일·장창익(2001)은 한국 연근해 보구치의 Leslie Matrix에 의한 자원량 및 어획량 변동을 예측하고 동 자원의 적정어획수준을 추정하였으며, 표희동(2002)은 생물경제모형을 이용하여 멸치, 오징어, 정어리, 전갱이, 고등어, 삼치 어종에 대한 모형 추정식을 도출하고 이들 모형의 통계적 적합성을 평가하였다. 박영철 외(2003)는 황해 및 동중국해에 분포하는 황아귀의 자원생태학적 특성치를 추정하고 동 어종의 적정어획을 위한 관리 매개변수를 추정하여 황아귀 자원의 합리적 이용 및 관리에 필요한 방안을 제시하였다. 또한 최종열·김도훈(2012)은 동태적 최적이론을 이용하여 수산자원회복계획 하에 있는 도루묵의 최적어획노력량 수준을 살피고 최적 어업생산 변화를 평가하였으며, 남중오 외(2015)는 헤밀토니안기법을 이용하여 복수어업에 의해 어획되는 참조기의 최적 자원량과 어획량 및 어획노력량을 추정하고, 동 어종의 경제적·생물적 파라미터의 변화에 이들 최적량이 어떠한 변화를 보이는 지를 분석하였다. 심성현·남중오(2015)는 참조기가 다수어업에 의해 어

2) 여기서 자원변화 효과는 어군균형개선효과와 자원성장효과를 의미하며 자원이용의 경제적 효과는 효율적 자원이용 효과를 의미한다. 구체적으로 어군균형개선효과란 어군균형곡선(PEC)이 우상향하는 방향으로 이동한다는 의미이며, 자원성장효과는 키조개의 성장함수가 자원량과 어획량이 증가하는 방향으로 확대되어짐을 의미한다. 끝으로 효율적 자원이용 효과란 자원의 이용이 이윤을 극대화 시키는 방향으로 움직임을 의미한다.

확되는 현실을 반영하기 위해 어획노력량을 표준화시킨 후 그것의 자원을 평가한 바 있다.

하지만 본 연구는 키조개 자원에 대한 평가를 연도별로 구분하여 기간별로 실시한 후, 동 품종의 생물학적 상태와 경제적 상황을 동시에 비교·분석해 보았다는 점이 상기 선행 논문들과의 뚜렷한 차이점이라 할 수 있다. 아울러 본 연구의 의의로서 TAC 제도 하에 있는 어종을 대상으로 생물경제 모형을 이용한 자원평가를 통하여 TAC 제도 시행 이후의 기간별로 자원 변화의 효과를 정량적으로 나타낼 수 있다면 이는 곧 TAC 제도 하의 키조개에 대한 자원회복 효과와 함께 자원이용의 경제적 효과를 어느 정도는 제시해 줄 수 있을 것으로 보여진다. 이러한 분석 결과는 키조개의 TAC 제도의 운영에 있어 중요한 참고자료가 될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구의 구성으로 제Ⅱ장에서는 잠수기어업 키조개의 자원평가와 그와 관련된 추정 모형들의 분석방법을 이론에 기초하여 설명하고, 제Ⅲ장에서는 해당 모형에 기초한 실증분석의 결과를 단계적으로 제시한다. 끝으로 제Ⅳ장에서는 결론으로 분석 결과를 요약하고, 그것의 정책적 함의를 제시한다.

Ⅱ. 분석방법

1. 잉여생산모형

1) CYP 모형

잉여생산량모형은 어획량 자료와 어획노력량 자료만 있으면 자원평가가 가능하지만 자원에 영향을 미치는 어획량과 어획노력량 이외 다른 중요 요인들을 고려하지 못해 어종의 정확한 자원량 추정이 곤란하다. 그럼에도 불구하고 상기 모형을 이용하는 이유는 자원에 대한 충분한 정보가 없다 할지라도 제한된 정보만을 가지고도 자원량 추정이 가능하며 더 나아가 추정 결과로부터 경제학적 함의를 도출하기에 용이하기 때문이다.

본 분석에서는 잠수기어업에 의해 주로 어획되는 키조개의 최대지속적어획량(MSY , or Y_{MSY} , Maximum Sustainable Yield)과 최대경제적어획량(MEY , Maximum Economic Yield)을 추정하기 위해 Schaefer(1954), Fox(1970), WH(Walters and Hilborn, 1976), Schnute(1977), CYP(Clarke · Yoshimoto · Pooley, 1992)의 5가지 잉여생산모형을 모두 적용한 후 모형의 설명력과 변수의 유의성이 가장 높게 나타난 CYP 모형을 본 연구의 분석 모형으로 선정하였다.

Clarke, Yoshimoto, Pooley는 1992년에 Fox(1970)가 과거에 개발한 모형을 변형시켜 CYP 모형으로 발전시켰다.

$$\frac{\Delta U}{U} = r \cdot q \ln(qk) - r \ln(\bar{U}) - q\bar{F} \quad (1)$$

위 식은 Fox 모형 식으로 U 는 단위노력당 어획량(CPUE, Catch per unit effort), \bar{U} 는 평균 CPUE, F 는 어획노력량, \bar{F} 는 평균어획노력량을 나타낸다. 또한 r 은 자원의 본원적 성장률, q 는 어획능력계수, k 는 환경수용능력을 의미한다.

CYP(1992)는 이 식의 $\frac{\Delta U}{U}$ 를 $\frac{1}{U} \frac{dU}{dt}$ 로의 전환을 시도하였다. 즉 $\ln(U)$ 의 Talyor 근사로서 $\int_t^{t+1} \ln(U_t) \cong \ln(\bar{U}_t)$ 을 적용하여 다음의 식 (2)를 도출하였다.

$$\ln\left[\frac{U_{t+1}}{U_t}\right] = r \ln(qk) - r \int_t^{t+1} \ln(U) dt - qF \quad (2)$$

이 식의 t 기와 $t+1$ 기의 식을 더하여 $\ln(\overline{U_{t+1}})$ 에 대하여 풀이하면 다음과 같은 CYP 모형을 구할 수 있다.

$$\ln(\overline{U_{t+1}}) = \frac{2r}{2+r} \ln(qk) + \frac{2-r}{2+r} \ln(\overline{U_t}) - \frac{q}{2+r} (\overline{F_t} + \overline{F_{t+1}}) \quad (3)$$

2) 지수성장함수(EGF, Exponential Growth Function)

기존의 Schaefer 모형에서 가정한 로지스틱 성장함수로 설명이 어려운 어종의 성장함수를 분석하기 위해 Gompertz 성장함수에 기초한 지수성장함수가 등장하였다. EGF의 식은 로지스틱 함수와 비슷한 형태이나 함수식에 자연로그(ln)를 포함시켜 기존의 성장함수를 지수함수적 형태로 보완하였다. 성장함수는 어획량과 자원량의 관계로 나타낼 수 있으며, 성장량만큼 어획하면 균형어군을 지속시킬 수 있다는 잉여생산모형의 기초가 된다.

Gompertz 성장함수로 불리우는 EGF의 식은 다음과 같다.

$$H(X) = rX \ln(k/X) \quad (4)$$

또한 식 (4)는 로지스틱과 달리 최대성장 수준이 $k/2$ 지점이 아니라 꼬리가 한쪽으로 길게 늘어난 모양이기 때문에 로지스틱 함수의 $k/2$ 지점보다 낮은 수준에서 최대성장 수준이 결정된다(류정곤 외, 2005).

2. 어군균형함수

1) 어군균형곡선(PEC, Population Equilibrium Curve)

Verhulst(1838)에 의해 처음으로 제시된 잉여생산모형에 따르면 성장량만큼 어획량을 설정하여 균형어군을 유지할 수 있다. PEC는 성장함수와 어획생산함수의 일치에 의해 나타나는 균형어군을 어획노력량과 자원량의 관계로 나타낸 것이다. 이는 성장함수와 어획생산함수가 일치하는 균형점을 구하여 추정할 수 있으며, 어획노력량의 변화에 따라 균형어군 수준의 자원량 변화를 알 수 있다.

생물경제모형에서 어획생산함수($Y(X)$)는 식 (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$U(X) = qFX \quad (5)$$

여기서 Y 는 어획량을 의미하고, F 는 어획노력량, X 는 대상어종의 자원량, q 는 어획능력계수를 나타낸다.

또한 어군의 균형자원량을 구하기 위해 자원의 성장함수와 어획생산함수를 일치시킬 수 있다.

$$H(X) = rX \ln(k/X) = Y(X) = qFX \quad (6)$$

여기서 균형자원량인 X^* 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$X^* = ke^{-(q/r)F} \quad (7)$$

여기서 e 는 자연대수를 의미하며, 이때의 q, k, r 을 알고 해당 수준만큼의 어획노력량을 투입한다면

X^* 라는 균형자원량을 유지할 수 있다. 뿐만 아니라 어획노력량 변화에 대한 개별 균형자원량을 연결하여 PEC 를 추정할 수도 있다.

2) 지속적 어획곡선(SYC, Sustainable Yield Curve)

어획생산함수는 어획노력량과 어획능력계수가 일정하다고 가정할 때 자원량에 의존하게 되는데, 이때의 자원량은 자원의 성장함수에 기초하여 결정되므로 자원의 성장함수에 따라 균형 상태를 유지하기 위한 어획량도 결정된다고 할 수 있다.

Fox는 지수성장모형에 기초하여 잉여생산모형을 발전시켰고, 지속적 어획량은 자원의 성장량과 같음을 확인하였다. 이러한 점으로 미루어 볼 때 성장함수의 곡선과 SYC 는 서로 밀접한 관계를 가지며 상호 반응함을 알 수 있다. 여기서 지속적 어획이란 성장량과 어획량이 일치하는 일정 수준의 어획노력량을 투입하였을 때 이에 해당되는 어획량을 지속적으로 이용할 수 있는 수준을 뜻한다.

SYC 는 $Y(X)$ 의 식에 앞서 언급한 균형어군인 X^* 를 대입하여 추정할 수 있다. 추정식은 다음과 같다.

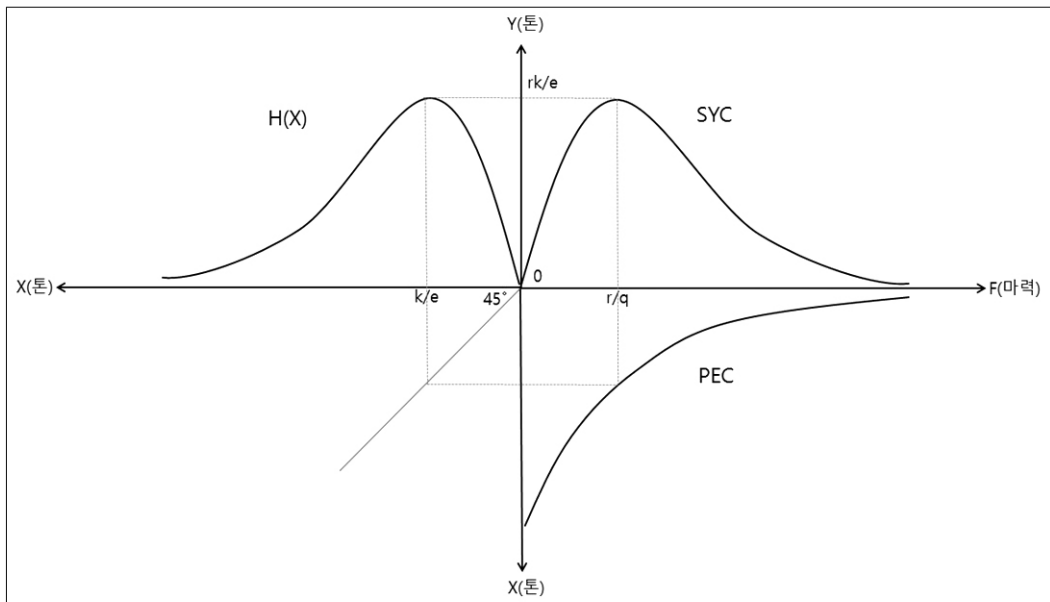
$$SY = qkFe^{-(q/r)F} \tag{8}$$

앞서 언급한 SYC 의 그래프에서 어획량이 최댓점인 지점의 어획량을 MSY (or Y_{MSY})라고 한다. CYP 모형을 이용하여 MSY 를 추정하기 위해 지수함수적 성격을 가지는 Fox 모형에 기초하여 추정하였다.

$$Y_t = qkF_t e^{-(q/r)F_t} \tag{9}$$

Y_t 는 t 기의 어획량을 나타내고, qk 는 어자원이 어획되기 이전 상태에서의 CPUE를 의미한다.

성장함수에서 최댓값(Y_{MSY})을 구하기 위해 식 (9)를 F_t 에 대해 미분하고 그 결과 값을 0으로 한 후, 다시 F_t 에 대해서 정리하면 이때의 F_t 가 F_{MSY} 가 된다. 여기서 F_{MSY} 는 MSY 를 달성함에 요구되어지는 어획노력량을 의미한다.



<그림 2> EGF(=H(X)), PEC, SYC의 관계

$$F_{MSY} = \frac{r}{q} \quad (10)$$

Y_{MSY} 는 어획생산함수에 F_{MSY} 값을 대입함으로써 구할 수 있다.

$$Y_{MSY} = qkF_{MSY}e^{-(q/r)F_{MSY}} = rk/e \quad (11)$$

잉여생산모형에서 언급했듯이 특정 어군을 성장한 만큼만 어획할 수 있다면 이때의 자원량은 지속적으로 유지될 수 있으며, 이때의 균형어군을 어획생산함수에 대입하면 균형을 이루는 어획노력량에 따른 SYC 를 도출할 수 있게 된다. 여기서 어획생산함수가 지속적어획곡선으로 불리어지는 이유는 X 가 균형어군으로 대체되어졌기 때문이다. 이것을 도식화하면 <그림 2>와 같다.

3. 생물경제모형

1) 수입 및 비용 함수

지속적 총수입함수(STR , Sustainable Total Revenue)는 대상어종의 최근 3년 평균 생산자가격(P)과 대상어종의 지속적 어획량(SY , Sustainable Yield)을 곱하여 구할 수 있다. 여기서 어획량의 변화를 SYC 로 나타내었기 때문에 SY 에 P 를 곱하면 어획노력량의 변화에 따른 지속적 총수입의 변화를 도출할 수 있다.

$$STR = PqkFe^{-(q/r)F} \quad (12)$$

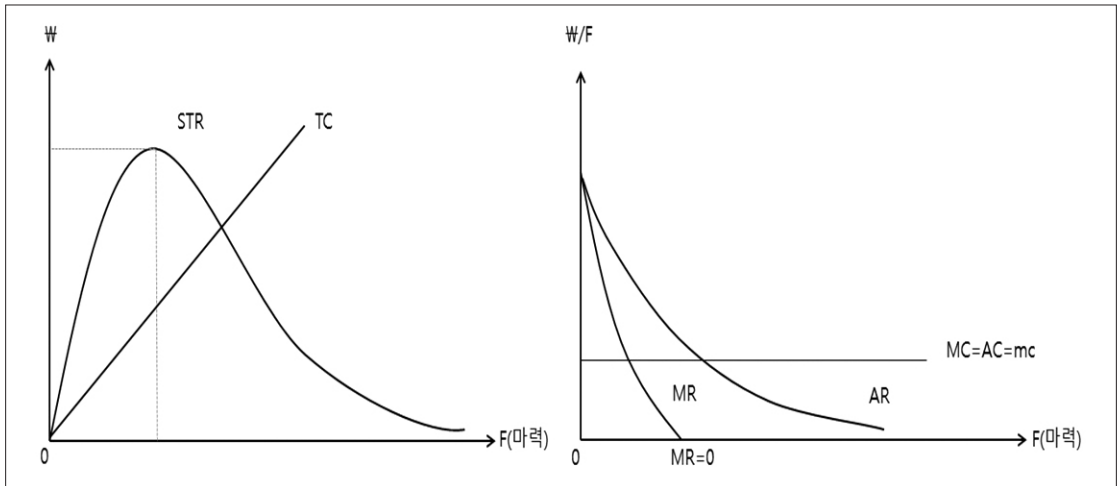
총비용(TC , Total Cost)은 어획노력량(F)에 어획노력단위당 비용(c)과 대상어종으로 어획하는 대상어종의 어획금액 비율(m) 곱하여 구할 수 있으며, STR 과 TC 를 이용하여 이윤의 크기를 추정할 수 있다. 여기서 단위노력당 어업비용으로 변환하는 과정이 필요한데, 본 연구에서는 대상어업의 마력당 어업비용을 적용하였다. 이때 마력당 어업비용으로 변환하기 위해서 잠수기어업의 적당 어업비용에 척수를 곱한 후 동어업의 총 마력수로 나누어 줄 필요가 있다. 그러나 실제적인 총비용을 구하기 위해서는 조업활동 외에 별도로 지출되는 고정비용도 포함시켜야 하나 본 연구에서는 자료의 제약으로 인해 어업비용만을 고려하였다.

또한 대상어종의 대상어종 어획금액 비율을 곱하는 이유는 한 업종에서 한 어종만을 어획하는 것이 아니기 때문에 분석하고자 하는 대상어종의 어획비용을 도출함에 있어 어획비용에 해당하는 인건비가 보합제적 성격을 가지고 있으므로 어획비율이 아닌 어획금액 비율을 적용하는 것이 현실에 더 적합하다고 판단되었기 때문이다. 따라서 어획노력량에 대한 총비용함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$TC = mcF \quad (13)$$

여기서 c 는 어획노력단위당 비용, m 은 대상어업의 대상어종 어획금액 비율을 나타낸다. 이에 기인하여 나타나는 한계수입(MR , Marginal Revenue)은 식 (12)의 STR 을 어획노력량으로 미분하여 구할 수 있다.

$$MR = Pqke^{-(q/r)F} \left(1 - \frac{q}{r} F\right) \quad (14)$$



<그림 3> STR, TC, MR, AR 곡선

평균수입(AR , Average Revenue)은 식 (12)의 STR 을 F 로 나누어 구할 수 있다.

$$AR = Pqke^{-(q/r)F} \quad (15)$$

또한 평균비용(AC , Average Cost)과 한계비용(MC , Marginal Cost)은 TC 가 1차 선형함수인 관계로 인해 TC 를 어획노력량으로 미분한 값과 나눈 값이 동일하여 둘 다 mc 로 나타난다.

2) MEY 추정

키조개의 MEY 수준은 경제적 이윤이 가장 높은 수준이기 때문에 $STR-TC$ 의 양(+)의 차이가 가장 큰 수준이라고 할 수 있다. 이때 MEY 를 추정하기 위한 방법은 TC 선을 평행하게 이동시켜 STR 곡선에 접하게 한 후 STR 의 기울기가 TC 의 기울기와 같아지도록 하여 구할 수 있다. 달리 말하면, $STR-TC$ 인식 (16)을 F 로 미분하여 $MR-MC$ 가 0이 되도록 하면 이때 이윤은 최댓값으로 도출된다.

먼저, SY 에 키조개의 최근 3년의 평균 생산자가격(P)을 곱하여 STR 을 구하고, 어획노력량과 단위노력당 어획비용, 그리고 대상업종의 대상어종 어획금액 비율을 곱하여 TC 를 구한 후 STR 에서 TC 를 차감하여 π 를 구할 수 있다.

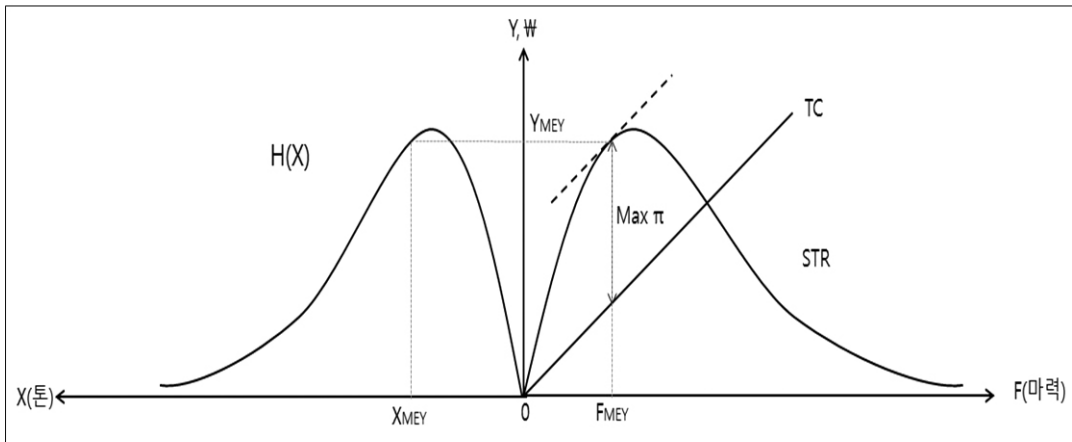
$$\pi = PqkFe^{-(q/r)F} - mcF \quad (16)$$

여기서 식 (16)을 F 로 미분하여 $MR-MC$ 를 0으로 둬으로써 F_{MEY} 를 구할 수 있고, 이때 구한 F_{MEY} 를 SY 에 대입하여 Y_{MEY} 도 도출할 수 있다.

$$F_{MEY} = \frac{r}{q} \left(1 - \frac{c}{pqk} e^{-(q/r)F_{MEY}} \right) \quad (17)$$

$$Y_{MEY} = qkF_{MEY}e^{-(q/r)F_{MEY}} \quad (18)$$

또한 식 (17), (18)에 의해 구해진 F_{MEY} 와 Y_{MEY} 값들을 $X_{MEY} = \frac{Y_{MEY}}{qF_{MEY}}$ 에 대입하여 MEY 수준에서의



<그림 4> STR 및 TC로부터 F_{MEY} , Y_{MEY} , X_{MEY} 도출

자원량인 X_{MEY} 를 도출하게 된다.

Ⅲ. 실증분석

1. 자료 분석

본 연구는 TAC 어종인 키조개와 이를 가장 많이 어획하는 잠수기어업을 대상으로 1979년부터 2014년까지의 연도별 자료를 이용하였다. 이용 자료의 출처는 해양수산부 수산정보포털³⁾, 수협중앙회 수산경제연구원의 연간 어업경영조사⁴⁾, 농림수산물부의 농림수산물통계연보⁵⁾, KOSIS 국가통계포털⁶⁾을 사용하였다. 구체적으로 우선, 잠수기 키조개 어획량 및 어획금액은 해양수산부 수산정보포털을 이용하였다. 둘째로, 수산물 생산자 물가지수와 잠수기어업의 어획노력량은 KOSIS 국가통계포털을 이용하였다. 셋째로, 잠수기어업의 어업비용은 수협중앙회 수산경제연구원의 연간 어업경영조사를 이용하였다. 넷째로, 어획량 및 어획금액의 1992년 이전 자료는 농림수산물통계연보 자료를 이용하였다.

전통적으로 키조개는 잠수기어업이 가장 많이 어획해 왔고, 자료사용의 근거를 위해 전체 키조개의 어획량 대비 잠수기어업의 키조개 어획량 비율, 잠수기어업 전체 어획량 대비 잠수기어업의 키조개 어획량 비율을 비교해 보았다. 그 결과 예상대로 전체 키조개의 어획량 중에서 잠수기로 어획된 키조개의 비율이 2013년 기준 94% 수준인 것으로 나타났으며, 잠수기어업의 전체 어획량 중에서 키조개가 차지하는 비율 역시 55% 수준인 것으로 조사되어 키조개의 자원평가를 위한 대상업종으로 잠수기어업을 선정하는 것에 무리가 없는 것으로 판단되었다.

또한 본 분석은 자원평가 모형의 이론에 기초하여 TAC 제도 하에서의 키조개의 자원 회복효과를

3) <http://www.fips.go.kr/>.

4) <http://fei.suhyup.co.kr/>.

5) 현재는 해양수산부의 해양수산통계연보로 발간된다.

6) <http://www.kosis.kr/>.

<표 1> TAC제도 시행 이후 키조개의 어획 비율

연도	전체 키조개 어획량 대비 잠수기의 키조개 어획량 비율	잠수기 전체 어획량 대비 잠수기의 키조개 어획량 비율
2001	0.96	0.31
2002	0.99	0.30
2003	0.87	0.19
2004	0.89	0.19
2005	0.99	0.27
2006	0.97	0.47
2007	0.73	0.49
2008	0.90	0.47
2009	0.77	0.53
2010	0.54	0.56
2011	0.68	0.52
2012	0.71	0.52
2013	0.94	0.55

자료 : 수산종합포털

평가해 보고자 1979년부터 키조개의 TAC 제도 시행 이전인 2000년까지의 자료를 활용하여 우선적으로 자원평가를 실시하고, TAC 제도 시행 이후에는 3년씩 기간을 추가하여 자원평가를 반복적으로 실시하였다. 즉 1979~2000년, 1979~2003년, 1979~2006년, 1979~2009년, 1979~2014년으로 추가하여 각 기간별로 키조개 자원변동의 추이를 추정해 보았다⁷⁾.

2. CYP 모형

잉여생산모형 중 어느 모형이 키조개의 자원평가에 적합한지를 판단하고자 잠수기어업의 키조개 어획량과 마력수 자료를 이용하여 5개 모형 모두 회귀분석을 실시하였다(부록, 표 A1, 표 A2)⁸⁾. 분석 결과, 이들 모형 중 CYP 모형이 다른 4개의 모형에 비해 상수와 독립변수의 t통계량과 p값이 5% 유의수준 하에서 통계적으로 모두 유의한 것으로 나타났으며, 모형의 설명력을 나타내는 결정계수(R^2)도 다른 4개의 모형에 비해 상대적으로 높은 것으로 나타나 CYP 모형을 이용하여 q , k , r 을 추정하였다.

CYP 모형의 분석 결과, TAC 제도 시행 이전 자료(1979-2000)의 결정계수는 0.4428로 나타났으나, 전 기간(1979~2014)의 자료를 이용하였을 때의 결정계수는 0.5614로 다소 증가하였다⁹⁾. 또한 각각의 모든 기간별로 추정된 변수의 t값과 p-value도 유의적인 것으로 나타나 이 모형으로 추정된 q , k , r 값을 이용하였다.

7) 여기서 마지막 추가기간은 연도가 3년으로 떨어지지 않아 5년(2010~2014)으로 묶어 분석하였다.

8) 본 논문에서는 잠수기어업의 어획노력량으로 척수, 톤수 또한 고려해 보았으나 5개의 잉여생산모형 모두 모형의 설명력과 변수의 유의성이 낮아 이용할 수 없었다.

9) CYP 모형의 설명력을 나타내는 결정계수 값이 높은 수치는 아니지만 분석에 시도된 Schaefer, Schnute, WH(Walters and Hilborn), Fox 모형에 비해 그 수치가 높아 CYP 모형을 적용하였다(부록 표 A1 참조).

<표 2> CYP 모형의 통계분석 결과

자료 분석 기간	상수(C)	X ₁	X ₂	F 통계량 (Prob.)	R ² (Adj. R ²)
	t stat. (Prob.)	t stat. (Prob.)	t stat. (Prob.)		
1979-2000	3.6223*** 4.3880 (0.0003)	0.3682** 2.4268 (0.0259)	-0.000009** -2.1736 (0.0433)	7.1521 (0.0051)	0.4428 (0.3808)
1979-2003	3.6536*** 4.7699 (0.0001)	0.3692** 2.6134 (0.0162)	-0.000010*** -2.9606 (0.0074)	11.0618 (0.0005)	0.513 (0.4666)
1979-2006	3.6342*** 5.0460 (0.0000)	0.3664** 2.7831 (0.0103)	-0.00009*** -3.1255 (0.0045)	14.213 (0.0000)	0.5422 (0.5040)
1979-2009	3.4082*** 5.0220 (0.0000)	0.3882*** 3.0553 (0.0050)	-0.000007*** -3.0442 (0.0051)	15.0477 (0.0000)	0.5271 (0.4920)
1979-2014	3.2731*** 5.2978 (0.0000)	0.3987*** 3.3792 (0.0019)	-0.000006*** -3.4659 (0.0015)	20.4855 (0.0000)	0.5614 (0.5340)

주 : C is $\frac{2r}{2+r} \ln(qk)$, X1 is $\frac{2-r}{2+r}$, X2 is $\frac{q}{2+r}$.

*, **, ***는 독립변수의 계수가 통계적으로 10%, 5%, 1% 유의수준 하에서 유의한 영향을 주고 있음을 의미함.

3. 자원이용의 효과 분석

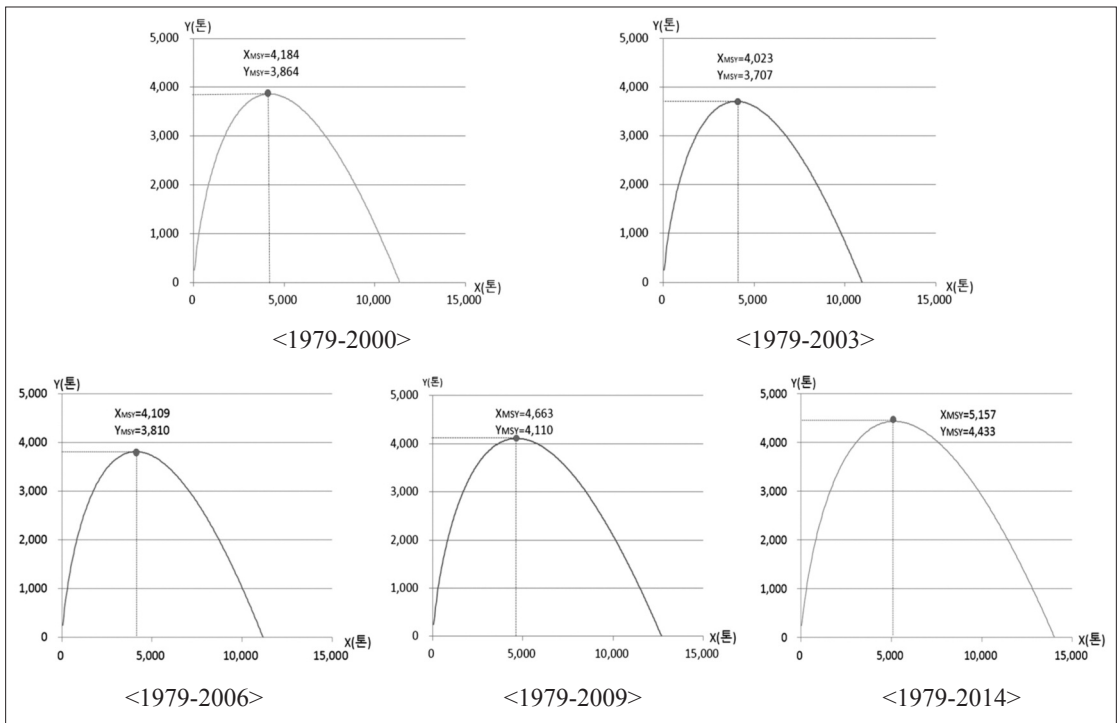
1) 어군균형개선효과

CYP 모형을 이용해 추정한 <표 2>의 계수를 이용하여 지속적 어획 곡선을 추정하고 각 기간별로 성장함수, STR, PEC 등을 추정하여 MSY와 MEY를 도출한 결과는 <표 3>과 같다. 기간별 추정을 위해 필요한 변수인 평균 생산자가격(p), 어획금액의 비율(m), 평균비용(c) 역시 기간별로 최근 3년 평균을 적용하여 도출하였다.

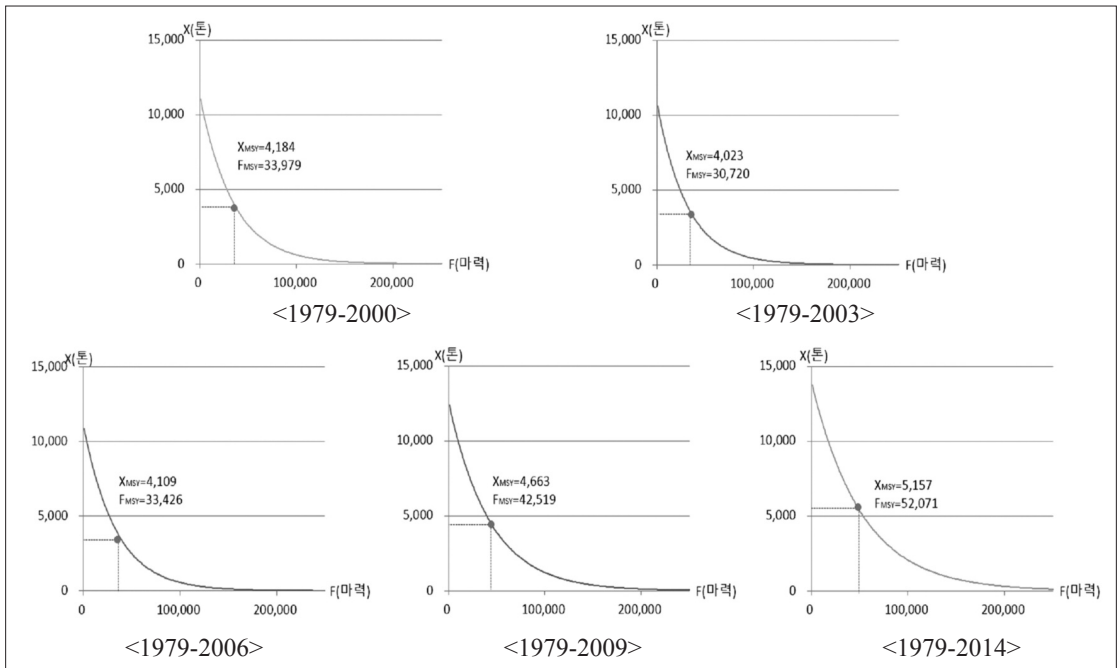
우선, 모든 분석의 기초가 되는 성장함수는 TAC 제도 시행 이전에는 Y_{MSY}가 3,864톤으로 추정되었

<표 3> CYP 모형의 추정치, 경제적 파라미터, 개별기준의 어획노력량, 어획량, 자원량 추정

구분		1979-2000	1979-2003	1979-2006	1979-2009	1979-2014
MSY	F (마력)	33,979	30,720	33,426	42,519	52,071
	Y (톤)	3,864	3,707	3,810	4,110	4,433
	X (톤)	4,184	4,023	4,109	4,663	5,157
MEY	F (마력)	21,534	24,848	26,820	29,063	31,278
	Y (톤)	3,532	3,630	3,725	3,855	3,970
	X (톤)	6,035	4,872	5,007	6,399	7,688
CYP	r	0.92345803	0.92120280	0.92731820	0.88134030	0.8596341
	q	0.00002718	0.00002999	0.00002774	0.00002073	0.0000165
	k (kg)	11,373,915	10,938,221	11,169,634	12,676,471	14,018,226
최근 3년	p (원)	3,553.70	3,606.98	2,732.26	2,616.56	3,649.71
	m	0.25	0.20	0.20	0.39	0.405
	c (원)	871,201.10	529,827.67	356,875.81	277,048.59	456,623.59

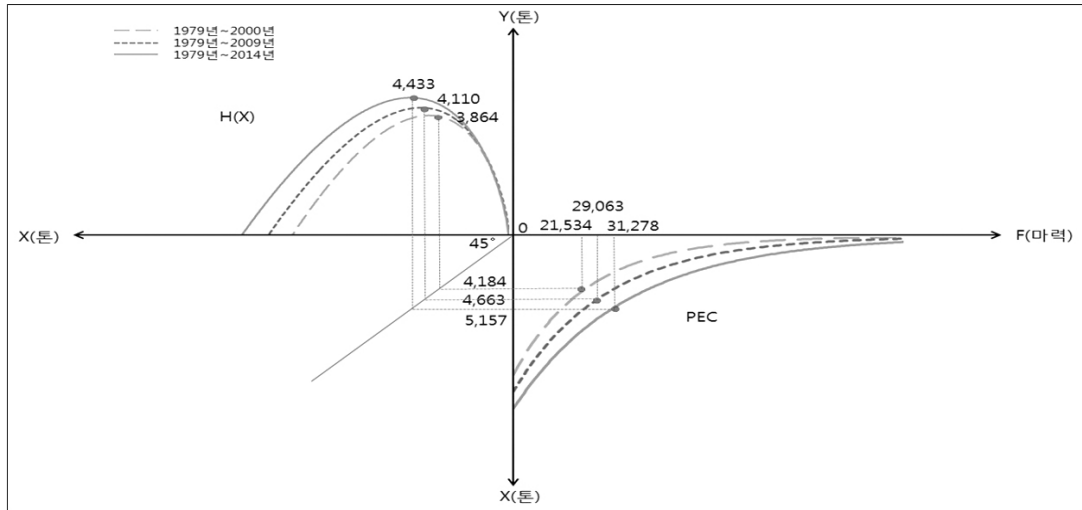


<그림 5> 키조개의 EGF(=H(X)) 변화



<그림 6> 키조개의 PEC 변화

키조개 TAC 제도의 효과 분석



<그림 7> 키조개의 EGF(=H(X))와 PEC 변화 추이

으나, TAC 제도 시행 직후 감소하였다가 다시 기존 수준으로 회복하여 가장 최근의 추가기간에는 Y_{MSY} 가 4,433톤으로 어획량이 점차 증가하는 모습을 볼 수 있다. 더불어 MSY 수준에서의 자원량 역시 4,184톤 수준에서 최근에는 5,157톤으로 회복되고 있는 중으로 보인다.

다음으로 균형자원량을 어획노력량 수준과 자원량 수준의 관계로 나타내는 PEC 로 추정해 보았다. PEC 역시 TAC 제도 시행 이전보다 범위가 확대되어 어획노력량 대비 자원량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 TAC 제도 하에서의 키조개의 $EGF(=H(X))$ 가 증가함에 따라 키조개의 성장량이 커짐으로써 어획량도 함께 증가한 것으로 보인다.

이를 그림으로 좀 더 자세히 살펴보면, $EGF(=H(X))$ 가 증가하면서 PEC 또한 증가함을 알 수 있다. 즉 <그림 7>을 통해 최대지속적어획량과 최대지속적자원량이 증가함에 따라 어획노력량 대비 최대지속적자원량이 유기적으로 연동되어 증가함을 알 수 있다.

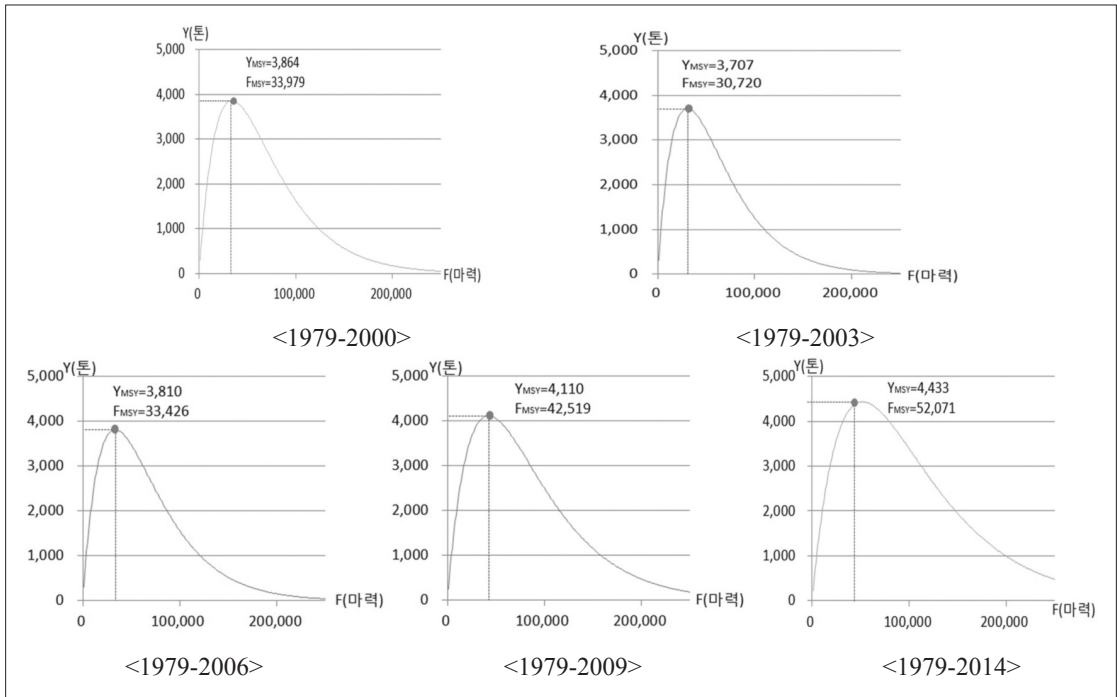
2) 자원성장효과

추정 결과, 1979년부터 TAC 제도 시행 이전까지의 Y_{MSY} 는 3,864톤, X_{MSY} 는 4,183톤, 는 33,979마력이었으나, 1979년부터 TAC 제도 시행 이후 2014년까지는 Y_{MSY} 가 4,433톤, X_{MSY} 가 5,157톤, F_{MSY} 가 52,071마력으로 뚜렷이 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 TAC 제도 하에서의 자원관리를 통해서 MSY 수준이 증가하였고, TAC 제도 시행 이후 키조개의 SYC 는 환경보유능력의 향상으로 어군의 성장이 개선되어 자원회복에 긍정적인 유인을 가져온 것으로 판단된다.

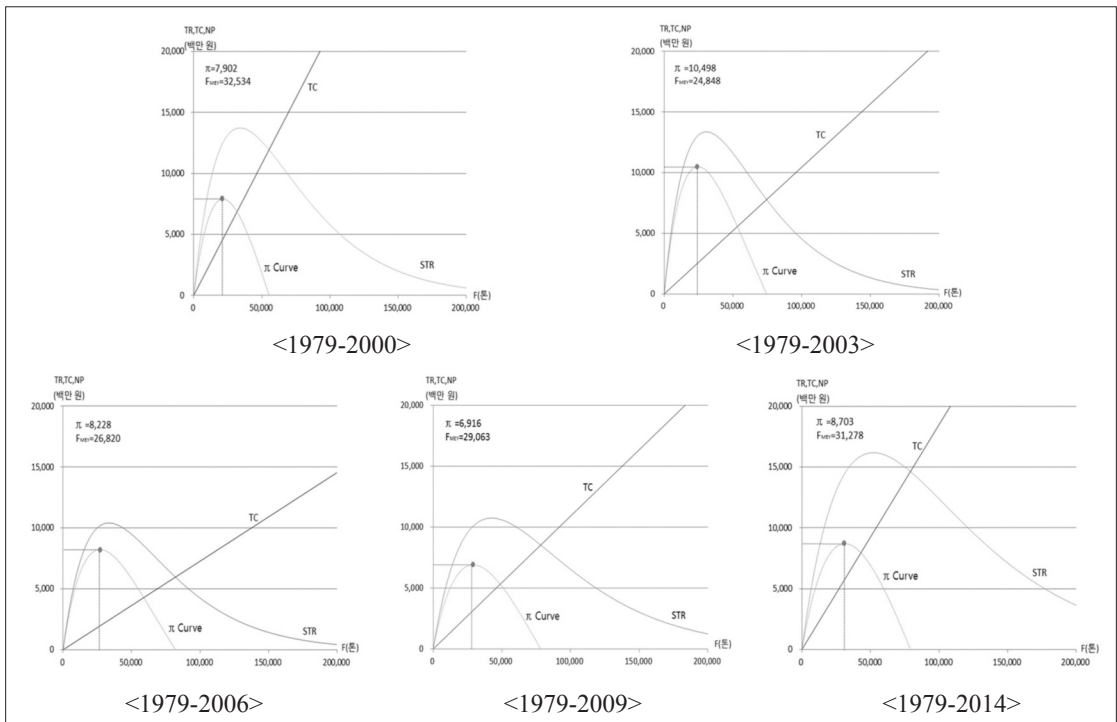
3) 효율적 자원이용의 효과

효율적 자원이용이란 TAC 산정 하에서의 이윤을 극대화시킬 수 있는 방향으로 자원을 이용하는 것으로, 이는 잠수기어업이 이윤극대화를 추구하는 조업행위를 할 때의 효과에 해당한다.

추정 결과, 1979년부터 TAC 제도 시행 이전까지의 잠수기어업으로 어획한 키조개의 총수입은 137억 원이었으나, 1979년부터 TAC 제도 시행 이후 2014년까지는 161억 원으로 증가하였고, 경제적 이윤이 최대가 되는 MEY 수준에서의 이윤도 동 기간을 비교해 볼 때 79억 원에서 87억 원으로 함께 증



<그림 8> 키조개어업의 SYC 변화

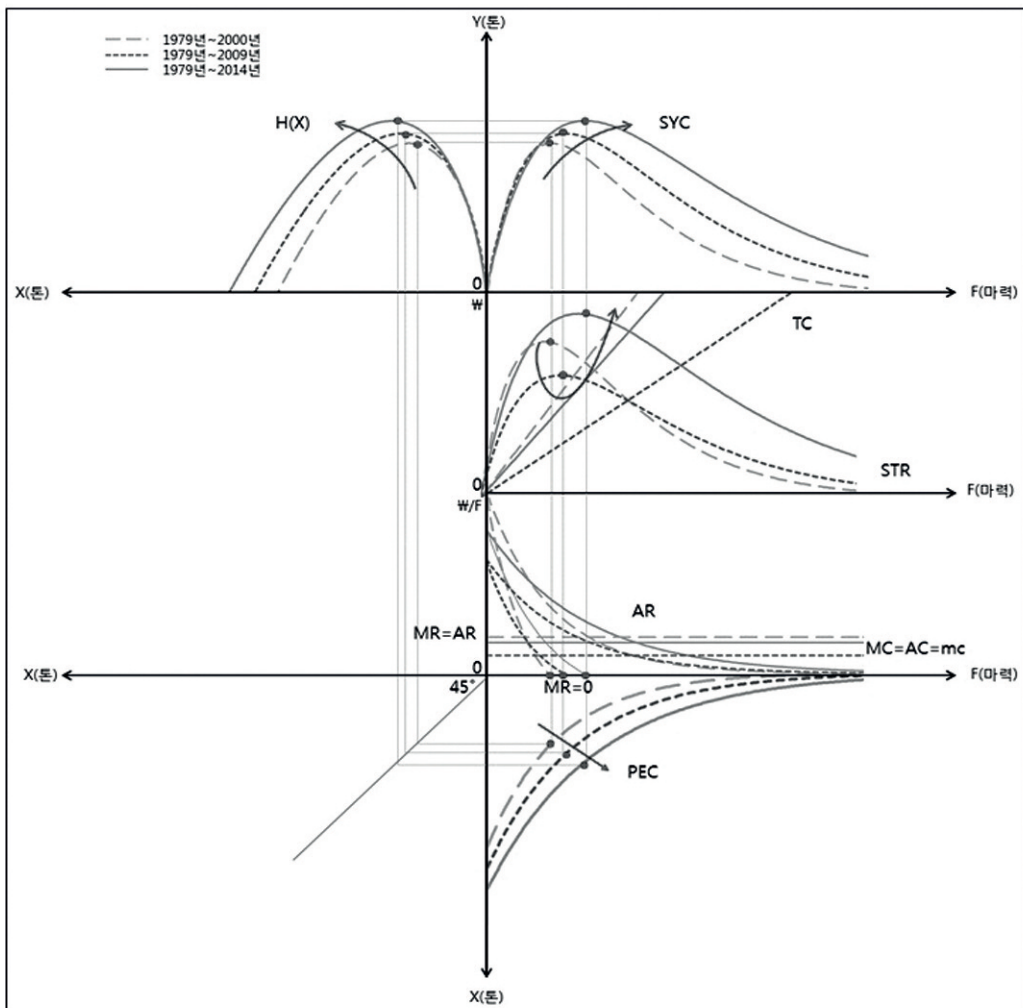


<그림 9> 키조개어업의 STR, TC, 변화

가한 것으로 분석되었다. 이 결과에서 보듯이 키조개의 TAC 제도 시행 이후 전체적인 자원량 증가와 더불어 키조개어업의 효율적 자원이용의 잠재 경제적 효과도 함께 증가하고 있는 것으로 나타났다.

이상의 분석결과를 종합하면, TAC 제도 시행 이후 키조개의 자원량이 증가함에 따라 어획량이 증가하고 있으며, 효율적 자원이용에도 긍정적인 유인을 가져오고 있음을 확인할 수 있었다. 여기서 키조개의 자원평가를 위해 이용한 여러 가지 함수들은 어획노력량, 자원량, 어획량 등의 관점에서 서로 유기적인 관계를 맺고 있다. 특히 제 II 장에서 언급한 바와 같이 SYC 와 $H(X)$ 함수는 서로 긴밀한 상호관계를 유지함에 따라 Y축을 기준으로 각 기간의 MSY 가 두 함수에서 모두 일치함을 <그림 10>을 통해 알 수 있다.

<그림 10>에서 TAC 제도 시행 이후의 5회에 걸쳐 3년씩(마지막 기간, 5년)을 추가한 잠수기어업의 키조개 자원평가에 의하면 3년씩 기간을 추가하면 할수록 대부분의 추가기간에서 키조개의 EGF , PEC , SYC , STR , π 등이 증가하는 긍정적 유인을 가져오고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 우리나라의



<그림 10> 생물적·경제적 영역의 변화 동향

TAC 제도가 적어도 잠수기어업에 의해 어획되고 있는 키조개에 한하여 생물학적으로 자원회복이 일어나고 있음을 의미하며, 경제적으로도 잠수기 어업인에게 효율적 자원이용의 긍정적 유인을 제공하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 최근 들어 실제 어획노력량이 F_{MSY} 수준인 50,000마력을 상회하고 있어 키조개 자원회복에 부정적 영향을 초래할 우려가 있음도 간과하지 말아야 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 TAC 제도 시행 이후 키조개의 자원량 변동이 어떻게 변화해 왔는지를 분석하고자 잉여생산모형을 이용하였다. 이는 최근 TAC 제도 하에서의 잠수기어업의 키조개 어획량이 조금씩 감소하고 있어 현행 TAC 제도가 키조개 자원량에 어떠한 영향을 주고 있는지를 분석해 보기 위함이었다. 아울러 TAC 제도 이후 자원회복의 효과가 나타났다면 구체적으로 어떤 흐름으로 변화가 발생하였는지 확인해보고자 하였다. 이러한 의문점에 대한 연구의 분석 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, TAC 제도 도입 이전과 이후의 자원 상태를 상호 비교해 봄으로써 우리나라의 키조개 TAC 제도가 자원회복에 긍정적 유인을 제공하고 있는지를 분석해 보았다. 구체적인 변화를 확인하기 위해 TAC 제도 시행 이후의 기간을 3년씩 추가하여 자원평가를 반복적으로 실시해 본 결과, TAC 제도 도입 시점 이후 EGF 와 SYC 가 우상향의 방향으로 확장하고 있어 TAC 제도가 자원회복에 긍정적인 유인을 제공하고 있는 것으로 나타났다. 다만 TAC 제도 시행 직후 3년 자료를 이용하여 분석하였을 경우에는 자원량이 다소 감소한 것으로 추정되었는데, 이는 2001년 키조개를 TAC 대상어종으로 포함시키면서 키조개 자원을 회복시키고자 TAC 도입 초기에는 할당량을 아주 낮게 책정했기 때문인 것으로 판단된다.

둘째, 자원회복으로 인해서 발생하는 효율적 자원이용의 효과를 가상적으로 분석해 본 결과, TAC 제도 이전보다 TAC 제도를 거듭하면 할수록 다소 변동은 있었으나 잠수기어업의 효율적 자원이용으로 인한 이윤이 증가하고 있는 것으로 나타났다. 이는 잠수기어업의 어획금액 중에서 키조개의 어획금액이 차지하는 비율이 높아진 반면, 어업비용은 증가하다 다시 하락함에 기인한 것으로 판단된다. 구체적으로 첫 번째 기간과 가장 최근의 기간을 비교하였을 때 자원량의 증가에 따라 어획량이 증가하였고, 이에 따라 경제적 지표인 MEY 수준 역시 증가하여 이윤 증대를 가져왔다. 이는 키조개를 어획하는 잠수기어업인의 자원이용의 효율성이 증대하여 소득 증대에 기여할 가능성이 높음을 의미한다.

셋째, 본 논문은 TAC 대상 어종인 키조개의 자원평가를 개별 함수들의 독립적 분석에만 그치는 것이 아니라 어획량, 자원량, 어획노력량 간의 밀접한 상호 관계를 다양한 함수들을 이용하여 종합적으로 분석해 보았다. 다시 말해 모든 함수들을 하나의 그래프로 나타내어 특정 수준에서 5회에 걸쳐 어획량, 어획노력량, 자원량의 상호 영향을 함수 간에 서로 연동시켜 그 효과를 분석해 본 결과, TAC 제도 시행 이후 3년 단위로 분석 횟수를 늘릴수록 키조개의 EGF , PEC , SYC , STR , 이윤(π) 등이 조금씩 증가하는 긍정적 유인을 가져옴을 확인할 수 있었다. 이를 종합해 볼 때, 우리나라의 키조개를 어획하는 잠수기어업의 경우 TAC 제도 하에서 자원회복으로 인한 잠수기어업인의 효율적 자원이용이 가능하도록 하는 긍정적 효과를 유인하고 있음을 알 수 있었다.

끝으로 본 논문의 시사점을 언급하자면, 최근 WTO post 나이로비와 환태평양경제동반자협정(TPP, Trans-Pacific Strategic Economic Partnership), 미국 주도의 복수국 협상 등으로 인한 지속가능한

수산자원의 이용이 중요한 이슈로 부각되고 있는 상황에서 적어도 키조개만큼은 TAC 제도 하에서 키조개의 자원이 회복되고 있는 긍정적인 효과를 보이고 있음을 실증분석으로 제시하였다는 점을 들 수 있다. 이는 단순히 키조개에만 해당되는 것이 아니므로 추후 다른 TAC 대상어종에 대해서도 이러한 분석 기법을 적용하여 자원개선 효과를 분석해 볼 수 있다는 점에서 정책적 참고자료가 될 수 있을 것으로 사료된다. 그러나 본 연구는 자원회복을 위해서 실시하는 여러 가지 사업들이 동시다발적으로 진행되기 때문에 본 연구에서 분석한 효과가 오직 TAC 제도로 인해 발생한 효과라고만 단정 지을 수 없는 한계를 가지고 있다. 특히 키조개의 경우, 어획 외에 자원량에 영향을 주는 종패살포와 같은 외부 영향이 존재하므로 이러한 영향을 고려하지 못한 한계를 가지고 있다. 아울러 잠수기어업이 어획하는 키조개의 어획노력량의 변수로 출어일수와 척수를 곱한 어획노력량을 이용해 봄도 유의미한 결과를 도출할 수 있을 것으로 보여 추후 과제로서 분석해 볼 필요가 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- 김도훈 (2015), “도루묵 수산자원회복계획에서의 TAC 정책 평가”, *수산경영론집*, 46 (1), 29–39.
- 김병호 (1983), “복수의 어업에 의해 어획되는 수산자원의 관리를 위한 연구”, *수산경영론집*, 14 (1), 44–56.
- 남종오 · 심성현 · 권오민 (2015), “해밀토니안기법을 이용한 복수어업의 참조기 최적어획량 추정”, *수산경영론집*, 46 (2), 59–74.
- 류정곤 · John, M. G. · 남종오 (2005), “다수어종 · 다수어업의 TAC 평가에 관한 연구—다수어종 · 단일어업 TAC 평가—”, 한국해양수산개발원.
- 박영철 · 이재봉 · 최석관 · 안두해 (2003), “한국 연근해 황아귀 *Lophlus litulon*(Jordan)의 자원평가 및 관리방안 연구”, *한국수산자원학회지*, 6 (1), 41–52.
- 박차수 · 이동우 · 김장근 · 강용주 (2000), “한국 연근해 갈치 *Trichiurus lepturus* Linnaeus의 자원평가 및 관리방안”, *한국수산자원학회지*, 3, 29–38.
- 심성현 · 남종오 (2015), “생물경제모형을 이용한 참조기의 자원평가에 관한 연구—단일어종 · 다수어업 사례를 중심으로”, *Ocean and Polar Research*, 37 (2), 161–177.
- 이성일 · 장창익 (2001), “한국 연근해 보구치, *Argyrosomus argentatus*의 Leslie Matrix에 의한 자원변동 예측”, *한국수산과학회지*, 34 (5), 423–429.
- 장창익 · 김수암 · 윤성봉 (1992a), “한국 근해 참조기의 자원평가 및 관리방안”, *한국수산과학회지*, 25 (4), 282–290.
- 장창익 · 김용문 · 유신재 · 김종관 · 안순모 (1992b), “한국 근해 참조기의 자원량 변동에 관한 연구”, *한국수산과학회지*, 25 (1), 37–44.
- 최종열 · 김도훈 (2012), “도루묵 수산자원회복계획 하에서 동해구기선저인망어업의 최적 어획노력량과 어획량 수준 결정에 관한 탐색적 연구”, *수산경영론집*, 43 (1), 01–09.
- 표희동 (2002), “수산자원량 추정을 위한 생물경제 모델의 적합성 평가”, *수산경영론집*, 33 (2), 75–98.
- 수협중앙회 수산경제연구원 (2015), “어업경영비조사”, <http://fei.suhyup.co.kr>.
- 통계청 (2015), “국가통계포털”, <http://www.kosis.kr>.
- 해양수산부 (2015), “수산정보포털”, <http://www.fips.go.kr>.
- Clarke, R. P., Yoshimoto, S. S. and Pooley, S. G. (1992), “A bioeconomic analysis of the North-western Hawaiian Islands lobster fishery,” *Marine Resource Economics*, 7 (3), 115–140.
- Fox, W. J. Jr (1970), “An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations,” *Transactions of*

- the American Fisheries Society, 99 (1), 80–88.
- Schaefer, M. B. (1954), “Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries,” *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission*, 1 (2), 27–56.
- Schnute, J. (1977), “Improved estimates from the Schaefer production model: theoretical considerations,” *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34 (5), 583–603.
- Verhulst, P. F. (1838), “Notice sur la loi que la population poursuit dans son accroissement,” *Correspondance Mathématique et Physique*, 10, 113–121.
- Walters, C. J. Hilborn, R. (1976), “Adaptive control of fishing systems,” *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 33 (1), 145–159.

APPENDIX

(표 A1) 잉어생산모형의 통계분석 결과

모형	상수(C)	X1	X2	F stat. (Prob.)	R ² (Adj.R ²)
	t stat. Std.Error (Prob.)	t stat. Std.Error (Prob.)	t stat. Std.Error (Prob.)		
Schaefer	3.3864 0.0012 (0.0031)	-2.4114 0.0012 (0.0261)	-3.0459 0.0000 (0.0066)	5.2888 (0.0149)	0.3576 (0.2900)
Schnute	1.6727 0.6507 (0.1116)	-1.3165 0.0019 (0.2045)	-1.4272 0.0000 (0.1706)	1.2260 (0.3168)	0.1192 (0.0221)
WH	4.1294 0.6669 (0.0005)	-3.6869 0.0019 (0.0015)	-2.5648 0.0000 (0.0189)	7.2784 (0.0045)	0.4338 (0.3742)
Fox	3.8782 0.7806 (0.0010)	-3.2185 0.1438 (0.0045)	-3.1957 0.0000 (0.0047)	7.9967 (0.0030)	0.4570 (0.3998)

주 : Schaefer($C=r, X_1=\frac{r}{qk}, X_2=q$), Schnute($C=r, X_1=\frac{r}{qk}, X_2=q$),

WH($C=r, X_1=\frac{r}{qk}, X_2=q$), Fox($C=r\ln(qk), X_1=r, X_2=q$)

(표 A2) 잉어생산모형의 r, q, k 추정치 및 개별 모형의 F_{MSY}와 Y_{MSY}

	1979-2000				
	Schaefer	Schnute	WH	Fox	CYP
r	1.4110	1.0885	2.7541	2.5578	0.9234
q	0.0000273	0.00001880	0.00003691	0.00011161	0.00002718
k (kg)	17,297,975.3	22,059,924.2	10,235,786.8	13,2981.2	11,373,914.5
F _{MSY} (마력)	25,767	28,954	37,314	22,917	33,979
Y _{MSY} (톤)	6,102	6,003	7,048	125	3,864