

Article

다수어업의 갈치 자원평가 및 최적어획량 추정

남종오¹ · 조훈석^{2*}

¹국립부경대학교 인문사회과학대학 경제학부
²국립부경대학교 일반대학원 자원환경경제학과
(48513) 부산광역시 남구 용소로 45

Estimation of the Optimal Harvest and Stock Assessment of
Hairtail Caught by Multiple Fisheries

Jongoh Nam¹ and Hoonseok Cho^{2*}

¹*Division of Economics, College of Humanities and Social Sciences Pukyong National University*
²*Department of Resource and Environmental Economics, Graduate School, Pukyong National University*
Busan 48513, Korea

Abstract : This study aims to estimate optimal harvests, fishing efforts, and stock levels of hairtail harvested by the large pair bottom trawl, the large otter trawl, the large purse seine, the offshore long line, and the offshore angling fisheries by using the surplus production models and the current value Hamiltonian method. Processes of this study are as follows. First of all, this study estimates the standardized fishing efforts regarding the harvesting of the hairtail by the above five fishing gears based on the general linear model developed by Gavaris. Secondly, this study estimates environmental carrying capacity (k), intrinsic growth rate (r), and catchability coefficient (q) by applying the Clarke-Yoshimoto-Pooley (CY&P) model among various surplus production models. Thirdly, this study estimates the optimal harvests, fishing efforts, and stock levels regarding the hairtail by the current value Hamiltonian method, including the average landing price, the average unit cost, and the social discount rate. Finally, this study attempts a sensitivity analysis to figure out changes in optimal harvests, fishing efforts, and stock levels due to changes in the average landing price and the average unit cost. As results induced by the current value Hamiltonian method, the optimal harvests, fishing efforts, and stock levels regarding the hairtail caught by several fishing gears were estimated as 33,133 tons, 901,080 horse power, and 79,877 tons, respectively. In addition, from the results of the sensitivity analysis, first of all, if the average landing price of the hairtail constantly increases, the optimal harvests of it increase at a decreasing rate, and then harvests finally slightly decrease as a result of decreases in stock levels. Secondly, if the average unit cost of fishing efforts continuously increases, the optimal fishing efforts decrease, but optimal stock levels increase. Optimal harvests start climbing and then decrease continuously due to increases in the average unit cost. In summary, this study suggests that the optimal harvests (33,133 tons) were larger than actual harvests (25,133 tons), but the optimal fishing efforts (901,080 horse power) were much less than estimated standardized fishing efforts (1,277,284 horse power), corresponding to the average of the recent three years (2014–2016). This result implies that the hairtail has been inefficiently harvested and recently overfished due to excessive fishing efforts. Efficient management and conservation policies on stock levels need to be urgently implemented. Some appropriate strategies would be to include the hairtail in the Korean TAC species or to extend the closed fishing season for this species.

Key words : hairtail, current value hamiltonian, gavaris general linear model, CYP surplus production model

*Corresponding author. E-mail : charistmas@naver.com

1. 서 론

갈치는 우리나라 국민의 선호도가 높은 수산물 중 하나로 오징어, 고등어와 함께 대중성 어종이라 불릴 만큼 소비량이 많으며, 대표적인 저서 어업자원으로서 어업인들의 소득에 있어 중요한 위치를 차지하고 있다.

그러나 갈치에 대한 과도한 경쟁적 조업과 더불어 중국 어선의 불법조업, 한·일 배타적 경제수역 조업 금지 등의 대내외적 변화로 인해 2000년대 후반부터 연근해 갈치 어획량은 급감하고 있다. 일례로, 2008년 약 85,450톤에 달했던 갈치 어획량은 2016년에는 약 32,604톤으로 동 기간 동안 약 53,000톤이나 감소하였다. 이로 인해 우리 정부는 갈치어종의 포획금지 체장을 현행 18 cm에서 2019년 21 cm로 늘리고, 장기적으로는 25 cm까지 단계적으로 확대·시행을 검토하고 있다. 더불어 우리나라 총허용어획량 제도(TAC, Total Allowable Catch)는 오징어, 고등어, 전갱이, 도루묵, 참홍어, 대게, 붉은대게, 꽃게, 키조개, 개조개, 제주 소라로 11개 품종을 대상으로 시행하고 있다. 그러나 연근해어업의 갈치 어획량 급감에도 불구하고 동 어종은 TAC 대상 품종에 포함되어 있지 않아 최근 우리 정부도 2022년까지 참조기 등과 함께 동 어종을 TAC 대상 품종에 포함시키는 것으로 심도 있게 검토하고 있다.

이렇듯 소비자들에게 인기 있는 갈치의 높은 상업적 가치에도 불구하고 갈치는 지금까지 자원평가에 기초한 체계적인 자원관리가 이루어지지 못하였으며, 최근에는 한·일 어업협상의 결렬로 인해 주로 10월부터 이듬해 3월까지 서귀포 남쪽 200 km 이상 떨어진 한·일 배타적 경제수역에서의 조업이 이루어지지 못해 일본 수역을 대신하여 이보다 10배나 먼 동중국해로 조업을 하다 보니 이들 어선의 어업 비용이 증가하고 있다.

이에 본 연구는 우선 갈치 어획의 감소를 최소화하기 위한 TAC 제도 및 신규 할당제 도입과 같은 예방적 조치를 취하기 위하여 쌍끌이대형저인망어업, 대형트롤어업, 대형선망어업, 근해연승어업, 근해채낚기어업에 의해 주로 어획되는 갈치를 시간의 흐름에 따른 현재가치를 최적화하는 현재가치 해밀토니안기법을 이용하여 최적자원량, 최적어획노력량, 최적어획량을 추정해 보고자 한다. 이는 어업인의 경영에 있어 현 수준의 어획량과 최적 수준의 어획량 간의 어느 정도의 차이가 있는지를 우선적으로 파악해 보기 위함이다. 다음으로 본 연구는 갈치 생산가격 및 어업비용의 변화가 갈치의 자원량 및 어획량에 어떠한 변화를 가져오는지를 파악해 보기 위해 민감도 분석을 시도한다. 이는 갈치의 생산가격과 어업비용의 변화 정도에 따라 갈치 어종의 어획량과 자원량 변화 등을 파악해 보기 위함인데, 이러한 접근은 향후 갈치 어가 변동에 대비하여 예측 가능한 갈치 자원량 변동 및 어획량 변화 등을

파악해 보기 위함이다.

이상의 언급한 바와 같이 이러한 연구는 향후 갈치 자원의 관리·보존을 위한 어업인의 조업 활동에 대한 정부의 효과적 정책 수립 및 정책 대응에 있어 유용한 참고 자료가 될 뿐만 아니라 전형적인 회유어종으로 한국, 중국, 일본 등 주변국 간의 공동 자원관리의 필요성을 제기하는 기초 자료로서 향후 유용하게 활용되리라 판단된다.

자율갱신자원의 최적해 추정에 관한 연구로는 Clark and Munro (1975)의 동태적 최적이론을 들 수 있다. 이 이론은 수산자원을 자본투자와 같은 개념으로 정의하고 현재 어획활동을 하지 않고 자원을 비축해 둬으로써 향후 어획량을 증가시킬 수 있다는 것을 제시하였다. 상기 이론을 바탕으로 최와 김 (2009)은 대형선망어업에 의해 어획되는 고등어의 최적어획노력량과 최적어획량을 추정하였다. 또한 최와 김 (2011)은 2년 후 동일한 기법으로 수산자원회복계획 하에 있는 도루묵의 최적자원량, 최적어획노력량, 최적어획량 수준을 추정하는 연구를 수행하였다. 또한 남 (2011)은 동 분석기법을 이용하여 대형선망어업에 의해 어획되는 전갱이와 고등어의 최적자원량, 최적어획노력량, 최적어획량을 추정하였다. 그 외에도 남 등 (2015)은 근해자망어업과 근해안강망어업의 어획노력량을 표준화 한 후 참조기의 최적량 수준을 추정한 바 있다.

한편, 갈치어종에 대한 자원평가와 관련된 연구로는 박 등 (2000)이 근해안강망어업에서 어획되는 갈치를 대상으로 Shaefer (1954) 및 Fox (1970) 모형을 이용하여 최대지속적어획량을 추정하고, 나아가 가입당생산량모형을 활용하여 적정어획사망계수를 도출하였다. 본 연구의 분석 결과, 어획개신연령, 어획사망계수, 어획노력량 등 모두가 적정수준을 넘어서 갈치 어종이 남획 수준에 있는 것으로 나타났다. Nam (2007)은 그의 박사학위 논문에서 Gavaris의 어획노력량 표준화를 이용하여 쌍끌이대형저인망어업과 대형트롤어업에서 어획되는 갈치의 최적어획노력량과 최적자원량을 추정하였다. 분석 결과, 이들 어업에 의해 어획되고 있는 갈치 어종이 앞서 언급한 선행연구와 같이 남획되고 있음을 제시하였다.

본 연구는 선행연구들의 여러 모형을 활용하여 분석을 실시하였지만, 앞선 선행연구들의 분석모형을 확장하였다는 점에서 차이가 존재한다. 우선, 갈치의 자원을 평가함에 있어 단일어종·단일어업 또는 2-3개 어업에 한정된 단일어종·다수어업에 관한 연구를 수행한 반면, 본 연구에서는 목표어종이 모호하고 혼획율이 높은 국내 어업의 특성을 고려하여 가능한 갈치를 어획하는 대부분의 어업인 5개 어업을 대상으로 갈치 어종에 대한 기술적·생물적 계수를 추정하였다는 점을 들 수 있다. 둘째, 현재가치 해밀토니안기법을 적용하여 최적량을 추정함에 있어 기존의

선행연구와 달리 세계적으로도 거의 소개된 바 없는 Gompertz 지수성장함수에 기초하여 동태적 최적량을 수치적으로 분석하였다는 점을 들 수 있다.

본 연구의 구성으로 2장에서는 최적어획량 추정에 관한 이론을 제시하고, 3장에서 다수어업에 의해 어획되는 갈치의 최적자원량과 최적어획노력량, 최적어획량을 추정한다. 그리고 생산가격 및 어업비용과 같은 경제적 파라미터의 변화에 따른 갈치의 최적자원량, 최적어획노력량, 최적어획량의 변화 정도를 분석한다. 끝으로 4장에서는 분석 결과를 요약 정리하고, 본 연구의 정책적 함의 및 한계를 언급하며 글을 마치고자 한다.

2. 추정모형

어획노력량 표준화 모형

우리나라 연근해어업의 갈치자원은 쌍끌이대형저인망어업, 대형트롤어업, 대형선망어업, 근해연승어업, 근해채낚기어업에 의해 약 17%, 3%, 18%, 20%, 5%가 어획되고 있다. 하지만 상기 5개 근해어업이 갈치를 어획함에 있어 서로 상이한 단위의 어획노력량을 투입하여 갈치를 어획하고 있다. 이에 본 연구에서는 5개 어업의 어획노력량을 표준화하기 위해 Gavaris (1980)의 일반선형모형을 이용하였고, 식은 (1)과 같다.

$$U = U_r \prod_i \prod_j P_{ij}^{X_{ij}} e^{\varepsilon}, \quad U = CPUE \quad (1)$$

식 (1)의 U 는 단위노력당어획량(CPUE)을 의미하며, U_r 은 어업, 연도, 조업구역 등을 의미하는 요인변수 (Variable)의 기준이 되는 CPUE를 뜻한다. i 는 요인변수를 의미하고, j 는 각 요인변수 내의 수준을 나타낸다. P_{ij} 는 요인변수 i 에서의 j 수준에 대한 상대적 어획능력을 뜻하며, 개별 요인변수의 기준이 되는 수준에 대해 P_{ij} 는 1로 설정한다. X_{ij} 는 데이터가 요인변수 i 의 j 수준을 나타낼 때 1로 설정하며 그렇지 않을 경우 X_{ij} 는 0으로 설정한다. CPUE의 일반모형은 로그정규분포에 기초하며 ε 는 정규확률변수(Normal Random Variable)로 평균이 0이며, σ^2 는 일정한 분산을 가진다. 식 (1)에 로그를 사용하여 변환하면 식 (2)로 표현된다(조 2018).

$$\ln U = \ln U_r + \sum_i \sum_j X_{ij} \ln P_{ij} + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 + \sum_k \beta_k X_k + \varepsilon \quad (2)$$

β_0 는 기준 로그 CPUE, β_k 는 로그화 된 어획능력 계수를 말하며, k 는 i 와 j 를 포함한다. 이에 본 연구에서는 쌍

끌이대형저인망어업, 대형트롤어업, 대형선망어업, 근해연승어업, 근해채낚기어업의 각기 다른 어획노력량을 표준화하기 위하여 연도와 어업을 요인변수로 사용하였다. 연도는 30년(1987–2016년), 어업은 5개 어업(LPT, LOT, LPS, OLL, OA)으로 각 요인변수의 수준을 설정하였다. 요인변수와 개별 요인변수 내부의 조합을 통해 가변수를 선정하고, 선정된 더미변수와 회귀식을 이용하여 최소승법을 통하여 5개 어업 사이의 CPUE와 어획노력량 단위를 표준화한다.

표준화과정은 통해 추정된 5개 어업의 어획노력량 ($\hat{F}_{LPT}, \hat{F}_{LOT}, \hat{F}_{LPS}, \hat{F}_{OLL}, \hat{F}_{OA}$)은 어획량($Y_{LPT}, Y_{LOT}, Y_{LPS}, Y_{OLL}, Y_{OA}$)과 추정된 CPUE ($\hat{U}_{LPT}, \hat{U}_{LOT}, \hat{U}_{LPS}, \hat{U}_{OLL}, \hat{U}_{OA}$)에 의해 도출된다. 다시 말해, 표준화된 총 어획노력량(\hat{F}_T)은 아래의 식에 의해 추정된 5개 어업의 어획노력량을 더하여 나타낼 수 있다.

$$Y_T = Y_{LPT} + Y_{LOT} + Y_{LPS} + Y_{OLL} + Y_{OA} \quad (3)$$

$$\hat{F}_T = \hat{F}_{LPT} + \hat{F}_{LOT} + \hat{F}_{LPS} + \hat{F}_{OLL} + \hat{F}_{OA} \quad (4)$$

$$\hat{U}_T = \hat{U}_{LPT} + \hat{U}_{LOT} + \hat{U}_{LPS} + \hat{U}_{OLL} + \hat{U}_{OA} \quad (5)$$

$$\hat{F}_{LPT} = \frac{Y_{LPT}}{\hat{U}_{LPT}}, \quad \hat{F}_{LOT} = \frac{Y_{LOT}}{\hat{U}_{LOT}}, \quad \hat{F}_{LPS} = \frac{Y_{LPS}}{\hat{U}_{LPS}},$$

$$\hat{F}_{OLL} = \frac{Y_{OLL}}{\hat{U}_{OLL}}, \quad \hat{F}_{OA} = \frac{Y_{OA}}{\hat{U}_{OA}} \quad (6)$$

CYP 모형

Clarke et al. (1992)에서는 Fox 모형(1970)을 변형·통합하여 새로운 모형인 CYP 모형을 개발하였다. Fox 모형인 식 (7)의 $\frac{\Delta U}{U}$ 를 $\frac{1}{U} \frac{dU}{dt}$ 로 변환하여 식 (8)를 도출하였다.

$$\frac{\Delta U}{U} = r \ln(qk) - r \ln(\bar{U}) - q\bar{F} \quad (7)$$

$$\frac{1}{U} \frac{dU}{dt} = r \ln(qk) - r \ln(U) - qF \quad (8)$$

여기서, r 은 어업자원의 본원적 성장률, k 는 환경수용능력 q 는 어획능력계수, F 는 어획노력량을 의미한다. 그리고 \bar{F} 는 평균 어획노력량, \bar{U} 는 평균 CPUE를 나타낸다. 식 (8)은 다음 식 (9)를 추정하기 위하여 1년에 걸쳐 적분 되어질 수 있음을 뜻한다(Clarke et al. 1992).

$$\ln \left[\frac{U_{t+1}}{U_t} \right] = r \ln(qk) - r \ln(\bar{U}) - q\bar{F} \quad (9)$$

U_t 와 U_{t+1} 는 t 와 $t+1$ 시점의 개별 CPUE를 의미하며 $\ln(U)$ 의 Taylor 근사는 식 (10)과 같이 $\ln(U)$ 의 적분 추정

치로부터 도출할 수 있다.

$$\int_n^{n+1} \ln(U_n) \cong \ln(\bar{U}_n) \tag{10}$$

식 (9)의 근사는 식 (9)에 t 시점과 $t+1$ 시점을 합하여 추정할 수 있으며, $\bar{U}_t \cong \sqrt{U_t U_{t+1}}$ 을 적용하면 식 (11)과 같이 도출할 수 있다.

$$\ln(\bar{U}_{t+1}) - \ln(\bar{U}_t) = 2r \ln(qk) - r[\ln(\bar{U}_t) - \ln(\bar{U}_{t+1})] - q(\bar{F}_t + \bar{F}_{t+1}) \tag{11}$$

식 (11)을 주어진 $\ln(\bar{U}_{t+1})$ 에 대해 풀이하면 식 (12)와 같다.

$$\ln(\bar{U}_{t+1}) = \frac{2r}{2+r} \ln(qk) + \frac{2-r}{2+r} \ln(\bar{U}_t) - \frac{q}{2+r} (\bar{F}_t + \bar{F}_{t+1}) \tag{12}$$

최소자승법을 이용하여 회귀식인 식 (12)의 절편과 계수인 $\frac{2r}{2+r} \ln(qk), \frac{2-r}{2+r}, \frac{q}{2+r}$ 를 도출한 후, 연립방정식을 이용해 q, k, r 을 추정할 수 있다.

최적어획량 결정모형의 기본가정

최적어획량을 결정하기 위한 기본모형은 Gompertz의 지수성장함수로부터 출발한다.

$$G(X_t) = rX_t \ln\left(\frac{k}{X_t}\right), \text{ where } \frac{dX_t}{dt} = \dot{x} \tag{13}$$

여기에서 $G(X_t)$ 는 t 시점의 어업자원 성장량을 말하며, X_t 는 t 시점 어종의 자원량을 의미한다. \dot{x} 는 시간에 따라 변화하는 자원량을 나타낸다. 그리고 식 (13)의 지수성장함수에 어획활동을 추가하면 식 (14)와 같이 표현할 수 있다.

$$\frac{dX}{dt} = G(X) - Y_t \tag{14}$$

여기서 Y_t 는 F_t 와 X_t 에 의존하는 어획함수로서 어획능력 계수인 q 와 어획노력량의 특성을 고려한 승수 a 및 수산 자원의 특성을 반영한 승수 β 를 이용해 아래의 식 (15)로 표현할 수 있다. 본 연구의 어획함수는 a 와 β 를 각각 1로 가정하여 선형함수의 형태를 취한다(남 2011).

$$Y_t = qF_t^\alpha X_t^\beta \tag{15}$$

어획비용함수 $TC(F_t)$ 는 단위노력당 어획비용(c)에 t 시점의 어획노력량 F_t 을 곱하여 도출한다.

$$TC(F_t) = cF_t \tag{16}$$

동태적 최적 어업어획함수

Clark and Munro (1975)는 수산자원량을 자본이라 가정하고, 시간의 흐름에 따라 어획활동으로부터 얻게 되는 사회적 이익을 극대화하는 동태적 최적이론을 전개하였다 (Clark and Munro 1975; 최와 김 2011). 동태적 최적화 모형의 함수식과 제약조건식은 식 (17)과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Maximize} \\ NPV &= \int_0^\infty [pY_t - cF_t] e^{-\delta t} dt \\ &= \int_0^\infty [pqF_t X_t - cF_t] e^{-\delta t} dt \end{aligned} \tag{17}$$

제약 조건(subject to)은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} dX/dt &= \dot{x}, X_0 = X_0 \\ X_t &\geq 0, 0 \leq Y_t \leq Y_{t,\max} \end{aligned}$$

여기서 F_t 는 t 시점의 어획노력량, Y_t 는 t 시점의 어획량을 의미한다. δ 는 사회적 할인율을, $pY_t - cF_t$ 는 t 시점의 이윤을, X_0 는 어종별 초기 자원량을 의미하며, Y_{\max} 는 어종별 최대어획량을 나타낸다. 식 (17)의 제약조건을 바탕으로 한 목적함수의 최적화를 위한 현재가치 해밀토니안 함수식인 H_c 는 식 (18)과 같이 표현할 수 있다(남 2011; 남 등 2015).

$$H_c = [pqF_t X_t - cF_t] + \lambda [G(X_t) - qF_t X_t] \tag{18}$$

여기서 λ 는 그림자 가격(shadow price)으로 어종의 미래가치를 현재가치로 할인한 값을 나타낸다(남 2011). 식 (18)의 X_t 는 상태변수를 나타내고, F_t 는 제어변수를 의미한다. H_c 의 최적해는 H_c 를 어획노력량(F)과 자원량(X)을 편미분한 1계 필요조건(first order necessary condition)에 어획노력량을 편미분하여 얻을 수 있는 상태효율조건식(SEC, Static Efficiency Condition)의 λ 를 t 로 편미분하여 추정할 수 있다(최와 김 2011). 또한 동태효율조건식(DEC, Dynamic Efficiency Condition)은 자원량(X)과 어획량(Y)을 가지고 편미분한 1계 필요조건으로부터 도출할 수 있다(남 2011).

$$SEC: \frac{\partial H}{\partial F} = pqX - c - \lambda qX = 0, p - \frac{c}{qX} = \lambda \tag{19}$$

$$DEC: \frac{\partial H}{\partial X} = pqF + \lambda G'(X) - \lambda qF = -\dot{\lambda} + \delta \lambda \tag{20}$$

상태효율조건식(SEC) (19)를 t 에 대해 편미분하면 식 (21)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\dot{\lambda} = \frac{c}{qX^2} \dot{x} = \frac{c}{qX^2} [G(X - qFX)] \quad (21)$$

위의 식 (19), (20), (21)로 부터 최적자원량을 추정하기 위해 적용해야 하는 황금률(golden rules)을 도출할 수 있다(남 2011).

$$G'(X^*) + G(X^*) \frac{c}{X^*(qpX^* - c)} = \delta \quad (22)$$

식 (22)에서 어종별 최적자원량은 Gompertz의 성장식을 대입하여 도출할 수 있으며, 최적어획노력량(F^*)은 식 (24)를 이용하여 도출할 수 있다.

$$X^* = \frac{1}{2} \left\{ \frac{c}{pq} + \frac{\delta}{r \ln\left(\frac{k}{X^*}\right)} \right\} \pm \sqrt{\left(\frac{c}{pq} \right)^2 + \left(\frac{\delta}{r \ln\left(\frac{k}{X^*}\right)} \right)^2 - 4 \left(\frac{\delta c}{pqr \ln\left(\frac{k}{X^*}\right)} + \frac{c}{pq} \right)} \quad (23)$$

$$F^* = \frac{r \ln\left(\frac{k}{X^*}\right)}{q} \quad (24)$$

그리고 최적자원량(X^*)이 도출되면 자원의 안정 상태인 $\dot{x} = G(X^*) - Y^* = 0$ 으로부터 어종의 최적어획량을 구할 수 있다(남 2011).

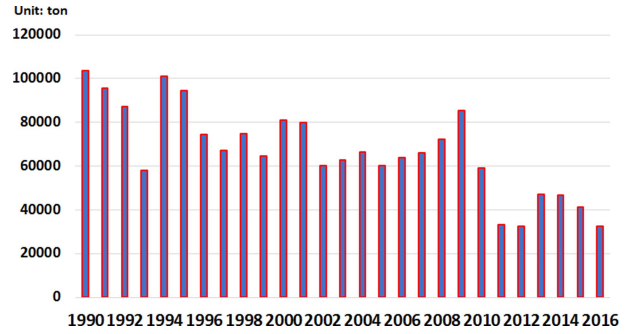
$$Y^* = qF^* X^* \quad (25)$$

3. 실증분석

자료분석

Fig. 1은 우리나라 갈치의 연도별 어획량을 나타낸다(수산정보포털 2016b). 우리나라의 갈치 어획은 1990년과 1994년에 각각 약 103,736톤과 약 101,052톤을 기록하며 1990년대 중반까지만 해도 높은 어획량 추세를 보였다. 하지만 2000년대 들어 계속 감소하여 2005년에는 약 60,086톤까지 떨어졌다. 이후 갈치 어획량은 다시 조금씩 증가하여 2009년 들어 약 85,450톤까지 늘어났으나 그 이후부터 급감하여 2016년에는 약 32,604톤까지 감소하였다. 이는 기후 변화와 어장 상실, 그리고 갈치를 어획하는 어업인들의 경쟁적 조업에 따른 갈치 자원의 감소에 기인한 것으로 판단된다.

Table 1은 갈치를 어획하는 어업의 비중을 나타낸 것이



Source: Fisheries information Service (2016b)

Fig. 1. Trends in production of hairtail

Table 1. Catch ratio of hairtail based on fishing effort ratio (1990–2016)

Year	LPT	LOT	LPS	OLL	OA	Other	Sum
1990	0.06	0.02	0.05	0.00	0.04	0.83	1
1991	0.06	0.03	0.04	0.00	0.03	0.84	1
1992	0.07	0.07	0.07	0.01	0.03	0.77	1
1993	0.08	0.06	0.05	0.01	0.02	0.78	1
1994	0.10	0.12	0.05	0.03	0.03	0.68	1
1995	0.18	0.18	0.04	0.04	0.04	0.52	1
1996	0.27	0.18	0.05	0.06	0.02	0.42	1
1997	0.30	0.20	0.04	0.05	0.03	0.38	1
1998	0.26	0.22	0.04	0.05	0.04	0.39	1
1999	0.33	0.18	0.08	0.06	0.05	0.31	1
2000	0.25	0.22	0.13	0.07	0.04	0.29	1
2001	0.28	0.24	0.12	0.11	0.03	0.22	1
2002	0.41	0.15	0.05	0.17	0.04	0.18	1
2003	0.34	0.13	0.09	0.15	0.04	0.25	1
2004	0.20	0.08	0.07	0.13	0.03	0.49	1
2005	0.24	0.12	0.07	0.21	0.03	0.32	1
2006	0.31	0.08	0.11	0.14	0.03	0.33	1
2007	0.19	0.15	0.13	0.18	0.04	0.30	1
2008	0.10	0.04	0.17	0.24	0.05	0.39	1
2009	0.17	0.11	0.33	0.12	0.04	0.23	1
2010	0.16	0.10	0.21	0.18	0.04	0.31	1
2011	0.13	0.04	0.14	0.30	0.05	0.34	1
2012	0.15	0.02	0.09	0.26	0.04	0.44	1
2013	0.19	0.04	0.11	0.18	0.04	0.45	1
2014	0.26	0.02	0.11	0.21	0.03	0.37	1
2015	0.13	0.04	0.25	0.19	0.04	0.36	1
2016	0.10	0.02	0.20	0.20	0.08	0.39	1

Source: Fisheries Information Service (2016b)

다. 1990년대의 경우 기타 어업(근해안강망어업)이 어획량의 대부분을 차지하였으나, 2016년에는 갈치 어획량의 약 61%를 쌍끌이대형저인망어업, 대형트롤어업, 대형선망어업, 근해연승어업, 근해채낚기어업이 어획하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 갈치를 어획하는 어업의 변화로 최근 조업 현황을 반영한 분석의 필요성을 인식하여 상기 5개 어업의 어획노력량을 표준화하여 최적화 모형에 활용하였다.

어획노력량표준화

어획노력량을 표준화하기 위해 쌍끌이대형저인망어업, 대형트롤어업, 대형선망어업, 근해연승어업, 근해채낚기어업의 CPUE를 Gavaris (1980)의 일반선형모형에 적용하였다. 분석 결과, 추정치 중 1988년, 1993년의 추정치만이 유의하지 않은 것으로 분석되었으며, 나머지 연도의 추정치들은 5%, 1%의 유의수준 하에서 유의한 것으로 나타났다. 그리고 모형의 설명도를 의미하는 결정계수는 0.5886으로 분석되었다. 일반선형모형의 F-통계량 또한 1% 유의수준 하에서 유의한 것으로 나타났다(APPENDIX A).

생물적·기술적 계수 추정

일반적으로 자원평가에 이용되는 모형은 Logistic 성장함수(Schaefer 1954; Schnute 1977; Walters and Hilborn 1976)에 기초한 선형모형과 Gompertz 성장함수에 기초한 지수모형(Fox 1970; Clarke et al. 1992)이 분석에 이용되

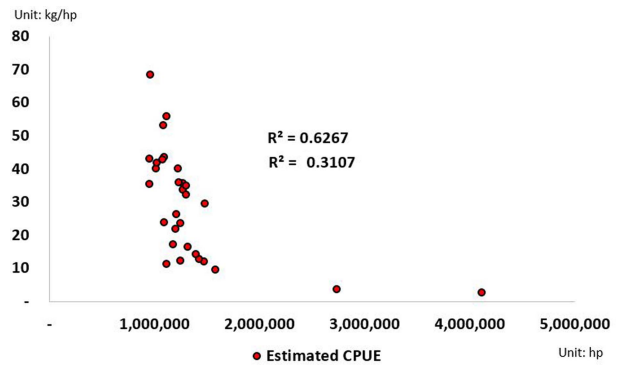


Fig. 2. Relationship of standardized CPUE and hp

고 있으며, 분석 모형은 어획노력량과 CPUE의 관계를 통해 선정할 수 있다. Fig. 2에서 확인할 수 있듯이 선형모형의 R²는 0.3107, 지수모형의 R²는 0.6267로 추정되어 지수모형의 Fox 모형이나 CYP 모형을 선정하여 분석을 진행하는 것이 바람직하지만 보다 정확한 분석을 위해 5개 잉여생산모형을 모두 분석하였다. 그 중 모형의 설명력을 나타내는 R²와 모형의 예측력을 측정하는데 이용하는 평균제곱오차(MSE, Mean Square Error)와 평균절대오차(MAE, Mean Absolute Error)를 고려하여 모형을 선정하였다. 잉여생산모형을 통해 도출되는 계수인 C는 상수항을, X₁과 X₂는 각 모형에서 q, k, r을 포함하고 있는 변수를 의미하며, 도출된 각 계수를 통해 q, k, r을 추정할 수 있다. Table 2에서 볼 수 있듯이 각 모형의 R²와 계수의

Table 2. Estimation of surplus production model and estimated results of MSE and MAE

Model	R ² (adj. R ²)	Coefficient			MSE	MAE
		C (Prob.)	X ₁ (Prob.)	X ₂ (Prob.)		
Schaefer	0.3551 (0.3035)	-0.3450 (0.1769)	-0.0001 (0.1760)	0.0000*** (0.0053)	556,919,180,575	242,405
Schnute	0.0510 (-0.0219)	-0.1561 (0.7281)	-0.0010 (0.8869)	0.0000 (0.3962)	201,417,939,557	147,087
WH	0.4046 (0.3588)	-0.3584 (0.4007)	-0.0065 (0.3677)	0.0000*** (0.0080)	53,144,814,316	81,511
Fox	0.3602 (0.3090)	-0.1111 (0.8465)	-0.0061 (0.6009)	0.0000* (0.0483)	957,206,257,896, 860,000,000	5,654,544,093
CYP	0.6865 (0.6624)	2.0032** (0.0177)	0.5324*** (0.0028)	-0.0000 (0.1490)	212,608,486	12,640

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

Fox model: $(C=r \ln(qk), X_1=r, X_2=q)$, CYP model's $(C=\frac{2r}{2+r} \ln(qk), X_1=\frac{2-r}{2+r}, X_2=\frac{q}{2+r})$

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}, MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}$$

*, **, *** means statistically significant levels of 10%, 5% and 1% significance respectively

Table 3. Producer price of five fishing boats and cost per horse power

Year	LPT		LOT		LPS		OLL		OA	
	Cost (won/hp)	Price (won/kg)	Cost (won/hp)	Price (won/kg)	Cost (won/hp)	Price (won/kg)	Cost (won/hp)	Price (won/kg)	Cost (won/hp)	Price (won/kg)
2014	59,912	71	887	22	3,015	80	529,451	11,616	777	1,067
2015	30,880	137	1,754	24	4,428	36	455,899	12,491	488	968
2016	23,473	184	1,009	13	3,413	77	407,740	13,604	813	1,051

Source: Korean Statistical Information Service (2016b)

유의성 및 평균제곱오차, 평균절대오차를 비교한 결과, CYP 모형의 R^2 가 가장 높게 추정되어 모형의 설명력이 비교적 우수한 것으로 추정되었으며, 평균제곱오차, 평균절대오차는 가장 낮게 도출되어 본 연구에서는 CYP 모형을 통해 분석된 q, k, r 을 이용하여 동태적 최적해를 추정하였다.

경제적 파라미터 선정

쌍끌이대형저인망어업, 대형트롤어업, 대형선망어업, 근해연승어업, 근해채낚기어업의 총 어업비용은 국가통계포털 (2016b)의 연도별 어업경영조사를 이용하였으며, 마력수는 수산정보포털 (2016a)의 연도별 등록어선통계를 이용하였다. 생산가격과 마력당 어업비용은 국가통계포털 (2016a)에서 조사한 갈치 생산자물가지수를 이용하였으며, 최근 3년 자료를 2010년의 가치로 실질화하여 분석을 실시하였다. 갈치의 어업비용과 생산가격은 가중 평균하여 추정하였으며, 어업비용은 507,893원, 생산가격은 13,814원으로 나타났다. 본 연구에 이용된 사회적 할인율은 한국개발연구원(KDI)이 2017년 발표한 예비타당성조사에 기초하여 4.5% 할인율을 적용하여 분석하였다.

동태적 최적량 추정

CYP 모형을 이용하여 추정된 생물적·기술적 계수와 경제적 매개변수를 정리하면 Table 4와 같다.

먼저, 식 (23)을 통계프로그램인 R을 통하여 최적자원량(X^*)을 추정하였다. 수치 해석적 분석 결과, 갈치의 최적자원량(X^*)은 약 79,877톤으로 추정되었으며, 최적어획노

Table 4. Technological and biological estimates and economic parameters

Parameter	Hairtail
q	0.0000004603
k (kg)	157,632,499
r	0.6102152634
c (won/hp)	507,893
p (won/kg)	13,814
δ (%)	4.5

Table 5. Optimal stock level, fishing efforts and fishing production

Optimal level	Hairtail
X^* (ton)	79,877
F^* (hp)	901,080
Y^* (ton)	33,133

Table 6. Changes in optimal stock level, fishing production, and fishing efforts caused by changes in producer price

changing ratio of p	X^* (ton)	F^* (hp)	Y^* (ton)
-30%	114,105	428,353	22,500
-20%	99,846	605,306	27,822
-10%	88,754	761,395	31,109
0	79,877	901,080	33,133
+10%	72,616	1,027,426	34,345
+20%	66,566	1,142,736	35,017
+30%	61,443	1,248,887	35,325
+40%	57,055	1,347,095	35,382
+50%	53,253	1,438,527	35,265
+60%	49,923	1,524,116	35,026

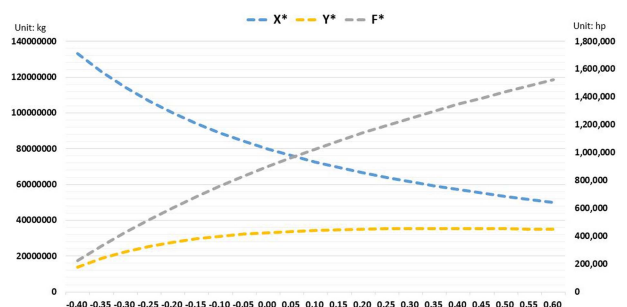


Fig. 3. Changes in optimal stock level, fishing production, and fishing efforts caused by changes in producer price

력량(F^*)은 약 901,080마력, 최적어획량(Y^*)은 약 33,133톤으로 추정되었다. Table 6, 7과 Fig. 3, 4는 경제적 매개

Table 7. Changes in optimal stock level, fishing production, and fishing efforts caused by changes in fishing cost per horse power

changing ratio of c	X* (ton)	F* (hp)	Y* (ton)
-40%	47,925	1,578,251	34,819
-30%	55,913	1,373,915	35,363
-20%	63,900	1,196,912	35,208
-10%	71,888	1,040,784	34,443
0	79,877	901,080	33,133
+10%	87,863	774,781	31,338
+20%	95,850	659,442	35,382
+30%	103,838	553,341	26,450

변수의 변화에 따른 갈치의 최적수준의 변화를 분석해 본 것으로 먼저 생산가격의 변화에 따른 최적자원량, 최적어획노력량, 최적어획량은 다음과 같다.

Fig. 3은 Table 6을 그래프로 나타낸 것으로, Table 4에서 추정된 생산가격을 0%에 두고 생산가격의 증감에 따라 최적자원량과 최적어획노력량, 최적어획량이 어떻게 변하는지에 대해 민감도 분석을 실시하였다. 분석 결과, 생산가격이 하락함에 따라 어업인의 조업 동기가 상실되어 자원량이 증가하는 것으로 나타났다. 반대로, 생산가격의 상승은 어업인들로 하여금 조업 동기를 유발시켜 최적어획노력량이 증가하는 것으로 도출되었다. 최적어획노력량의 증가에 따라 최적자원량은 감소하는 것으로 나타났으며, 최적어획량은 최적어획노력량과 함께 증가하지만 가격이 50% 상승한 20,720원부터는 조금씩 어획량이 감소하는 추세를 보였다. 이는 갈치 자원을 지속적으로 어획할 수 있는 MSY 수준 이상의 어획노력량이 투입되기 때문에 가격 상승에 따른 어획노력량의 증가가 오히려 갈치 자원량을 감소시켜 어획량도 줄이게 됨을 확인할 수 있다. 구체적으로 Fig. 3에서 보듯이 갈치의 생산가격 상승은 자원이 남획된 상황 하에서 실질적으로 자원량 감소를

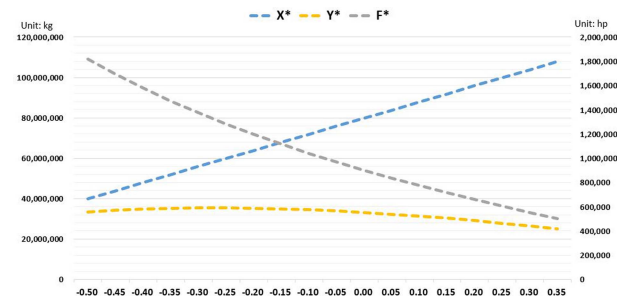


Fig. 4. Changes in optimal stock level, fishing production, and fishing efforts caused by changes in fishing cost per horse power

Table 8. Comparison of standardized fishing effort and estimated fishing effort

	Effort (hp)	Catch (ton)
Resent 3 years (2014–2016)	1,277,284	25,113
Optimal level	901,080	33,133

부추길 뿐만 아니라 어획노력량도 증가시켜 갈치어업의 경영 악순환을 초래할 수 있음을 시사한다.

Table 7과 Fig. 4는 마력당 어업비용이 상승함에 따른 최적자원량, 최적어획노력량, 최적어획량의 변화를 나타낸 것이다. 어업비용이 상승하면 조업 동기 상실로 인해 최적어획노력량은 감소하고 최적자원량은 증가한다. Fig. 4를 통해 확인할 수 있듯이 어업비용이 계속 상승하게 되면 최적어획노력량과 최적어획량을 감소하게 되므로 최적자원량을 증가시키는 긍정적인 효과를 가져 온다. 그러나 어업비용이 현재 수준에서 최대 30% 하락한 355,525원 이하로 떨어지게 되면 최적어획노력량의 증가가 최적어획량을 감소시키는 부정적인 효과를 가져 오를 수 있다. 즉, 어업비용이 최대 30%까지 하락할 경우 생산가격 상승과 마찬가지로 어획노력량의 증가로 어획량 증가에 긍정적인 효과를 가져 오나, 30% 이상으로 어업비용이 하락하게 되면 어획노력량이 MSY 수준 이상으로 투입되는 것으로, 이또한 갈치 어업에 부정적 효과를 초래할 수 있음을 시사한다.

Table 8은 최근 3년(2014–2016년)의 5개 어업의 표준화된 어획노력량과 5개 어업의 갈치 실제 어획량의 합계 및 해밀토니안기법으로 추정된 최적어획노력량과 최적어획량을 나타낸다. 두 자료의 비교 분석 결과, 최근 3년의 표준화된 어획노력량이 추정된 최적어획노력량에 비해 높음을 확인할 수 있다. 이는 최근 3년의 표준화된 어획노력량이 최적어획노력량 보다 과도하게 투입되어 갈치의 남획을 초래하고 있으며, 이로 인해 갈치를 어획하는 어업의 경제적 이익을 저해할 뿐만 아니라 갈치의 자원량 또한 감소시키는 문제를 야기하고 있다. 따라서 갈치 어업의 경제적 효율성을 도모하고 자원의 지속적 이용을 위해서는 갈치 어업에 대한 체계적인 자원관리시스템 및 제도 도입이 필요한 상황이다.

4. 결 론

본 연구에서는 Gompertz 성장함수에 근거한 현재가치 해밀토니안기법을 이용하여 쌍끌이대형저인망어업과 대형트롤어업, 대형선망어업, 근해연승어업, 근해채낚기어업에 의해 어획되는 갈치의 최적자원량, 최적어획량, 최적어획노력량을 추정된 후 경제적 주요 파라미터인 생산가격, 어업비용의 변화에 따라 이들 자원량, 어획량, 어획노력량

이 어떻게 변하는지를 분석하였다.

분석 결과를 종합적으로 살펴보면, 갈치를 어획하는 상기 5개 어업의 어획노력량을 하나의 단위로 표준화된 어획노력량을 추정한 후, CYP 모형을 적용하여 q , k , r 계수 값을 추정하였다. 분석 결과, 5개 잉여생산모형 중 CYP 모형의 결정계수 값이 가장 높았으며, 평균제곱오차, 평균절대오차도 가장 낮아 CYP 모형을 분석모형으로 선정하였다. 둘째, 추정된 q , k , r 계수 값과 경제적 파라미터인 생산가격, 어업비용을 현재가치 해밀토니안기법에 적용하여 최적자원량, 최적어획노력량, 최적어획량을 추정하였다. 분석 결과, 갈치의 최적자원량, 최적어획노력량, 최적어획량은 각각 79,877톤, 901,080마력, 33,133톤 수준으로 추정되었다. 이 중 최적어획노력량은 2014-2016년에 해당하는 최근 3년의 표준화된 어획노력량보다는 현저히 낮은 수준으로 현재 갈치 자원이 비효율적으로 이용되고 있음을 뚜렷이 보여주고 있다. 셋째, 현재가치 해밀토니안기법으로 추정된 각 최적수준이 생산가격, 어업비용의 파라미터 변화에 따라 어떻게 변화하는지 민감도 분석을 실시하였다. 분석 결과, 갈치의 생산가격이 50% 이상 상승하면 최적어획노력량이 F_{MSY} 수준 이상으로 투입되어 갈치 자원량이 감소함에 따라 최적어획량 또한 줄어드는 결과를 초래할 수 있음을 확인하였다. 또한 어업비용이 30% 이상 하락할 경우, 생산가격 상승과 마찬가지로 어획노력량의 증가가 자원량의 감소로 이어져 갈치 어획량을 더 이상 증가시킬 수 없는 것으로 분석되었다. 그러므로 이상을 종합해 보면, 현재 비효율적으로 조업하고 있는 갈치 자원에 대해 경제적 효율성 및 자원의 지속성을 도모하기 위해서는 적정 어획노력량 수준을 유지할 수 있도록 어선감척사업을 뿐만 아니라 갈치 자원의 증가를 조장하는 어장 휴어제의 도입과 함께 갈치 어종을 TAC 대상품목으로 지정하는 정책 추진 등이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구는 지금까지 시도해 보지 않았던 갈치를 어획하는 5개 주요 어업을 대상으로 CYP 모형을 통해 자원을 평가한 후 이를 지수 형태의 Gompertz 성장식과 현재가치 해밀토니안기법을 이용하여 동태적 최적 어획량과 어획노력량, 그리고 자원량을 추정해 보았다는 데 의의가 있다. 이러한 지수 형태의 수치적 도출 기법은 세계적으로도 거의 소개되지 않은 것으로 학문적으로 진전을 보인 연구라 할 수 있다. 아울러 Shaefer 성장식으로 설명이 불가능한 어종의 동태적 최적량 추정을 동 기법을 이용하여 분석 한다면 향후 정부 또는 관련 연구기관 등에 의미 있는 정보를 제공해 줄 수 있을 것으로 판단된다.

끝으로 본 연구의 한계는 다음과 같다. 대표적 회유성 어종인 갈치의 자원을 평가함에 있어 기후변화와 더불어 주변국들의 어획량 및 어업규제 정책을 고려하지 못한 한계가 있다. 구체적으로 2017년부터 중국의 하계 휴어기간

이 1개월 늘어나면서 최근 국내 갈치 어획량이 다시 증가하여 가격이 급락한 상황을 반영하지 못한 점을 들 수 있다. 이에 향후 연구에서는 주변국의 어업규제 정책의 변화로 인한 국내 갈치 어획량 변화 등을 고려한 갈치어종의 자원평가를 추가적으로 실시할 필요가 있다. 아울러 갈치 자원을 이용하는 일본, 중국 등 주변 국가들의 어획 및 어획노력량 자료를 함께 수집해 동 자원을 종합적으로 평가해 볼 필요가 있다. 그 외에도 갈치 자원의 최적 수준을 도출한 후 개별 파라미터의 변인별 함수 추정 등을 통해 경제적 파라미터의 시나리오 분석의 한계를 극복해 볼 필요도 있다.

사 사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2017년)에 의하여 연구(This work was supported by a Research Grant of Pukyong National University (2017 year))되었습니다.

참고문헌

- 국가통계포털 (2016a) 생산자 물가지수. <http://kosis.kr> Accessed 23 Sep 2017
- 국가통계포털 (2016b) 어업경영조사. <http://kosis.kr> Accessed 23 Sep 2017
- 남종오 (2011) 해밀토니안기법을 이용한 대형선망어업의 고등어·전갱이 최적어획량 결정. 해양정책연구 26(2):21-44
- 남종오, 심성현, 권오민 (2015) 해밀토니안기법을 이용한 복수어업의 참조기 최적어획량 추정. 수산경영론집 46(2): 59-74
- 박차수, 이동우, 황강석 (2002) 한국 연근해 갈치, *Trichiurus lepturus*의 분포와 회유. 한국수산자원학회지 5:1-11
- 수산정보포털 (2016a) 등록어선통계. <http://www.fips.go.kr> Accessed 23 Sep 2017
- 수산정보포털 (2016b) 어획량, 어획금액. <http://www.fips.go.kr> Accessed 23 Sep 2017
- 조훈석 (2018) 어선감척사업에 따른 주요연안어업의 자원효과 분석. 경제학석사 학위논문, 부경대학교, 75 p
- 최종열, 김도훈 (2009) 자율갱신적 어업자원의 최적 생산 결정: 고등어 대형선망어업을 사례로. 한국생산관리학회지 20(1):109-127
- 최종열, 김도훈 (2011) 도루묵 수산자원회복계획 하에서 동해구기선저인망어업의 최적 어획노력량과 어획량 수준 결정에 관한 탐색적 연구. 수산경영론집 43(1):1-9
- Clarke CW, Munro GR (1975) The economics of fishing and modern capital theory: a simplified approach. J Environ Econ Manag 2:92-106
- Clarke RP, Yoshimoto SS, Pooley SG (1992) A bioeco-

- conomic analysis of the North-western Hawaiian Islands lobster fishery. *Mar Resour Econ* **7**(3):115–140
- Fox WW (1954) An exponential surplus yield model for optimizing exploited fish populations. *T Am Fish Soc* **99**(1):80–88
- Gavaris S (1980) Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. *Can J Fish Aquat Sci* **37**:2272–2275
- Nam JO (2007) Korean fisheries: policies, stock assessment and compliance issues. Ph.D. Thesis, University of Rhode Island, 142 p
- Schaefer MB (1954) Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *B Inter-American Trop Tuna Comm* **1**(2):27–56
- Schnute J (1977) Improved estimates from the Schaefer production model: theoretical considerations. *J Fish Res Board Can* **34**(5):583–603
- Walters CJ, Hilborn R (1976) Adaptive control of fishing systems. *J Fish Res Board Can* **33**(1):145–159
- 2017
- Nam JO (2011) Determining optimal production of mackerel and jack mackerel caught by large purse seine based on Hamiltonian method. *Ocean Policy Res* **26**(2):21–44
- Nam JO, Sim SH, Kwon OM (2015) Estimating optimal harvesting production of yellow croaker by multiple fisheries using Hamiltonian method. *J Fishery Business* **46**(2):59–74
- Park CS, Lee DW, Hwang KS (2002) Distribution and migration of Hairtail, *Trichiurus lepturus* in Korean waters. *Korean J Fish Aquat Sci* **5**:1–11
- Fishery Information Service (2016a) Catch and price. <http://www.fips.go.kr> Accessed 23 Sep 2017
- Fishery Information Service (2016b) Registered fishing boat statistics. <http://www.fips.go.kr> Accessed 23 Sep 2017
- Cho HS (2018) Analysis on resource effectiveness of major coastal fisheries by vessel buy-back program in Korea. M.D. Thesis, Pukyong National University, 75 p
- Choi JY, Kim DH (2009) Optimal production of self-renewable fishery resources: the case of mackerel large purse seines fishery. *J Fishery Business* **20**(1):109–127
- Choi JY, Kim DH (2011) An exploratory study on determining optimal fishing effort and production levels of Danish Seine Fishery under the Sandfish Stock rebuilding plan. *J Fishery Business* **43**(1):1–9
- Korean Statistical Information Service (2016a) Producer price index. <http://kosis.kr> Accessed 23 Sep 2017
- Korean Statistical Information Service (2016b) Fishery management survey. <http://kosis.kr> Accessed 23 Sep

국문 참고자료의 영어 표기

English translation / Romanization of references originally written in Korean

Received Sep. 3, 2018

Revised Nov. 6, 2018

Accepted Nov. 8, 2018

APPENDIX

Table APPENDIX A. Result of the General Linear Model

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Stat.	Prob.
C	0.0308	0.4978	0.0618	0.9508
1988	-0.0564	0.6612	-0.0854	0.9321
1989	1.4578**	0.6612	2.2046	0.0295
1990	1.4856**	0.6612	2.2466	0.0266
1991	1.3997**	0.6612	2.1168	0.0364
1992	1.6626**	0.6612	2.5143	0.0133
1993	1.0802	0.6612	1.6336	0.1051
1994	1.9863***	0.6612	3.0038	0.0033
1995	2.2210***	0.6612	3.3588	0.0011
1996	2.0473***	0.6612	3.0961	0.0025
1997	1.9809***	0.6612	2.9956	0.0033
1998	2.1396***	0.6612	3.2357	0.0016
1999	2.1862***	0.6612	3.3061	0.0013
2000	2.6454***	0.6612	4.0006	0.0001
2001	2.7140***	0.6612	4.1044	0.0001
2002	2.4220***	0.6612	3.6628	0.0004
2003	2.5524***	0.6612	3.8600	0.0002
2004	2.4747***	0.6612	3.7426	0.0003
2005	2.6443***	0.6612	3.9989	0.0001
2006	2.5338***	0.6612	3.8319	0.0002
2007	2.7155***	0.6612	4.1066	0.0001
2008	2.6238***	0.6612	3.9679	0.0001
2009	3.1498***	0.6612	4.7634	0.000
2010	2.7707***	0.6612	4.1901	0.0001
2011	2.0492***	0.6612	3.0991	0.0024
2012	1.7506***	0.6612	2.6474	0.0092
2013	2.2170***	0.6612	3.3527	0.0011
2014	2.1736***	0.6612	3.2872	0.0013
2015	2.1838***	0.6612	3.3026	0.0013
2016	1.9250***	0.6612	2.9112	0.0043
d1	2.2291***	0.2700	8.2572	0.0000
d2	1.8018***	0.2700	6.6744	0.0000
d3	1.0581***	0.2700	3.9194	0.0002
d4	0.4049	0.2700	1.4999	0.1364
R-squared	0.5886	Mean dependent var		3.1674
Adjusted R-squared	0.4715	S.D. dependent var		1.4382
S.E. of regression	1.0455	Akaike info criterion		3.1232
Sum squared resid	126.8012	Schwarz criterion		3.8056
Log likelihood	-200.2397	Hannan-Quinn criter.		3.4004
F-statistic	5.0283	Durbin-Watson stat		0.4164
Prob(F-statistic)	0.0000			

Note: *, **, *** means statistically significant levels of 10%, 5% and 1% significance respectively