

패널데이터를 이용한 양식 송어 출하량 결정함수 추정

강동현 · 박철형[†]
부경대학교(학생) · [†]부경대학교(교수)

Estimating Farmed Trout Shipment Determination Functions Using Panel Data

Dong Hyun KANG · Cheol-Hyung PARK[†]

Pukyong National University(student) · [†]Pukyong National University(professor)

Abstract

This study is to analyze the factors of affecting shipment by estimating the shipment determination function of farmed trout. As a result of principal component analysis, it was confirmed that the first principal component showed an eigenvalue of 2.8842 and explained about 58% of the total breeding quantity. Also, as a result of the Hausman test, the null hypothesis was rejected, so the random effect model was adopted. The likelihood ratio test was performed to select the forms of the Cobb-Douglas function and the Trans-log function, and as a result of the LR test, the form of the Trans-log function was adopted at a significance level of 5%. After estimating the form of trans-log shipment determination function, shipment elasticity and marginal shipment were calculated. As a whole, it was confirmed that the local price, fry provision, and principal component of breeding volume affect the shipment. Among them, local price was analyzed to have the greatest influence. In addition, as a result of dividing the province into Gangwon, Chungbuk, Gyongbuk and testing the returns to scale, Gangwon was in a state of constant returns to scale. However, Chungbuk and Gyongbuk were in a state of decreasing returns to scale.

Key words : Farmed trout, Principal component analysis, Shipment determination function, Returns to scale

I. 서론

「2017 송어소비행태조사」에 따르면 송어를 소비한 경험이 있는 소비자 중 42.7%는 산지에 위치한 횡집에서 소비한 적이 있다고 응답하였다. 이는 두 번째로 높은 응답률을 기록한 주변 횡집소비(26.7%)와도 상당한 차이를 보이는 것으로 산지를 중심으로 소비되는 비중이 높은 것을 알 수 있다(Kang, 2017). 또한, 주 소비 시기 조사 결과에서는 겨울에 주로 소비한다는 응답자의 비율이 35.2%로 나타났다. 이는 가을(14.6%)과 봄

(9.1%), 여름(7.8%)과도 큰 차이를 보이는 수치이며 송어 축제가 개최되는 겨울에 주로 소비하는 경향이 있기 때문인 것으로 보인다. 이처럼 송어의 소비행태는 소비지가 아닌 산지에서 주로 소비되고 축제와 같은 여가 활동에 의해 소비량이 크게 변동하는 특성을 가지고 있어 소비에 영향을 줄 수 있는 사건이 발생하였을 때 다른 어종과 비교해 소비가 급격하게 변동하는 등 상황에 따라 민감하게 반응하는 특징이 있다(Kang, 2015a).

코로나 19의 장기화로 인한 사회적 거리두기가 강화되면서 송어를 대표하는 평창송어축제는

[†] Corresponding author : 051-629-5319, chpark@pknu.ac.kr

2021년 취소되어 축제용 송어 출하가 전혀 이루어지지 못하는 등 업계에 큰 어려움이 있었다 (Back, 2021a). 정부에서는 드라이브 스루 판매 행사를 통해 침체에 빠진 수산물 소비를 다시 회복하고자 하였으며 송어 양식업계 역시 판매 행사에 참여해 출하 부진을 극복하고자 하였다. 추가적으로, 업계 최초로 군납이 성사되며 적체 물량을 해소할 수 있는 방안을 강구하는 등 조금씩 코로나 19로부터 회복하는 모습을 보였다. 하지만 코로나 19의 변형 바이러스인 오미크론이 다시금 유행하면서 개최예정이었던 2022년 평창송어축제는 또다시 취소되었다. 이렇듯 2년 연속으로 축제가 취소되면서 송어 업계는 계속해서 위기상황에 직면하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 송어의 양식에 투입되는 정량변수들을 통해 출하량 결정함수를 추정하고, 설명변수들이 출하량에 주는 영향력을 파악해 실질적인 정보를 제공하는 데 목적이 있다. 함수추정에 이용된 치어 입식량, 급이량, 양성물량, 산지가격과 같은 설명변수들이 출하에 어떠한 영향을 주는지, 더하여 출하에 영향을 주는 수준의 정도가 어떠한지에 대해 분석하고 지역별 최적 규모 상태의 크기를 예측할 수 있다면 송어 양식업계의 발전을 위한 과학적인 정보 제공이 이루어질 수 있을 것으로 판단해 본 연구를 진행하게 되었다.

전통적인 생산함수는 노동, 자본, 토지 등의 생산요소를 독립변수로 사용한다. 하지만 본 연구의 생산함수는 양식업에 투입되는 생산요소를 사용해 출하량을 분석한 점에 착안하여 이를 ‘출하량 결정함수’로 명명하여 분석을 진행하였다.

패널데이터를 이용해 다양한 함수들을 추정한 국내연구로는 Jeong(2010)의 패널데이터를 이용한 항공요금의 영향요인을 분석한 연구가 있다. Jeong et al.(2013)은 확률효과모형을 사용하여 이상기후가 쌀 단수에 미치는 영향을 분석하였으며, Yeo et al.(2019)은 패널데이터를 사용하여 연안여객선 취항계획 특성에 대해 실증분석을 진행

하였다. 그리고 Chae et al.(2020)은 패널 고정효과모형을 사용하여 사립대학의 교육비 환원 요인을 분석하였다.

수산분야에서 생산함수를 추정한 연구는 Sim and Nam(2017)의 근해어업을 대상으로 생산함수를 추정하여 규모수익 및 한계생산성을 분석한 연구가 있다. Shin and Jeong(2018)은 근해어업의 이산화탄소 배출 저감비용함수를 추정하였으며, Jo et al.(2019)은 WCPFC 수역의 눈다랑어를 대상으로 한 State-space 모형을 이용해 자원량을 추정하고, 이를 어획하는 원양연승어업의 생산함수를 추정하였다. 그리고 Cho and Nam(2020)은 트랜스로그 비용함수를 이용해 참치연승어업의 규모의 경제성에 대해 분석하였다.

수산업에서 함수를 추정한 연구들은 주로 근해어업 또는 원양어업을 대상으로 연구가 진행되어 왔으며 내수면 양식어업을 대상으로 한 함수추정 연구는 없는 것으로 파악되었다. 송어를 대상으로 진행된 연구는 주로 생명과학 분야에 집중되어 있으며 이에 관한 사회과학적 연구는 Park(2017)의 송어 양식업이 가진 경쟁력을 분석한 연구를 제외하고 적극적으로 이루어지지 않고 있다. 본 연구를 통해 내수면 어종 중 하나인 송어를 대상으로 출하량 결정함수의 추정 같은 분석이 진행된다면 추후 다른 내수면 어종을 분석 대상으로 하는 다른 연구와도 연계성이 있을 것으로 판단된다.

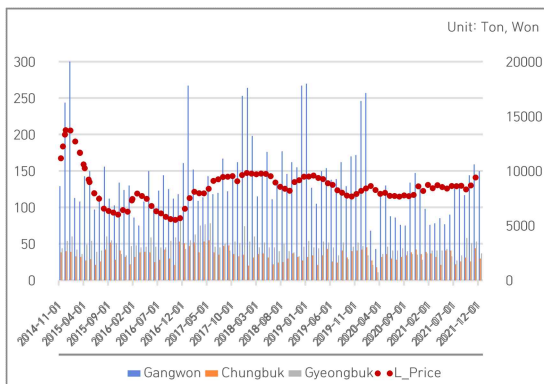
본 논문의 전개는 다음과 같다. 제 II장에서는 패널데이터를 사용한 자료분석에서 이용한 고정효과모형과 확률효과모형에 대해 논의한 후 Cobb-Douglas 출하량 결정함수와 Trans-Log 출하량 결정함수의 형태에 대해 파악한다. 더하여 다변량 변수를 이용해 하나의 변수로 축소할 수 있는 주성분분석에 대해 논의한다. 제 III장에서는 분석 대상의 개요를 검토한 후 출하량 결정함수를 단계별로 추정한 결과를 살펴보고, 최종적으로 도출된 출하량 결정함수를 파악한다. 이후 추정된 함수를 이용해 출하탄력성과 한계출하분을

추정하고, 계산된 결과를 바탕으로 규모 수확 불변 여부를 검정한다. 마지막 제 IV장에서는 분석 결과를 요약하고 본 연구가 갖는 시사점과 한계점에 대해 기술한다.

II. 재료 및 방법

1. 자료 분석

다음 [Fig. 1]은 2014년 12월부터 2021년 12월 까지 85개월간의 송어 출하량의 변화추이를 보여 주고 있다. 전 기간에 걸쳐 출하량이 가장 많은 지역은 강원도로 나타났으며, 그다음으로 경상북도, 충청북도 순으로 나타났다.



[Fig. 1] Changes in trout shipments.

세 지역 모두 출하가 겨울철에 증가하였다가 봄과 여름철에 감소한 다음 이듬해 가을철을 시작으로 출하량이 회복하는 공통적인 계절성이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 이는 송어의 소비 특성상 겨울철 축제(12~1월)를 위한 출하물량이 집중되어 있기 때문이다. 겨울철에 출하량이 증가한 후 조금씩 감소하는 규칙적인 계절성을 제외하면 출하량에 있어 큰 변동성은 없었다.

하지만 코로나 19가 유행하기 시작하는 2020년 2월을 기점으로 세 지역 모두 급격히 출하량이 감소하였으며 이는 2020년 가을철에 접어들며 조금씩 출하량이 회복되고 있는 것으로 보인다.

2020년 초 급격한 출하량의 감소에는 2019년에 발생한 이상고온 현상으로 얼음이 제대로 얼지 않아 겨울 송어 축제 개최에 차질이 생긴 것과 코로나 19의 대유행으로 인해 수요부진이 지속된 점이 원인으로 제시되고 있다. 즉, 이상기온과 더불어 코로나 19의 대유행으로 인한 소비 위축이 발생해 축제용 송어 물량 출하가 원활히 이루어지지 못했던 부분이 급격한 출하량의 감소와 연결되었다 할 수 있다. 하지만 이 시기 가격의 급격한 하락은 발생하지 않았는데, 이는 사료 급이 조절, 입식량 감소, 군납 출하 등 업계의 다양한 노력이 있었기 때문이다(Back, 2021b).

2. 분석 자료 개요

본 연구는 출하량 결정함수의 추정을 위해 한국해양수산개발원(KMI) 수산업관측센터에서 제공하는 송어 관측 데이터를 이용해 분석하였다. 종속변수로는 송어 출하량을, 설명변수로는 송어의 산지 가격, 치어 입식량, 양성 물량, m^2 당 급이량을 사용하였다. 마지막으로 냉장 연어의 kg당 수입 가격을 이용하였다. 연어 수입 가격을 변수로 채택한 이유로는 첫 번째로 연어의 소비가 증가함에 따라 연어 수입을 대체하기 위한 대안으로 송어 양식을 하나의 대안으로써 사용하고자 하였기 때문이다(Ministry of Oceans and Fisheries, 2016). 이를 통해 송어의 출하에 연어가 어떠한 영향을 주었는지 확인하고자 하였으며 두 번째로는 우리나라 외식 문화가 서구화됨에 따라 신선·냉장 연어의 소비가 증가한 점을 고려해 냉장 연어의 수입량이 송어의 출하에 미친 영향을 파악하기 위함이다(Kim, 2018).

이후 독립변수의 변화율에 따른 종속변수의 변화율을 추적하기 위해 각 변수에 로그 변환을 시행하였다. 치어 입식량과 같이 0을 포함하고 있는 자료에는 데이터 절댓값에 1을 더한 후 로그 변환하여 투입하였다. 입식이 이루어지지 않은 시기에 그대로 '0'으로 설정해 분석할 경우 로그

변환이 시행되지 않으며, 이에 절댓값에 1을 더한 분석을 시행할 경우 그 의미를 왜곡하지 않는 범위에서 데이터를 보정하는 것이 가능하다(Kim, 2020). 앞서 설명한 설명변수 이외에도 코로나 19가 출하량에 어떤 영향을 주었는지, 계절에 따라 출하량이 어떻게 변화하는지 추적하기 위해 코로나 19 더미와 참조기준이 되는 1월을 제외한 11개의 월별 더미를 추가로 투입하여 분석하였다.

분석 기간은 2014년 12월부터 2021년 12월까지 85개로, 강원도와 충청북도, 그리고 경상북도 3개 지역의 255개 패널데이터를 이용하였다. 가격으로 표기된 자료는 물가변동분 제거를 위해 2015년 생산자 물가지수를 사용해 실질가치로 환산하였다. 연어 수입 가격자료의 경우 달러로 표시되어 있어 한국은행에서 제공하는 월별 환율 중가를 사용해 원화로 환산한 이후 생산자 물가지수를 이용해 물가변동분을 제거하여 분석에 이용하였다. 다음 <Table 1>은 분석에 이용된 변수들의 요약 통계량을 제시하고 있다.

3. 연구 모형

가. 패널자료분석

패널데이터를 이용하여 회귀분석을 시행한다면 횡단면데이터의 특징과 시계열데이터의 특성을 동시에 고려하여야 한다. 즉, 변수들의 동적관계와 패널 개체들의 이질성을 고려하면서 종속변수에 영향을 주는 요인을 분석할 수 있다(Heo, 2013). 패널회귀분석을 시행할 때는 개체 특성을 나타내는 오차항의 형태에 따라 고정효과모형(Fixed Effects Model)과 확률효과모형(Random Effect Model)으로 구분할 수 있다. 고정효과모형은 패널 개체 간 특성을 나타내는 오차항을 추정해야 할 모수(Parameter)로 간주하는 데 반해 확률효과모형은 앞서 설명한 특성에 대해 확률변수로 가정한다. 고정효과모형을 이용할 경우 독립변수와 패널개체의 특성간 상관관계가 존재하여도 일치추정량의 도출이 가능하나 확률효과모형

<Table 1> Statistical description of input variables

Variable	Mean	S.D	Max	Min
Shipment(Ton)	72	56	301	11
Local Price(Won)	9,265	1,760	13,182	5,457
Fry Provision (Ten thousand fry)	15.813	23.315	166	0
Feed(kg/m ²)	2.124	0.478	4.65	1.27
Imported Chilled salmon (Won)	8,359	3,581	12,512	5,401
Under 100g (Ton)	21	19	122	2
100g-300g (Ton)	51	46	297	1
300g-600g (Ton)	115	95	491	1
600g-800g (Ton)	131	90	442	7
Over 800g (Ton)	147	80	526	9

에서는 두 변수 간 상관관계가 존재하지 않을 경우에 효율적인 추정량을 도출할 수 있다. 따라서 두 모형 중 분석에 적합한 모형이 무엇인지 확인하기 위해 하우스만 검정(Hausman Test)을 이용하였다.

분석을 위해 1월을 제외한 11개의 월별 더미 변수를 투입하여 시간이 지남에 따라 발생하는 출하량의 변화를 포착함과 동시에 지역에 따른 출하량에 어떠한 차이가 있는지 확인할 수 있는 이원고정효과모형(Two Way Fixed Effect Model)을 사용하였다. 독립변수의 변화에 따른 종속변수의 탄력성을 추정하기 위해 각 변수에 대해 로그 변환을 시행했으며 이를 식으로 나타내면 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln Y_{it} = \alpha + \beta_i \sum_{i=1}^5 x_{it} + Covid19 + Feb + March + April + May + June + July + Aug + Sep + Oct + Nov + Dec + \gamma_i + \epsilon_{it} \dots\dots\dots (1)$$

위 식 (1)에서 종속변수 Y_{it} 는 송어의 출하량을 의미하며 $\beta_i \sum_{i=1}^5 x_{it}$ 는 5개의 설명변수를 뜻한다.

더미 변수에서 Covid 19은 코로나 19의 유행 이후를 1로 설정하였으며 Feb를 비롯한 11개의 월별 더미는 월변화에 따른 출하량의 차이를 확인하기 위해 투입하였다. 마지막으로, γ_i 와 ϵ_{it} 는 각각 지역에 따른 특성과 오차항을 나타낸다.

또한, 일반적으로 사용되는 Cobb-Douglas 함수와 더불어 Trans-Log 형태의 함수를 추가하여 출하량 결정함수의 비교분석에 이용하였다. 5개 설명변수를 사용한 Trans-Log 출하량 결정함수는 다음의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\ln Y_{it} = \alpha + \beta_i \sum_{i=1}^5 x_{it} + \frac{1}{2} \gamma_i \sum_{i=1}^5 x_{it}^2 + \sum_{i=1}^5 \sum_{j=1}^5 \delta_{ij} x_{it} x_{jt} + Covid + Feb + March + April + May + June + July + Aug + Sep + Oct + Nov + Dec + \eta_i + \epsilon_{it} \dots\dots\dots (2)$$

추정된 Trans-Log 출하량 결정함수를 통해 각각의 독립변수에 대한 출하탄력성과 한계출하분을 추정할 수 있다. 예를 들어 설명변수 산지가격에 대한 출하탄력성은 다음과 같이 정리하여 나타낼 수 있다.

$$\epsilon_1 = \frac{\Delta \ln(Ton)}{\Delta \ln(Local)} = \beta_1 + \beta_6 \ln(Local) + \beta_{11} \ln(Young) + \beta_{12} \ln(Feed) + \beta_{13} \ln(PCA) + \beta_{14} \ln(Import) \dots\dots\dots (3)$$

상기의 식 (3)에서 Ton은 출하량, Local은 산지가격, Young은 치어입식량, Feed는 급이량, PCA는 주성분을 뜻하며 Import는 송어 수입량을 의미한다. 이후 산지가격의 한계출하분은 다음 계산식을 통해 추정할 수 있다.

$$\frac{\Delta Ton}{\Delta Local} = \epsilon_1 \frac{\overline{Ton}}{Local} \dots\dots\dots (4)$$

이후 추정된 출하량 탄력성 값을 이용해 규모수확 불변의 충족 여부를 검정하였으며 이를 위해 다음의 귀무가설을 이용하였다.

$$H_0 = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4 + \epsilon_5 = 1 \dots\dots\dots (5)$$

나. 주성분분석

주성분 분석(Principal Component Analysis, PCA)은 해석하고자 하는 여러 변수가 가지고 있는 정보의 손실을 최소화하고 각각의 변수가 가지고 있는 정보를 가능한 한 많이 포함하고 있는 새로운 변수를 생성하는 기법이다. 동 분석을 통해 생성되는 주성분은 변환되는 변수의 분산이 최대가 되도록 해야 한다. 이는 분산이 원래의 변수들이 가지고 있는 정보를 의미하기 때문이다 (Park et al, 2003). 다수의 변수가 가지고 있는 정보를 최대한 함축하고 있는 주성분을 먼저 생성한 후 나머지 정보 중 최대의 정보를 함축하는 두 번째의 주성분을 생성하는 방식으로 생성된 주성분들은 서로 독립적으로 되어 이를 통해 개별 추정치의 정확도를 떨어뜨릴 수 있는 다중공선성(Multicollinearity)의 문제에서 벗어날 수 있다. 본 연구에서 사용하는 송어 양식과정의 5개 양성물량은 다음과 같다.

- v : 100g 미만
- w : 100g 이상 300g 미만
- x : 300g 이상 600g 미만

y : 600g 이상 800g 미만
 z : 800g 이상

위 5개 변량을 이용해 분산을 최대로 하는 합성변량은 다음 식 (6)와 같이 정리할 수 있다.

$$u = \alpha v + \beta w + \gamma x + \delta y + \epsilon z \dots\dots\dots (6)$$

이후 계수의 부정성을 제거하기 위해 다음과 같은 조건을 가정한다.

$$\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2 + \delta^2 + \epsilon^2 = 1 \dots\dots\dots (7)$$

합성변량 u 를 분산식에 대입하여 정리한 결과 식 (8)와 같이 나타낼 수 있다.

$$s_u^2 = \alpha^2 s_v + \beta^2 s_w + \gamma^2 s_x + \delta^2 s_y + \epsilon^2 s_z + 2\alpha\beta s_{vw} + 2\alpha\gamma s_{vx} + 2\alpha\delta s_{vy} + 2\alpha\epsilon s_{vz} + 2\beta\gamma s_{wx} + 2\beta\delta s_{wy} + 2\beta\epsilon s_{wz} + 2\gamma\delta s_{xy} + 2\gamma\epsilon s_{xz} + 2\delta\epsilon s_{yz} \dots\dots\dots (8)$$

식 (8)에서 $s_v^2, s_w^2, s_x^2, s_y^2, s_z^2$ 는 각 변수의 분산일, $s_{vw}, s_{vx}, s_{vy}, s_{vz}, s_{wx}, s_{wy}, s_{wz}, s_{xy}, s_{xz}, s_{yz}$ 는 변수 간 공분산을 의미한다. 식 (8)을 행렬로 나타낸다면 다음 식 (9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$s_u^2 = [\alpha \beta \gamma \delta \epsilon] \begin{bmatrix} s_v^2 & s_{vw}^2 & s_{vx}^2 & s_{vy}^2 & s_{vz}^2 \\ s_{vw}^2 & s_w^2 & s_{wx}^2 & s_{wy}^2 & s_{wz}^2 \\ s_{vx}^2 & s_{wx}^2 & s_x^2 & s_{xy}^2 & s_{xz}^2 \\ s_{vy}^2 & s_{wy}^2 & s_{xy}^2 & s_y^2 & s_{yz}^2 \\ s_{vz}^2 & s_{wz}^2 & s_{xz}^2 & s_{yz}^2 & s_z^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \\ \delta \\ \epsilon \end{bmatrix} \dots\dots\dots (9)$$

이후 식 (8)에서 설명하고 있는 분산식에 Lagrange 상수변화법을 사용한 후 식 (9)에 대입하면 다음과 같은 식으로 정리될 수 있다.

$$s_u^2 = \lambda \dots\dots\dots (10)$$

최종적으로, 주성분의 분산은 분산·공분산행렬의 고유치 문제를 해결하는 것을 통해 도출됨을 의미한다(Roh, 2010).

III. 결과 및 고찰

1. 주성분분석 결과

송어의 무게에 따른 양성물량 데이터를 그대로 분석에 이용할 경우 높은 상관관계로 인해 분석 결과의 신뢰도를 하락시킬 수 있는 다중공선성 문제가 발생할 우려가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 5개 양성물량기준에 대해 주성분 분석을 시행하였으며 분석 결과는 다음 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Eigenvalue and Variance Proportion of Principal Component Analysis

Component	Eigenvalue	Diff.	Proportion	Cumulative
Comp 1	2.8842	1.9959	0.5768	0.5768
Comp 2	0.8882	0.2521	0.1776	0.7545
Comp 3	0.6360	0.3003	0.1272	0.8817
Comp 4	0.3357	0.0799	0.0671	0.9488
Comp 5	0.2557	.	0.0512	1.000

상관행렬에 기초하여 주성분 분석이 이루어졌을 경우 1보다 작은 고유치를 갖는 주성분은 원래의 변수보다 더 작은 정보를 가져 보유할 가치가 없어지게 된다(Lee, 2015). 분석 결과 생성된 5개의 주성분 중 오직 제1주성분만이 2.8842의 고유치(Eigenvalue)를 가진 것으로 파악되었다. 동성분의 설명률 역시 약 58%로 나타나 종합적으

로 보았을 때 제1주성분을 5개의 양성물량을 설명할 수 있는 적절한 변수로 판단하여 본 분석에 이용하였다. 다음 <Table 3>는 생성된 주성분을 구성하고 있는 고유벡터(Eigenvector)를 나타내고 있다. 제1주성분을 구성하고 있는 5개 요인은 각각의 양성물량에 대해 0.5003, 0.4569, 0.4223, 0.4161, 0.4352의 상관계수를 보여 제1주성분은 5개 양성물량에 대한 전반적인 정보를 적절히 포함하고 있음을 확인할 수 있다.

<Table 3> Constitution of Principal Component

Variable	Comp 1	Comp 2	Comp 3	Comp 4	Comp 5
Under 100g	0.5003	-0.3677	0.0287	-0.1024	-0.7771
100g-300g	0.4569	0.0404	-0.6808	-0.4777	0.3129
300g-600g	0.4223	0.6029	-0.1805	0.6440	-0.1042
600g-800g	0.4161	0.3970	0.6778	-0.4284	0.1621
Over 800g	0.4352	-0.5855	0.2088	0.4040	0.5110

<Table 4>에 생성된 주성분의 주성분점수에 대한 요약 통계량을 제시하였다. 제1주성분을 확인한 결과 주성분점수의 최댓값은 6.107, 최솟값은 -1.853으로 분석되며 최솟값에서 음의 값이 존재하였다. 투입하는 변수 중 음의 값이 존재할 경우 로그 변환을 시행할 수 없으므로 이를 해결하기 위해 모든 주성분점수에 최솟값의 절댓값인 1.8533만큼을 더해 최솟값을 0으로 재구성하였다. 이후 최댓값 7.9603을 100점으로 설정하여 비례식을 산정하고 나머지 변수들을 산정한 비례식을 이용해 재척도화를 시행한 후 본 분석에 활용하였다.

<Table 4> Summary Statistics of Component 1

Variable	Mean	S.D	Max	Min
Score	-0.0017	1.6672	6.1070	-1.8533

2. 출하량 결정함수 추정 결과

다음 <Table 5>에 이원고정효과모형과 이원확률효과모형에 대해 Cobb-Douglas 형태로 추정된 결과이다. 추정 결과 두 모형 모두 정량적 데이터 중 산지가격, m^2 당 급이량, 양성물량의 제1주성분이 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 코로나 19는 두 모형에서 모두 유의하였으며 월별 더미는 5월과 8월, 11월의 추정값을 제외하고 모두 통계적으로 유의하였다.

<Table 5> Result of Estimated Cobb-Douglas Function

Variable	Fixed	Random
	Coefficient	Coefficient
Cons	0.3284	-1.7815
Local	0.3165***	0.6698***
Fry	0.0243	0.0830***
Feed	0.3176***	0.3623***
Salmon	0.0116	-0.1816
Comp 1	0.1065***	0.4629***
Covid 19	-0.1965***	-0.2016***
Feb	-0.2092***	-0.2391**
Mar	-0.3928***	-0.4646***
Apr	-0.1715**	-0.2755***
May	-0.0592	-0.1575
June	-0.3039***	-0.3852***
July	-0.2963***	-0.3225***
Aug	-0.0952	-0.0905
Sep	-0.1939**	-0.2007*
Oct	-0.1897**	-0.1867*
Nov	-0.1130	-0.1668
Dec	-0.1232*	-0.2156**
Gangwon	1.0560***	
Chungbuk	0.2029***	

Note: P<0.01 *** P<0.05 ** P<0.1 *

1) Local: Local Price 2) Fry: Fry Provision

3) Salmon: Imported Chilled Salmon Price

이후 하우스만 검정을 이용해 적합한 함수 형태가 어떤 것인지 검정하였으며 다음 <Table 6>

에 하우스만 검정 시행결과를 나타내었다.

<Table 6> Result of Hausman test (Cobb-Douglas)

Hausman Test(Fixed vs Random)	
χ^2_5	187.51***
Prob.	0.0000

Note: P<0.01 *** P<0.05 ** P<0.1 *

$$H_0 : cov(x, u_i) = 0$$

검정 결과 1%의 유의수준에서 ‘독립변수 x_{it} 와 패널 개체 특성 u_i 간에는 공분산이 존재하지 않는다.’라는 귀무가설을 기각하였다. 이를 통해 본 연구에서는 고정효과 모형을 사용하는 것이 적합한 것으로 확인되었다.

이후 Trans-Log 형태에 기반해 고정효과모형과 확률효과모형을 추정한 결과를 <Table 7>에 보고하였다. Trans-Log 출하량 결정함수의 경우 고정 탄력성을 가정하지 않아 Cobb-Douglas 형태와 비교해 매우 신축적 함수형태라는 장점을 지닌다 (Nam and Kang, 2015).

Trans-Log 출하량 결정함수에 대해서도 하우스만 검정을 시행한 결과를 <Table 8>에 나타내었으며, 마찬가지로 1%의 유의수준에서 귀무가설이 기각되는 것으로 나타났다.

이후 Trans-Log와 Cobb-Douglas 중 본 분석에 더욱 적합한 함수의 형태를 선정하기 위해 두 함수에 대해 우도비검정(Log-Likelihood Ratio Test)을 시행하였다. 검정 결과를 <Table 9>에 나타내었으며, 검정 결과 ‘두 모형 간 우도의 차이는 존재하지 않는다.’는 귀무가설을 5%의 유의수준에서 기각하며 Trans-Log 출하량 결정함수 형태가 적합한 것을 확인할 수 있었다.

Trans-Log 고정효과모형의 터미 변수를 확인한 결과, 코로나 19는 -0.2106로 추정되어 코로나 유행 이후 송어 출하량은 이전과 비교해 $100[e^{-0.2106} - 1] = -18.99\%$ 감소하였음을 확인할 수 있었다. 송어는 산지에서 주로 소비가 이루어지는 어종인 만큼 코로나 19에 따른 여행 및

<Table 7> Result of Estimated Trans-Log Function

Variable	Fixed	Random
	Coefficient	Coefficient
Cons	100.0866	107.225
Local	-5.5637	-7.4771
Fry	-0.2153	0.1370
Feed	-0.6968	2.2742
Salmon	-15.8451**	-15.5225**
Comp 1	-0.3873	-2.5444**
Local ²	0.8530	1.6018
Fry ²	0.0378*	0.0322
Feed ²	-0.9677	-0.8337
Salmon ²	1.8486**	2.3056**
Comp 1 ²	0.0102	0.2226***
Local·Fry	-0.0375	-0.1053
Local·Feed	-0.5650	-1.1606*
Local·Salmon	-0.1618	-0.6794
Local·Comp 1	-0.0144	0.2452*
Fry·Feed	0.1180*	0.1009
Fry·Salmon	-0.0257	0.0814
Fry·Comp 1	0.0084	0.0008
Feed·Salmon	0.7042	0.9438
Feed·Comp 1	0.0949	0.1295
Salmon·Comp 1	0.0622	0.0164
Covid 19	-0.2106***	-0.1751***
Feb	-0.1889**	-0.2078**
Mar	-0.4058***	-0.4426***
Apr	-0.1785**	-0.2402**
May	-0.0641	-0.2024**
June	-0.3050***	-0.4100***
July	-0.3078***	-0.3725***
Aug	-0.1414*	-0.1785*
Sep	-0.1966**	-0.2226**
Oct	-0.1736**	-0.1851**
Nov	-0.1096	-0.1555*
Dec	-0.1602**	-0.1672**
Gangwon	1.0008***	
Gyeongbuk	0.1906***	

Note: P<0.01 *** P<0.05 ** P<0.1 *

- 1) Local: Local Price 2) Fry: Fry Provision
- 3) Salmon: Imported Chilled Salmon Price

관광의 제약으로 출하량에 영향을 주었을 가능성이 크며 실증분석 결과 부정적인 영향이 존재하였음이 확인되었다.

월별 터미를 확인한 결과 모든 계수 값이 음(-)의 값으로 추정되었으며, 이는 참조기준이 되는

1월과 비교했을 때 상대적으로 적은 출하가 이루어진 점이 반영된 것으로 해석될 수 있다. 시기에 따른 출하량의 변동 폭을 추적해보면 3월에 $100[e^{-0.4058} - 1] = -33.35\%$ 의 가장 큰 출하량 감소가 존재하였다. 4월에 이를 잠시 회복하는 듯했으나 6월과 7월에 각각 $100[e^{-0.3050} - 1] = -26.28\%$ 와 $100[e^{-0.3078} - 1] = -26.49\%$ 로 나타나며 출하가 다시 감소하였고, 이후 8월을 기점으로 조금씩 회복하는 모습을 보였다.

<Table 8> Result of Hausman test (Trans-Log)

Hausman Test(Fixed vs Random)	
χ^2_{31}	77.15***
Prob.	0.0000

Note: P<0.01 *** P<0.05 ** P<0.1 *

전체적으로, 출하에 있어 봄과 여름에 출하가 큰 폭으로 감소하는 경향을 보이고 가을철에 접어들어 따라 감소세가 조금씩 회복되는 추세를 확인할 수 있다. 송어는 산지에서 활어회로 주로 소비가 이루어지고 있어 봄맞이 관광객 수요가 많은 4~5월, 겨울 축제 기간인 12~1월에 송어 출하가 많이 이루어지고 있어 이러한 계절성이 추정값에 반영된 것으로 보인다.

<Table 9> Result of Log Likelihood Ratio test

Cobb-Douglas - Trans-Log	
χ^2_{15}	25.16**
Prob.	0.047

Note: P<0.01 *** P<0.05 ** P<0.1 *

지역별 더미를 살펴보면 참조집단이 되는 충청북도와 비교해 강원도는 충청북도보다 평균적으로 $100[e^{1.0008} - 1] = 172.04\%$ 많은 출하가, 경상북도는 약 $100[e^{0.1906} - 1] = 20.99\%$ 더 많은 출하량을 기록하는 것으로 나타났으며 이는 앞서 자료의 개요에서 살펴보았던 대로 지역별 출하량의 차이가 반영되어 추정된 것으로 해석된다.

3. 출하탄력성 및 한계출하분 추정

본 절에서는 앞서 추정된 Trans-Log 출하량 결정함수를 이용하여 함수 추정에 투입된 변수들에 대한 출하탄력성과 한계출하분을 도출하고 규모 수확 불변 여부를 충족하는지에 대해 검정한다. 출하탄력성과 한계출하분, 규모 수확 불변을 검정하는데 사용한 계산식은 앞의 II장에서 기술한 식 (10) ~ (16)을 이용하였다. 먼저 <Table 10>은 세 지역을 모두 포함한 송어 양식업계의 설명변수에 대한 출하탄력성을 보여준다.

<Table 10> Shipment Elasticity, Marginal Production Shipment and Result of Testing RTS with Each Variables

Input	Shipment Elasticity	Marginal Shipment	RTS
Local	0.3705***	0.0029***	-0.223 5
Salmon	-0.0305	-0.0002	
Fry	0.0279*	0.1272*	
Feed	0.2867***	10.0512***	
Comp 1	0.1217**	0.3854**	

Note: P<0.01 *** P<0.05 ** P<0.1 *

- 1) Local: Local Price 2) Fry: Fry Provision
- 3) Salmon: Imported Chilled Salmon Price

추정된 출하탄력성 중 연어의 수입 가격을 제외한 모든 변수는 통계적 유의성이 존재하는 것으로 분석되었다. 그중 산지가격의 출하탄력성이 0.3705로 나타나 가장 큰 탄력성을 가진 것으로 추정되었다. 그다음 0.2867의 탄력성으로 추정된 m^2 당 급이량이 출하량에 유의한 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 양성물량의 제1주성분과 치어 입식량도 각기 0.1217과 0.0279의 탄력성을 보이며 출하량에 양의 효과를 주는 것으로 나타났다. 특히 치어 입식량의 경우 0.1 이하의 탄력성으로 분석되어 그 효과가 미미하였다. 이는 치어 입식량 중 대부분이 바이러스 감염 및 백점병 등의 질병으로 폐사하는 경우가 많아 이로 인해 출

하량에 미치는 영향 역시 적은 것으로 해석할 수 있다(Lee and Kang, 2017a).

한계출하분을 추정한 결과 역시 탄력성과 마찬가지로 연어 수입 가격을 제외한 모든 변수에서 통계적으로 유의한 결과가 도출되었다. 그 중 m^2 당 급이량의 한계출하분은 10.0512를 기록하며 가장 높은 값으로 나타났는데 이는 송어의 성장 속도 조절이 급이를 통해 이루어지고 있으며 송어의 출하에 직접적인 영향을 미치는 점 역시 급이량의 한계출하분이 가장 크게 추정된 이유로 판단된다. 규모 수확 불변 충족에 대한 검정 통계량을 확인한 결과 규모 수확 불변에 대한 가정이 채택되는 것으로 분석되었다. 즉, 현재 송어 양식업계는 규모 수확 불변(Constant Returns to Scale)상태에서 양식이 이루어지고 있다고 볼 수 있다.

<Table 11>에 강원도와 충청북도, 경상북도 3개 지역에 대한 설명변수의 출하탄력성과 한계출하분, 규모 수확 불변 검정에 관한 결과를 정리하였다.

우선 강원도는 산지가격과 치어입식량, 급이량에서 통계적 유의성이 존재하였으며 급이량이 0.4160으로 가장 큰 출하탄력성을 가진 것으로 분석되었다. 충청북도는 산지가격과 양성물량의 제1주성분이 유의하였으며 0.3520을 기록한 산지가격이 가장 탄력성이 높았다. 경상북도는 산지가격과 급이량, 양성물량에서 통계적 유의성이 존재하였으며 충청북도와 마찬가지로 0.3960의 탄력성으로 추정된 산지가격이 가장 탄력적인 것으로 분석되었다. 세 지역 모두 산지가격의 출하탄력성이 출하량에 통계적으로 유의한 영향을 주는 것으로 분석되었다.

규모 수확 불변 충족 여부를 확인한 결과 강원도는 최적 규모를 달성한 상태로 분석되었다. 이는 강원도가 대규모 송어 지역 축제를 개최하는 점, 출하의 대부분이 강원도에서 이루어지는 만큼 양식업이 산업으로서 자리 잡은 점이 검정결

<Table 11> Shipment Elasticity, Marginal Production Shipment and Result of Testing RTS with Each Province

Province	Input	Shipment Elasticity	Marginal Shipment	RTS
Gangwon	Local	0.3636**	0.0054**	0.0470
	Salmon	0.0714	0.0011	
	Fry	0.0626**	0.2780**	
	Feed	0.4160***	25.5560***	
	Comp 1	0.1333	0.3743	
Chungbuk	Local	0.3520**	0.0013***	-0.4369**
	Salmon	-0.0911	-0.0003	
	Fry	0.0152	0.0637	
	Feed	0.1731	2.9188	
	Comp 1	0.1138***	0.6306***	
Gyeongbuk	Local	0.3960***	0.0019***	-0.2807*
	Salmon	-0.0718	-0.0003	
	Fry	0.0060	0.0320	
	Feed	0.2709**	4.7138**	
	Comp 1	0.1181**	0.4002**	

Note: P<0.01 *** P<0.05 ** P<0.1 *

1) Local: Local Price 2) Fry: Fry Provision

3) Salmon: Imported Chilled Salmon Price

과에도 반영된 것으로 보인다. 반면 충청북도와 경상북도는 모두 규모 수익 체감의 상태에 놓여 있는 것으로 확인되었으며 그중 충청북도가 -0.4369의 검정 통계량을 보이며 수익 체감의 정도가 가장 심각한 것으로 검정되었다. 충청북도와 경상북도는 규모 수확 체감의 상태에 놓여져 있다고 해서 생산 규모를 축소하기 보다는 양식 과정을 효율화시켜 주어진 설명변수에 대해 출하를 더 늘릴 수 있는 방안을 강구해야 할 것이다. 이를 위해 강원도를 벤치마킹해 지자체에서 소비를 촉진할 수 있는 지역축제 및 행사기획을 통해 출하량을 증가시킬 수 있는 환경을 조성해야 할 것으로 보인다.

IV. 결론

본 연구에서는 우리나라 내수면 양식을 통해 생산되는 품종 중 하나인 송어를 대상으로 출하량 결정함수를 추정하였다. 출하량 결정함수의 추정 과정에 있어 정량적 데이터의 이용과 더불어 코로나 19와 월별 더미를 투입하여 외부적 환경요소가 송어의 출하량에 어떠한 영향을 주었는지 추가로 분석하였다. 그뿐만 아니라 설명변수에 대한 출하탄력성과 한계출하분, 규모 수확 불변의 증축 여부를 확인해 이를 지역별로 세분화하여 분석하였다.

Cobb-Douglas 형태로 고정효과모형과 확률효과모형을 추정한 후 하우스만 검정을 수행한 결과 1%의 수준에서 고정효과모형이 유의하였으며, Trans-Log 형태에서도 두 모형을 추정한 뒤 하우스만 검정을 실시한 결과 귀무가설이 1%의 유의수준에서 기각되며 고정효과모형이 채택되었다. 이후 Trans-Log 출하량 결정함수와 Cobb-Douglas 함수 중 분석에 적합한 형태를 파악하기 위한 우도비검정을 실시하였으며 검정 결과 5%의 유의수준에서 Trans-Log 함수가 채택되어 이를 본 분석에 활용하였다.

Trans-Log 고정효과모형에서 더미변수를 확인한 결과 코로나 19는 이전과 비교해 약 19%의 출하량 감소를 일으킨 것으로 분석되었으며 월별 더미는 모두 음수로 추정되어 참조기준이 되는 1월과 비교했을 때 출하량이 감소한 것으로 추정되었다. 출하량의 변동은 3월에 -33.35%로 가장 감소 폭이 컸고, 이후 봄 관광객(4~5월), 겨울 축제철(12월~1월)과 같은 외부 환경의 변화에 따라 변화하였으며 월별 더미 역시 이러한 계절성을 반영한 결과로 분석되었다.

축제를 비롯한 송어 소비 문화가 산지 위주로 계속해서 이루어진다면 특정 시기에 국한하여 소비가 집중될 우려가 있으며 지금과 같은 외부 환경의 변화에 매우 민감하게 반응할 수밖에 없다

(Kang, 2015b). 따라서 이를 극복하기 위한 다양한 가공상품 개발 및 시장의 확대를 통해 꾸준히 소비될 수 있는 환경을 조성함으로써 출하의 계절성을 점차 완화해야 할 것으로 보인다.

설명변수에 따른 출하탄력성과 한계출하분을 양식업계 전체와 지역별로 나누어 분석한 결과 세 지역 모두 연어 수입 가격을 제외한 산지가격, 치어 입식량, m^2 당 급이량, 양성물량의 제1주성분 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 송어는 연어 수입량이 급격하게 증가함에 따라 연어를 대체하기 위한 어종으로 주목받으며 이를 위해 육성하고자 한 바 있다. 송어와 연어 사이에 대체관계가 존재하는지 확인하기 위해 연어 수입 단가를 분석에 포함하였으나 분석 결과 연어의 수입으로 인해 송어 출하가 감소하는 모습은 존재하지 않는 것으로 분석되었다. 송어 양식업계에 대한 규모 수확 불변 검정 결과 귀무가설이 채택되며 현재 송어 양식업은 최적 규모 상태에 있는 것으로 확인되었다.

지역별 출하탄력성 및 한계출하분을 추정한 결과 강원도는 산지가격, 치어 입식량, 급이량에서 출하탄력성이 유의하였고, 충청북도는 산지가격과 제1주성분, 경상북도는 산지가격과 급이량, 제1주성분에서 통계적 유의성이 존재하였다. 한계출하분 역시 출하탄력성과 통계적 유의성이 동일하였으며 세 지역 모두 산지가격의 출하탄력성은 통계적 유의성이 존재하였으며 한계출하분은 각각 0.0054, 0.0013, 0.0019로 추정되었다. 한편 강원도와 경상북도의 급이량 한계출하분은 25.5565와 4.7138로 다른 변수들과 비교해 출하량을 매우 크게 증가시킬 수 있는 것으로 분석되었다. 이는 급이량 조절을 통해 송어의 출하 시기를 조절하고 성장에 가장 영향을 많이 주는 점이 한계출하분에 반영된 것으로 해석된다.

규모 수확 불변 증축 여부의 경우 강원도를 제외한 충청북도와 경상북도는 모두 규모 수확 체감 상태에 있었으며 그 중 충청북도가 -0.4369로

그 정도가 더 심한 것으로 나타났다. 두 지역 모두 규모 수확 체감의 상태인 것으로 검정되었으므로 강원도와 같이 출하를 증가시킬 수 있는 지역축제의 개발과 같은 꾸준히 출하할 수 있는 환경을 조성해주는 것이 필요한 것으로 판단된다.

본 연구의 의의는 어종의 특성상 지역축제 및 산지 소비에 영향을 크게 받는 어종인 송어를 대상으로 분석하였다는 점에 있다. 코로나 19로 인해 축제가 취소되고, 이로 인한 산지 소비의 급감으로 송어 양식업계는 큰 피해를 보았으나 이를 대상으로 한 정량적인 연구는 활발하게 이루어지지 않았기 때문이다. 또한, 연근해어업, 원양어업을 대상으로 진행된 것이 아닌 내수면 어종을 대상으로 함수추정을 시도한 부분 역시 의의가 있다 할 수 있다. 본 연구를 통해 송어 출하에 존재하는 계절성이 실증분석을 통해 규명된 점, m^2 당 급이량의 증가가 출하량에 영향을 가장 크게 주는 점, 치어 입식량이 출하에 있어 큰 영향을 미치지 못하므로 이를 해결하기 위한 치어 단계에서의 질병 예방이 필요한 점 역시 본 연구를 통해 파악된 결과라 할 수 있다.

본 연구가 갖는 한계로는 송어의 폐사량에 대한 자료를 확보하지 못해 분석에 활용하지 못했다는 점이다. 송어 수급변동에 영향을 미치는 요인으로는 입식량, 폐사량, 양성물량 중 600g 이상이 있으며 폐사량 역시 송어 출하를 설명하는 데 중요한 자료라 할 수 있다(Lee and Kang, 2017b). 하지만 수산업관측센터에서 제공하는 관측자료에는 아직 지역별, 시기별 폐사량에 대한 자료가 없다. 추후 폐사량 자료를 확보할 수 있다면 보다 정밀한 출하량 결정함수의 분석이 가능할 것이다.

References

Baek EY(2021). Trend of trout supply and demand with Implication, Monthly Fisheries Outlook & Issue, 48, 111~121.

Chae DW, Lee MB and Jung KO(2020). Analysis of factors for private universities educational restitution rate using data mining : focusing on the panel fixed effect model and non-parametric regression estimation, The Korea Society of Information Technology Applications, 27(6), 153~170.
<https://doi.org/10.21219/jitam.2020.27.6.153>

Cho HS and Nam JO(2020). An analysis on economics of scale for tuna distant longline fishery using a translog cost function, The Journal of Fisheries Business Administration, 51(3), 17~31.
<https://doi.org/10.12939/FBA.2020.51.3.017>

Heo SJ(2013). An estimation of korean offshore and coastal fisheries production function based on panel data analysis, Master's Thesis in Economics of Pukyong National University.

Jeong HK, Kim CG and Moon DH(2013). Impacts of abnormal weather factors on rice production, Climate Change Research, 35(1), 317~330.

Jeong SC(2010). Analyzing the airline fare differentiation of purchasing time and fare restriction using panel data, Doctoral dissertation, Department of Hospitality Tourism Management, Sejong University.

Jo HJ, Kim DH, Kim DN, Lee SI and Lee MG(2019). Estimation of bigeye tuna production function of distant longline fisheries in WCPFC waters, Environment and Resource Economics Review, 28(3), 415~435.
<https://doi.org/10.15266/KEREA.2019.28.3.415>

Kang HN(2015). Trend of Trout Supply and Demand with Implication, Quarterly Fisheries Outlook Reviews, 2(3), 33~46.

Kang KH(2017). 2017 Trout Consumption Behavior, Monthly Fisheries Outlook & Issue, 2, 48~59.

Kim BT(2018). An analysis of the impact of FTA tariff elimination on the export price of norwegian fresh and chilled salmon to Korea, The Journal of Fisheries Business Administration, 49(2), 37~48.
<http://dx.doi.org/10.12939/FBA.2018.49.2.037>

Kim TH(2020). A causality analysis regarding the effects of climate change on laver production and examination of forecast model for laver producer price, Doctoral dissertation, Department of Fisheries Science, Chonnam National University.

- KMI. Observation Statistics(Trout).
<https://www.foc.re.kr/web/obstats/stats.do?rbsIdx=88>
- Lee NS and Kang KH(2017). Factors of supply and demand changes and price stablization of Trout, Monthly Fisheries Outlook&Issue, 1, 8~27.
- Lee SJ(2015). Big data analysis using principal component analysis, Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, 25(6), 592~599.
<http://dx.doi.org/10.5391/JKIIS.2015.25.6.592>
- Ministry of Oceans and Fisheries(2016). Mass Production of Sea-Reared Functional Rainbow Trout and the Development of Its Processed Products
- Nan KM and Kang SJ(2015). A comparative study on technical efficiency in the secondary energy industry and a factor analysis for technical efficiency, Korea Energy Economic Review, 14(1), 111~141.
<http://dx.doi.org/10.22794/keer.2015.14.1.005>
- Park KI(2017). A study on the competitiveness of trout aquaculture in korea, Doctral disseration, Department of Marine Business and Economics, Pukyong National University.
- Park SW, Jun BH and Jang SH(2003). A study on the regionalization of point rainfall by multivariate analysis technique, Journal of Korea Water Resources Association, 36(5), 879~892.
- Roh HJ(2010). Multivariate analysis principles and practices using EXCEL and SPSS, Hanol Publisher, 71~87, 397~428.
- Sim SH and Nam JO(2017). Analysis of marginal productivity and return to scale using estimation of production function in offshore fisheries, Ocean and Polar Research, 39(4), 301~318.
<http://dx.doi.org/10.4217/OPR.2017.39.4.301>
- Sin YM and Jeong GW(2018). A study on estimation of CO₂ abatement cost in korean offshore fishery, Environment and Resource Economics Review, 27(3), 399~420.
<https://doi.org/10.15266/KEREA.2018.27.3.399>
- Yeo GT, Park SH, Oh JG, Yang TH and Nam TH(2019). Analysis of characteristics of coastal passenger ships on the voyage scheduling using panel regression analysis, The Korean Association Of Shipping And Logistics, 35(1), 21~50.
<http://doi.org/10.37059/tjosal.2019.35.1.21>

-
- Received : 04 October, 2022
 - Revised : 04 November, 2022
 - Accepted : 11 November, 2022