

## 공적분 검정을 이용한 도루묵 어획량과 시장가격 간의 관계분석

서영일 · 정영훈<sup>1</sup> · 김도훈<sup>2\*</sup>

국립수산과학원 자원관리과, <sup>1</sup>국립수산과학원, <sup>2</sup>부경대학교 해양수산경영학과

### An analysis on the relationship between prices and catch amounts of sandfish using a cointegration test

Young-Il SEO, Young-Hoon CHUNG<sup>1</sup> and Do-Hoon KIM<sup>2\*</sup>

*Fisheries Resources Research Division, NFRDI, Busan 619-705, Korea*

<sup>1</sup>*National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-705, Korea*

<sup>2</sup>*Department of Marine Business and Economics, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea*

This study aimed to analyze the relationship between catch amount and market price of sandfish for improvement of fishing revenues and effective fisheries management. By estimating the sandfish price function by fishery, the study tried to investigate changes of prices by catch amount as well as changes of fishing revenues by catch amount and price. Results showed that time series data on catch and price were estimated to be non-stationary from unit root tests, but long-term equilibrium relations between catch amount and price were found from a cointegration analysis. Results of regression analyses indicated that the catch amount would have negative impacts on prices of sandfish in both coastal gillnet and danish seine fisheries.

Keywords: Cointegration, Sandfish, Price function, Fisheries management

#### 서론

전 세계적으로 과도하게 개발된 어업자원과 고갈된 어업자원의 비중이 증가하고 있는 것으로 평가됨에 따라 적극적인 어업자원의 회복 및 관리 조치가 이루어지지 않을 경우 향후 어획량이 크게 감소할 것으로 우려되고 있다 (FAO, 2014). 이에 따라 국제수산기구 등을 중심으로 어업자원의 회복 및 관리에 관한 중요성을 강조하고 있고, 수산선진국을 비롯한 세계 각국에서 어업자원의 회복 및 관리를 위한 다양한 정책들을 수립하여

운용해 나가고 있다 (OECD, 2010; 2012).

우리나라 어업자원량 역시 크게 감소한 것으로 평가되고 있는데, 1990년 약 1,000만 톤이었던 어업자원량은 2010년 약 850만 톤 수준으로 감소된 것으로 추정되고 있다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2014a). 그리고 이러한 어업자원량 감소에 따라 해면어업의 어획량은 1986년 173만 톤을 기록한 이후 점차 감소하기 시작하여 2009년 123만 톤 그리고 2013년 현재 약 1백만 톤 수준에 머물고 있다.

\*Corresponding author: delaware310@pknu.ac.kr, Tel: 82-51-629-5954, Fax: 82-51-629-5953

이러한 해면어업의 어업자원량 및 어획량 감소 현상이 두드러짐에 따라 해양수산부에서는 2005년 어업정책의 중점 목표를 어업자원 회복으로 정하고, 이를 효율적으로 달성하기 위한 수산자원회복계획 (fish stock rebuilding plan)을 수립하였다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2005). 수산자원회복계획은 기존 어업관리정책의 문제점을 해결하고 보다 효과적으로 어업자원회복을 도모하기 위한 어업관리방식이며, 구체적인 목표 자원량을 달성하기 위한 어업관리정책이다 (Kim, 2004). 즉, 어업자원평가 결과를 바탕으로 현재의 자원량 수준에서 자원회복기간 동안 자원량 수준을 증대시켜 목표 자원량을 달성시키기 위한 것이다. 그리고 자원회복기간 동안에 있어서는 목표 자원량 수준을 달성하기 위하여 가장 효과적인 어업관리수단을 평가하여 선택하고, 필요한 어업인 지원수단을 보완해 가는 관리정책이다. 2006년 4개 어종 (도루묵, 꽃게, 낙지, 오분자기)에 대한 시범사업을 추진되었고, 2014년 현재 당초 시범사업 4개 종 외 참홍어, 참조기, 대구, 갈치, 옥돔 등 총 16개 어종에 대한 수산자원회복계획이 수립되어 추진 중이다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2014b).

지금까지 추진된 수산자원회복계획 중 성공적인 사례로는 도루묵 자원회복계획이 대표적이다. 2006년 자원회복계획이 추진된 이후 어획량이 점차 증가하여 최근에는 약 6,300톤으로 2006년 당시에 비해 무려 138%나 증가하였다. 하지만 이러한 도루묵 어획량의 최근 과다한 증가로 인해 도루묵 시장가격은 급락하여 도루묵 어업인들의 어업소득이 하락하는 문제 등이 발생하고 있다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2014b).

이 연구에서는 도루묵 어업소득 안정화 방안 마련을 위한 기초 연구로서 도루묵 어획량과 시장가격 간의 관계를 분석하고자 한다. 구체적으로 어업별 도루묵 어획량과 시장가격 간의 회귀분석을 통해 도루묵 어획량 수준 변화에 따라 시장가격이 어떻게 변하는지 또한 시장가격과 어획량 변화에 따라 어업수익은 어떻게 변하는지 등을 분석하고자 한다.

## 자료 및 방법

도루묵 어획량과 시장가격의 회귀분석에 있어서는 시계열 자료를 이용하고자 하는데, 분석에서 이용되는 시계열 자료가 만약 안정적 (stationary)이지 않을 경우

회귀분석 결과는 허구적일 수 있다 (Gujarati, 2011). 따라서 분석에 있어서는 우선 단위근 검정을 통해 시계열 분석자료의 안정성 여부를 판단해야 하고, 불안정적인 시계열 자료의 경우 공적분 검정을 통해 회귀분석을 도모해야 한다.

### 단위근 검정

대부분의 시계열 자료에 기초한 실증분석은 내재하고 있는 시계열이 안정적 (stationary)이라고 가정한다 (Gujarati, 2011). 하지만 만일 하나 또는 그 이상의 불안정적 시계열이 포함된 자료를 추정한다면, 높은  $R^2$  값을 얻거나 일부 또는 전체의 회귀계수가 일반적인 t-검정이나 F-검정을 바탕으로 유의한 값을 얻을 수 있어 회귀분석 결과를 신뢰할 수 없게 된다. 이에 따라 두 변수 이상에 대한 회귀분석에 있어서는 우선 시계열 자료의 안정성 여부를 판단해야 하는데, 가장 널리 사용되는 방법이 단위근 검정법이다. 단위근 검정을 구체적으로 살펴보기 위해 다음의 식 (1)과 같은 모형을 가정할 경우,

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t \quad (1)$$

여기서,  $u_t$ 는 평균이 영 (0)이고, 분산이 일정하며, 자기상관이 없다는 가정을 따르는 확률적 오차항이다. 식 (1)에서  $Y_{t-1}$ 의 계수인  $\rho$ 가 실제로 1인 경우 ( $\rho=1$ ) 단위근 문제 (시계열 자료의 불안정성)에 발생하게 된다. 즉,  $Y_{t-1}$ 의 계수가 실제로 1임을 찾아낸다면 확률변수  $Y_t$ 가 단위근을 가졌다고 판단할 수 있다. 식 (1)은 다음의 식 (2)와 같은 형태로 나타낼 수 있는데,

$$\Delta Y_t = (\rho - 1) Y_{t-1} + u_t \quad (2)$$

여기서,  $\Delta$ 은 1차 차분연산자 (first difference operator), 즉  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ 을 의미한다. 그리고 만약  $\rho - 1$ 이 영 (0)이라면, 식 (2)는 다음의 식 (3)과 같이 나타낼 수 있게 된다 (Gujarati, 2011).

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = u_t \quad (3)$$

식 (3)은 결국 시계열의 1차 차분은 안정적 시계열이라는 것을 의미하게 되는데, 이는  $u_t$ 가 가정에 의해 순수하게 임의적이기 때문이다 (Gujarati, 2011).

어떤 시계열이 한번 차분된 후에 시계열이 안정적인 라면 차분되기 이전의 시계열이 1차 적분되었다고 하고, 이를  $I(1)$ 으로 나타낸다. 마찬가지로 시계열이 안정적이 되기 위해 두 번 차분되었다고 하면, 이전의 시계열은 2차 적분되었다고 하고  $I(2)$ 로 나타낸다.

단위근 검정방법으로는 ADF (Augmented Dickey-Fuller) 검정법이 가장 널리 활용되고 있다. 이는 ADF 검정법은 기존의 DF (Dickey-Fuller) 검정법을 확대하면서 오차항이 자기상관되어 있는 경우도 포함하여 분석할 수 있는 장점이 있기 때문이다 (Hill et al., 2007). ADF 검정법은 구체적으로 다음의 식 (4)의 모형을 이용하여 시계열 자료가 비정상적이라는 것, 즉 단위근의 존재를 검정하는 것으로,

$$\Delta Y_t = \alpha_1 + \alpha_2 T + \gamma Y_{t-1} + \sum_{s=1}^m a_s \Delta Y_{t-s} + \mu_t \quad (4)$$

여기서,  $\Delta Y_{t-1} = Y_{t-1} - Y_{t-2}$ ,  $\Delta Y_{t-2} = Y_{t-2} - Y_{t-3}$  등이고,  $T$ 는 선형추세 변동을 나타내는 시간변수를 의미한다. 잔차가 자기상관되지 않는다는 사실을 확신할 수 있는 만큼까지 시차가 있는 1차 차분항을 추가하게 되고, 잔차  $\mu_t$ 의 자기상관 함수나 추정된 시차 계수  $a_s$ 의 유의성을 검토함으로써 시차항의 수준을 결정할 수 있다. 통상 ADF 단위근 검정에 있어 검정 회귀식에 포함된 시차변수의 길이는 AIC (Akaike Information Criteria) 기준에 의해 최소값을 갖는 시차를 적정 시차로 결정할 수 있다. 그리고 ADF 검정법에서 안정성 및 불안정성에 대한 검정은  $\gamma=0$ 을 검정함으로써 판단할 수 있다 (Hill et al., 2007).

### 공적분 검정

공적분 검정이란 비록 두 개 이상의 변수들이 불안정하다고 하더라도 두 개 이상 변수들의 선형결합이 안정적인지의 여부를 검정하는 것이다. 만약 변수들 간의 선형결합이 안정적인 것으로 판정되면 변수들 간에 장기적인 균형관계를 가지면서 공적분이 성립한다고 말할 수 있다. 공적분 검정은 개별 시계열 자료가 단위근을 가지고 있다 하더라도 이들 시계열 자료 간에 가상적 관계가 성립하지 않을 조건을 찾게 함으로써 회귀분석의 결과가 의미를 가질 수 있도록 하는 것이다 (Song and Jung, 2002).

공적분 검정의 방법으로는 다변량 시계열분석에 의한 Johansen 공적분 검정 분석기법이 널리 사용되고 있다 (Johansen 1991 and 1988). 이는 분석기법이 공적분 관계의 수와 모형의 파라미터들을 최우추정법으로 추정하고 검정하는 방법으로, 모든 변수를 내생변수로 간주한다는 점에서 종속변수를 선택할 필요가 없고, 여러 개의 공적분 관계를 식별해 낼 수 있는 장점이 있기 때문이다.

Johansen (1988)의 다변량 공적분 모형을 간략히 살펴보기 위하여 기본적 통계모형은  $n$ 차원의 벡터자기회귀 (the  $n$ -dimensional vector autoregressive, VAR) 모형으로서 식 (5)와 같다.

$$X_t = A_1 X_{t-1} + \dots + A_k X_{t-k} + \Phi D_t + \varepsilon_t, \quad t=1, \dots, T \quad (5)$$

여기서,  $X_t$ 는  $n \times 1$  확률변수벡터,  $A_k$ 는  $n \times n$  모수 행렬,  $X_0, \dots, X_{k+1}$ 는 일정하며,  $\varepsilon_t$ 는 평균이 영 (0)인 동일하게 그리고 독립적으로 분포된 잔차항이다.  $D_t$ 는 상수, 추세선, 계절 혹은 개입 더미와 같은 결정변수의 벡터인 동시에 공적분 공간에서 제외될 수 있는 약외생 (weakly exogenous) 확률변수를 포함한다.

일반적으로 경제 시계열 변수들은 불안정적이기 때문에 식 (5)와 같은 VAR 모형은 통상 1차 차분 형태로 표시된다. 그리고 공적분 분석의 목적이 선형결합에 의한 안정성과 차분에 의한 안정성을 구분하는 것이기 때문에 식 (5)는 다음의 식 (6)과 같은 오차수정모형 (error correction model)으로 변형하여 나타낼 수 있다.

$$\Delta X_t = \Pi X_{t-1} + \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \Gamma_{k-1} \Delta X_{t-k+1} + \Phi D_t + \varepsilon_t, \quad t=1, \dots, T \quad (6)$$

여기서,  $\Pi = \sum_{i=1}^k A_i - I_n$  그리고  $\Gamma_i = -\sum_{i=i+1}^k A_i$ 을 의미한다. 식 (6)에서  $\Pi X_{t-1}$ 항을 제외하고는 전통적인 1차 차분형태의 VAR 모형이며,  $\Gamma_i$ 는 단기 동학을 포착하는 전통적인 1차 차분변수 계수의 행렬을 나타낸다. 여기서 특히 중요한 것은  $\Pi$ 인데, 이는 장기적인 영향 행렬을 의미한다. 즉,  $\Pi$ 은 변수들 간의 장기적인 균형관계에 관한 정보를 포함하고 있다.  $\Pi$ 을  $n \times r$  행렬인  $\alpha$ 와  $\beta$ 로 분해하면  $\alpha$ 는 균형 관계식으로 조정되는 조정속도 (오차수정항),  $\beta$ 는 공적분 벡터, 그리고  $\Pi$ 의 위수 (rank)인  $r$ 은 공적분 벡터의 수를 각각 의미한다.  $r=n$

이러면 벡터 과정은 모든 변수가 안정적이지만  $r=0$ 이라면 안정적인 선형결합이 없다는 것을 의미하고, 이것은 1차 차분된 통상적인 VAR 모형과 동일하다. 그리고  $r=1$ 이면 하나의 안정적인 선형결합이 존재하고,  $0 < r < n$ 이면  $r$ 개의 공적분 벡터가 존재하거나  $X_t$ 의  $r$ 개 안정적인 선형결합이 존재한다.

공적분 검정통계량으로 Johansen은 공적분 벡터의 수를 분석하기 위한 두 가지 검정방법을 제안하였다. 첫 번째 최대 고유치 검정법 (maximum eigenvalue test)은 공적분 벡터가  $r+1$ 개라는 대립가설에 대하여  $r$ 개의 공적분 벡터가 존재한다는 귀무가설을 식 (7)과 같이 검정한다.

$$\lambda_{\max}(r, r+1) = -2\ln Q(H_0(r)|H_1(r+1)) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1}) \quad (7)$$

두 번째 방법은 trace 검정법 (trace test)으로, 이는 공적분 벡터가  $(r+1)$ 개 이상  $n$ 개 이하라는 대립가설에 대하여 공적분 벡터가  $r$ 개 이하가 존재한다는 귀무가설을 식 (8)과 같이 검정한다.

$$\lambda_{\text{trace}}(r) = -2\ln Q(H_0(r)|H_1(n)) = -T \sum_{i=r+1}^N \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (8)$$

여기서,  $\hat{\lambda}_i$ 는 추정된  $\Pi$  행렬로부터 구해진 특성근 또는 고유치 (eigenvalues)의 추정치 그리고  $T$ 는 관찰치의 수를 의미한다.

공적분 검정에 있어 만약 trace 검정 통계량이나 최대 고유치 검정 통계량이 유의수준 5%의 임계값보다 작으면 공적분 관계가 없다는 귀무가설을 기각할 수 없게 된다. 반대로 검정 통계량이 유의수준 5%이 임계값보다 크게 되면 귀무가설을 기각하여 공적분 관계가 있음을 추정할 수 있다. 그리고 Johansen의 공적분 검정에 있어 공적분 모형의 시차는 단위근 검정에서와 같이 AIC와 SIC (Schwarz Information Criteria) 최소값 기준으로 선정할 수 있다.

### 도루묵 자원회복계획

도루묵은 우리나라 동해안에서 상업적으로 중요한 어종 중의 하나이며, 연안자망, 동해구기선저인망, 그리고 동해구트롤 등 다양한 어업에 의해 어획되고 있다.

도루묵에 대해서는 과거 어획량 수준에 비해 최근의 어획량이 크게 감소한 것으로 평가되어 2006년 수산자원 회복계획의 시범대상종으로 선택되었다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2014b). 도루묵 자원의 감소 요인으로는 연안 갯녹음 현상 등으로 산란장 감소에 따른 재생산 부족 그리고 해조장으로 산란·회유하는 포란어 및 미성어 집중 포획 등이 제기되었다. 그리고 당초 도루묵 자원회복계획 하에서는 2015년까지 어획량 3,100톤 달성을 목표로 설정하였다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2005).

도루묵의 어획동향을 살펴보면, Fig. 1에서 보는 바와 같이, 1971년 약 25,000톤 최고치를 기록한 이후 감소하기 시작하여 1979년에는 약 1,400톤으로 급감하였다. 하지만 이후 증가 추세로 돌아서 1987년에는 12,000톤을 기록하였고, 다시 감소하기 시작해 도루묵 자원회복 계획이 시작된 2006년에는 약 2,650톤 수준이었다. 수산자원회복계획 추진 이후 도루묵 어획량은 증가하기 시작하였는데, 2007년 약 3,800톤, 2009년 약 4,000톤, 2012년 약 5,500톤 그리고 2013년 약 6,300톤을 달성하였다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2014a).

그 결과, 2006년 당초 목표 어획량 수준은 이미 달성된 상태이고, 어획량 증가에 따라 자원회복 목표 어획량도 증대되어 설정되고 있는 실정이다 (2015년도 자원회복 목표 어획량 6,000톤). 이와 같이, 도루묵 어획량이 증가한 이유에 대해서는 자원회복 권고안에 따라 도루묵의 산란장을 보호수면으로 지정하여 운영한 것이 효과를 나타내었고, 도루묵 난 수거 및 부화, 방류사업이 지속적으로 확대되어 도루묵 자원량이 증가한 것으로 평가되고 있다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2014b).

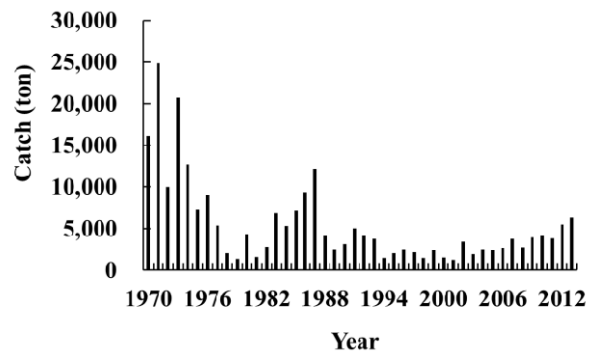


Fig. 1. Change of sandfish catch from 1970 to 2013.

도루묵 어획을 어업별로 살펴보면, Table 1에서 보는 바와 같이, 연안자망과 동해구기선저인망어업의 어획량이 도루묵 전체 어획량 중 대부분을 차지하고 있다. 지난 5년간 (2009~2013년) 평균 어획량을 살펴보면, 연안자망어업이 2,886톤 그리고 동해구기선저인망어업이 1,581톤으로, 도루묵 전체 어획량에서 61.9%와 31.9% 정도를 각각 차지하고 있다. 어업별로 어획량 동향을 보다 구체적으로 살펴보면, 전체 도루묵 어획량 중 동해구기선저인망어업의 비중이 크게 높아지고 있다. 2009년 26.5% 수준에서 2013년에는 46.6%로, 어획량이 가장 많은 연안자망어업 수준과 비슷한 실적을 보이고 있다. 이에 반해 연안자망어업의 경우 도루묵 어획량은 평균 약 2,900톤 수준에서 연간 증감을 보이고 있는 실정이다 (Ministry of Oceans and Fisheries, 2014a).

Table 1. Catch and ratio of sandfish by fishery from 2009 to 2013

Year	Total Catch (ton)	Coastal Gillnet Fishery		Danish Seine Fishery	
		ton	%	ton	%
2009	3,939	2,665	67.7	1,042	26.5
2010	4,236	2,733	64.5	1,253	29.6
2011	3,834	2,568	67.0	1,027	26.8
2012	5,493	3,367	61.3	1,648	30.0
2013	6,303	3,098	49.1	2,936	46.6
Average	4,762	2,886	61.9	1,581	31.9

### 분석자료

도루묵 어획량과 시장가격 간의 관계를 분석하기 위해 본 연구에서는 도루묵의 주요 어업인 연안자망어업과 동해구기선저인망어업을 모두 분석대상으로 하였다. 이는 앞서 도루묵 어업 현황에서도 살펴본 바와 같이, 최근 두 어업의 도루묵 어획 비중이 거의 비슷하고, 도루묵 자원회복계획 또한 두 어업을 주된 관리대상으로 하고 있기 때문이다.

분석에 있어서는 도루묵 어획량과 시장가격 간의 관계를 분석하는 것이 이 연구의 목적이므로, 어업별 어획량과 시장가격의 연간 시계열 자료를 사용하였다. 구체적으로는 어업별로 통계자료가 활용 가능한 범위에 따라 연안자망어업의 경우 1990~2013년 기간 동안 그리고 동해구기선저인망어업의 경우 1993~2013년 기간 동안의 어획량과 시장가격 자료를 각각 사용하였다. 여기서 시장가격은 수산물 가격지수 (2010=100)를 이용

하여 불변가격으로 환산하여 분석에 사용하였다. 이상의 변수들에 대한 단위근 및 공적분 검정에 관한 실증 분석은 Eviews 6.0 통계분석 프로그램을 활용하였다.

분석 자료를 구체적으로 살펴보면, 우선 연안자망어업의 경우, Fig. 2에서 보는 바와 같이, 어획량은 1990년 이후 증가 추세에 있는데, 1990년 133톤에서 2002년 1,000톤을 넘어섰고, 2009년에는 2,500톤을 초과하였다. 그리고 2012년에는 약 3,400톤으로 증가하였지만, 2013년 현재는 약 3,100톤 수준에 머물러 있다. 도루묵의 kg당 시장가격은 어획량 변화와 거의 반대 경향을 보이고 있는데, 1990년 약 5,620원에서 어획량 수준이 낮았던 1996년에는 약 6,660원 그리고 2000년에는 약 7,000원 수준으로 크게 상승되었다. 하지만 어획량이 증가하면서 시장가격은 하락 추세에 있는데, 2000년 이후 2004년 약 3,580원 그리고 2007년에는 약 3,460원으로 감소하였다. 이후 시장가격은 더욱 하락하고 있는데, 2012년 약 3,000원 그리고 2013년 현재 2,620원 수준이었다.

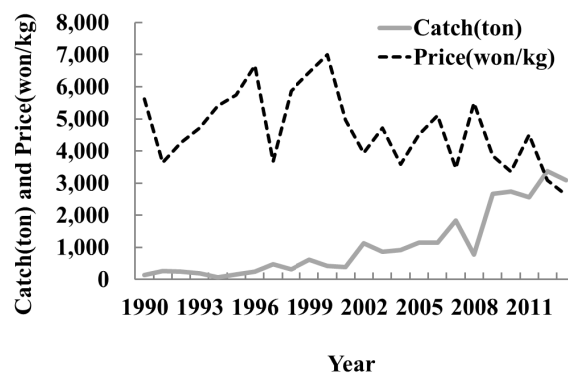


Fig. 2. Changes in catches and prices of sandfish by coastal gillnet fishery from 1990 to 2013.

동해구기선저인망어업의 경우, Fig. 3에서 보는 바와 같이, 어획량은 1993년 이후 2011년까지 연도별 큰 변화 없이 약 1,100톤 수준에서 연간 증감을 반복해 왔다. 하지만 2012년 1,650톤으로 어획량이 다소 증가하였고, 이후 2013년에는 약 3,000톤 수준으로 크게 증가하였다. 도루묵의 kg당 시장가격은 연안자망어업에서와 같이 대체로 하락하는 추세를 나타내고 있는데, 1993년 약 3,850원에서 2000년 4,800원으로 증가하였지만 2002년에는 3,240원으로 하락하였다. 이후 일시적으로

2005년에는 5,630원으로 증가하였지만, 곧 감소추세로 돌아서 2008년에는 2,100원 그리고 2013년 현재는 약 1,430원 수준으로 크게 하락한 상태이다.

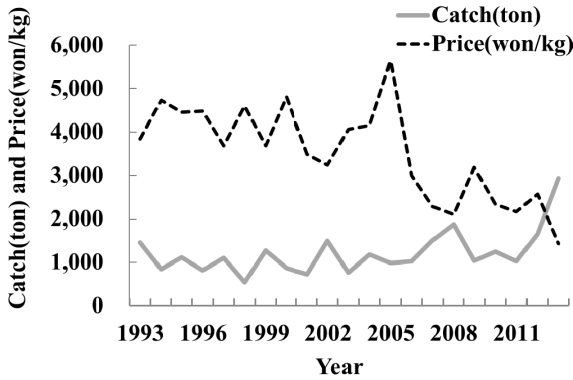


Fig. 3. Changes in catches and prices of sandfish by danish seine fishery from 1990 to 2013.

### 결과 및 고찰

#### 단위근 검정

연안자망어업의 단위근 검정 결과, Table 2에서 보는 바와 같이, 연안자망어업 어획량과 시장가격 모든 변수에 대해 상수항이 포함될 경우, 상수항과 추세항이 불포함될 경우, 그리고 상수항과 추세항이 포함될 경우 모두 수준 변수에 대해 귀무가설 ( $H_0$ : 단위근이 존재한다)을 기각할 수 없는 것으로 분석되었다. 이에 따라 분석대상 연안자망어업의 어획량과 시장가격 시계열 자료 모두 단위근이 존재하는 것으로 나타나 비정상적인 것으로 추정되었다.

Table 2. ADF test results of coastal gillnet fishery

	Variables	With constant	With constant and trend	Without constant and trend
Level	catch	-0.199491	-3.173873	3.492185
	price	-2.983588	-2.728802	-0.573901
First difference	catch	-5.185802*	-5.358035*	-6.702002*
	price	-5.061064*	-4.621896*	-5.129038*

\* statistically significant at 0.01.

그러나 1차 차분한 변수들에 대한 단위근 검정 결과, 연안자망어업의 모든 어획량과 시장가격 변수에 대해 상수항이 포함될 경우, 상수항과 추세항이 포함될 경우, 그리고 상수항과 추세항이 불포함될 경우 모두 1%

유의수준에서 귀무가설을 기각하는 것으로 추정되었다. 이에 따라 1차 차분한 변수의 경우 연안자망어업의 모든 어획량과 시장가격 변수에서 단위근이 제거되어 안정적인 시계열 자료가 되는 것으로 분석되었다.

다음으로 동해구기선저인망어업의 단위근 검정 결과, Table 3에서 보는 바와 같이, 동해구기선저인망어업 어획량과 시장가격 모든 변수에 대해 상수항이 포함될 경우, 상수항과 추세항이 포함될 경우, 그리고 상수항과 추세항이 불포함될 경우 모두 수준 변수에 대해 귀무가설 ( $H_0$ : 단위근이 존재한다)을 기각할 수 없는 것으로 분석되었다. 이에 따라 분석대상 동해구기선저인망어업의 어획량과 시장가격 시계열 자료 모두 단위근이 존재하는 것으로 나타나 비정상적인 것으로 추정되었다.

Table 3. ADF test results of danish seine fishery

	Variables	With constant	With constant and trend	Without constant and trend
Level	Catch	0.988398	-1.785050	2.553616
	Price	-1.149522	-3.322244	-0.808099
First difference	Catch	-4.557795*	-5.242995*	-2.353829**
	Price	-5.682415*	-4.601898**	-5.571556*

\* and \*\* statistically significant at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

그러나 1차 차분한 변수들에 대한 단위근 검정 결과, 동해구기선저인망어업의 모든 어획량과 시장가격 변수에 대해 상수항이 포함될 경우, 상수항과 추세항이 포함될 경우, 그리고 상수항과 추세항이 불포함될 경우 모두 1% 유의수준 (단, 상수항과 추세항이 불포함된 어획량과 상수항과 추세항이 포함된 시장가격은 5% 유의수준)에서 귀무가설을 기각하는 것으로 추정되었다. 이에 따라 1차 차분한 변수의 경우 동해구기선저인망어업의 모든 어획량과 시장가격 변수에서 단위근이 제거되어 안정적인 시계열 자료가 되는 것으로 분석되었다.

#### 공적분 검정

연안자망어업의 공적분 검정 결과, Table 4에서 보는 바와 같이, 우선 trace 검정법에서 검정 통계량이  $r \leq 1$  귀무가설을 유의수준 5%에서 기각할 수 없는 것으로 나타나 공적분 벡터가 1개 존재하는 것으로 추정되었다.

또한 최대 고유치 검정법에서도 검정 통계량이  $r \leq 1$  귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타나 공적분 벡

터, 즉 선형결합이 있는 시계열이 1개 존재하는 것으로 분석되었다. 이는 분석대상 연안자망어업의 어획량과 시장가격이 서로 장기적인 균형 관계에 있음을 의미한다. 따라서 연안자망어업의 추정변수들이 단위근 검정을 통해 각 변수들이 1차 적분 불안정 시계열 자료로 추정되었지만, 공적분 관계를 가지므로 일반 회귀분석을 통해 연안자망어업의 어획량과 시장가격 간의 관계를 추정할 수 있음을 알 수 있다.

다음으로 동해구기선저인망어업의 공적분 검정 결과, Table 5에서 보는 바와 같이, 우선 trace 검정법에서 검정 통계량이 연안자망어업에서와 동일하게  $r \leq 1$  귀무가설을 유의수준 5%에서 기각할 수 없는 것으로 나타나 공적분 벡터가 1개 존재하는 것으로 추정되었다.

마찬가지로 최대 고유치 검정법에서도 검정 통계량이  $r \leq 1$  귀무가설을 기각할 수 없는 것으로 나타나 공적분 벡터, 즉 선형결합이 있는 시계열이 1개 존재하는 것으로 분석되었다. 이는 결국 분석대상 동해구기선저인망어업의 어획량과 시장가격이 서로 장기적인 균형 관계에 있음을 의미한다. 따라서 연안자망어업에서와 마찬가지로, 동해구기선저인망어업의 추정변수들이 단위근 검정을 통해 각 변수들이 1차 적분 불안정 시계열 자료로 추정되었지만 공적분 관계를 가지므로 일반 회귀분석을 통해 동해구기선저인망어업의 어획량과 시장가격 간의 관계를 추정할 수 있음을 의미한다.

Table 4. Johansen cointegration results of coastal gillnet fishery

H <sub>0</sub> : Rank = r	Trace test			Maximum eigenvalue test		
	Test statistic	Critical value (5%)	p-value	Test statistic	Critical value (5%)	p-value
r = 0	47.45841	15.49471	0.0000	43.85341	14.26460	0.0000
r ≤ 1	3.604999	3.841466	0.0576	3.604999	3.841466	0.0576

Table 5. Johansen cointegration results of danish seine fishery

H <sub>0</sub> : Rank = r	Trace test			Maximum eigenvalue test		
	Test statistic	Critical value (5%)	p-value	Test statistic	Critical value (5%)	p-value
r = 0	16.47841	15.49471	0.0404	14.83411	14.26460	0.0406
r ≤ 1	0.644295	3.841466	0.4222	0.644295	3.841466	0.4222

### 어획량과 시장가격 간의 회귀분석

공적분 검정 결과를 바탕으로 연안자망어업의 어획량과 시장가격 간의 관계 ( $price = \alpha + \beta \times catch$ )를 회귀 분석한 결과는 다음의 Table 6에서 보는 바와 같다. 추정식의 R<sup>2</sup> 값이 0.423 정도로 월등히 높은 수준은 아니지만, F 값이 1% 수준에서 유의한 것으로 나타나 모형의 적합도가 우수함을 알 수 있다. 다음으로 종속변수인 시장가격 (price)에 대한 결정계수들의 값 또한 통계적으로 아주 유의적인 것으로 나타났다. 특히 예상한 바와 같이, 어획량 추정계수의 부호가 음 (-)으로 나타나 어획량이 증가할수록 시장가격은 하락하는 것으로 추정되었다.

이러한 회귀분석 결과를 바탕으로, 연안자망어업의 도루묵 어획량 변화에 따른 어업수익 (어획량×시장가격)의 변화를 나타내면 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 도루묵 어획량이 증가할수록 어업수익이 증가하게 된다. 하지만 어획량이 3,700톤에서 가장 큰 어업수익을 나타내고, 그 이후에는 어획량이 증가하더라도 어업수익은 시장가격 하락에 따라 오히려 감소하게 된다. 예를 들어, 어획량을 증가시켜 4,600톤을 어획하더라도 어업수익은 2,800톤 어획할 때와 같으므로 지나치게 과다하게

Table 6. Regression analysis results of coastal gillnet fishery for price= $\alpha + \beta \cdot catch$

Variable	Coefficient	Std. Error	p-value
$\alpha$	5,462.827	271.4080	0.0000
$\beta$	-0.734352	0.182879	0.0006
R <sup>2</sup> = 0.423, F = 16.124 (p = 0.0006)			

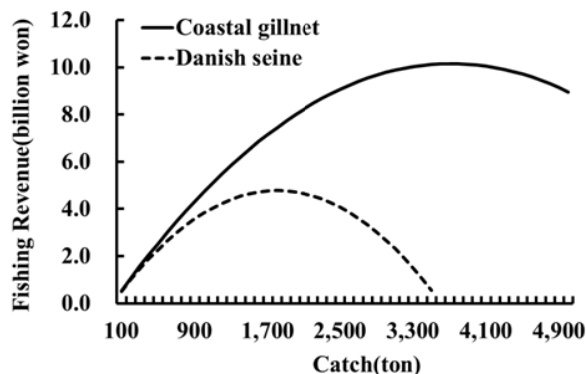


Fig. 4. Changes of fishing revenue by sandfish catch of coastal gillnet and danish seine fisheries.

Table 7. Regression analysis results of danish seine fishery for  $price = \alpha + \beta \cdot catch$

Variable	Coefficient	Std. Error	p-value
$\alpha$	5,304.498	461.3970	0.0000
$\beta$	-1.470191	0.351408	0.0005
$R^2 = 0.480, F = 17.503 (p = 0.0005)$			

도루묵을 어획할 필요가 없게 된다. 따라서 연안자망어업의 어업수익을 고려하면서 불필요하게 과도한 어획이 이루어지지 않도록 어획량 수준을 관리할 필요가 있다.

동해구기선저인망어업의 어획량과 시장가격 간의 관계 ( $price = \alpha + \beta \times catch$ )를 회귀 분석한 결과는 다음의 Table 7에서 보는 바와 같다. 추정식의  $R^2$  값이 0.48이고, F 값이 1% 수준에서 유의한 것으로 나타나 모형의 적합도가 높음을 알 수 있다. 다음으로 종속변수인 시장가격에 대한 결정계수들의 값 또한 통계적으로 아주 유의적인 것으로 나타났다. 그리고 연안자망어업에서 분석된 바와 동일하게 시장가격에 대한 어획량 변수의 추정계수가 음 (-)으로 나타나 동해구기선저인망어업의 도루묵 어획량이 증가할수록 시장가격은 하락하는 것으로 추정되었다.

회귀분석 결과를 바탕으로, 동해구기선저인망어업의 도루묵 어획량 변화에 따른 어업수익 (어획량×시장가격)의 변화를 나타내면 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 도루묵 어획량이 증가할수록 어업수익이 증가하게 된다. 하지만 어획량이 1,800톤에서 가장 큰 어업수익을 나타내고, 그 이후에는 어획량이 증가하더라도 어업수익은 시장가격 하락에 따라 크게 감소하게 된다. 예를 들어, 2013년 어획의 경우 현재 수준 (2,936톤)보다 훨씬 낮은 수준에서 어획해도 시장가격 상승에 따라 비슷한 어업수익을 거둘 수 있으므로 과도하게 도루묵을 어획할 필요가 없다. 따라서 동해구기선저인망어업의 시장 상황에 따른 어업수익을 고려하면서 과도한 도루묵 어획이 이루어지지 않도록 어획량 수준을 관리할 필요가 있다.

### 결론

이 연구에서는 도루묵 어업수익의 향상과 효과적인 자원관리를 위해 도루묵 어획량과 시장가격 간의 관계

를 분석하였다. 구체적으로 어업별 도루묵 어획량과 시장가격 간의 회귀분석을 통해 도루묵 어획량 수준 변화에 따라 시장가격이 어떻게 변하는지 또한 시장가격과 어획량 변화에 따라 어업수익은 어떻게 변하는지 등을 분석하였다. 분석에 사용되는 시계열 자료의 특성상 시계열 자료가 불안정적일 경우 회귀분석 결과가 허구적일 수 있으므로 우선 단위근 검정을 통해 시계열 분석 자료의 안정성 여부를 평가하고, 불안정적인 시계열 자료에 따른 공적분 검정을 통해 회귀분석 가능성 여부를 판단하였다.

분석결과, 어업별 (연안자망어업과 동해구기선저인망어업) 어획량과 시장가격 시계열 자료가 모두 불안정한 것으로 단위근이 존재하는 것으로 추정되었다. 하지만 불안정 시계열 자료의 공적분 검정에서는 공적분이 존재하는 것으로 나타나 어업별 어획량과 시장가격 간에 장기적인 균형 관계가 있는 것으로 추정되었다. 이러한 공적분 검정 결과를 바탕으로 어업별 도루묵 어획량과 시장가격 간의 관계를 회귀분석한 결과, 연안자망어업과 동해구기선저인망어업 모두에서 모형의 적합도가 우수하고, 종속변수인 시장가격에 대한 어획량 등의 결정계수의 값들이 통계적으로 아주 유의적으로 추정되었다. 그리고 기대한 바와 같이, 어업별 모두 어획량 추정계수의 부호가 통계적으로 유의한 음 (-)으로 나타나 어획량이 증가할수록 시장가격은 하락하는 것으로 추정되었다.

이러한 분석결과를 고려해 보면, 도루묵의 과도한 어획은 오히려 도루묵 어업들의 어업수익 하락을 초래하고 있고, 또한 과도한 어획압력으로 도루묵 어업자원에 대한 부정적 영향을 끼칠 수밖에 없다. 도루묵 자원회복계획 이후 어획량이 크게 증가하고는 있지만, 과거 수준에 비하면 여전히 낮은 수준이고 또한 현재 과도한 어획에 따라 향후 자원량이 크게 감소할 수도 있는 가능성이 큰 것이 사실이다. 따라서 어업수익과 자원에 대한 영향을 고려하여 어획량 수준을 제한하고 관리해 나가는 것이 필요하다.

어획량을 제한하기 위해서는 현재 동해구기선저인망어업에 대해서는 도루묵 TAC 제도가 시행 중이므로 TAC 할당량을 더욱 제한하고, 연안자망어업에 대해서도 TAC 제도 시행을 고려해 볼 필요가 있다. 또는 도루묵 자원회복 권고안에서도 이미 고려되고 있는 바와 같이, 휴어기를 지정하거나 금지체장 상향조정을 통해



자원회복과 어업수의 향상을 효과적으로 도모하는 것이 좋은 방안으로 판단된다. 무엇보다 어업인들 스스로 어획량 제한의 필요성을 인식하고, 적극적으로 참여하는 것이 가장 중요하므로 어업별 어업인들이 자율적으로 어획량 제한 규율을 정해 관리해 나가는 방안 또한 유도해 나가야 할 것이다.

이 연구의 한계점으로는 우선 도루묵 가격함수 추정에 있어 어획량, 대체재 및 보완재 가격, 수출입, 그리고 수요의 변화 등 다양한 요인들을 고려해야 하지만, 활용 가능한 자료의 한계로 인해 도루묵 시장가격에 영향을 미치는 요인으로 어획량만을 고려하였다. 그리고 공적분 검정을 통해 도루묵 어획량과 시장가격 간의 장기균형관계 외에도 오차수정모형 추정을 통해 어획량과 시장가격 간 단기불균형 상황이 조정되는 과정을 보다 구체적으로 살펴볼 수 있다. 차후에는 어획량 외 대체재 및 보완재 등 다양한 영향요인들을 고려한 분석과 오차수정모형 추정을 통한 단기적인 시장가격 변화 분석 등이 추가적으로 도모되어야 할 것이다.

## 사 사

이 연구는 국립수산물과학원 연구사업의 지원에 의해 수행되었으며, 논문의 완성도를 높일 수 있도록 세심하게 심사를 해 주신 심사위원님들께 감사드립니다.

## REFERENCES

- FAO. 2014. The state of world fisheries and aquaculture, FAO.
- Gujarati D. 2011. *Econometrics by Example*, Macmillan Publishers.
- Hill R, Griffiths W and Lim G. 2007. *Principles of Econometrics*, 3rd Edition, John Wiley.
- Johansen S. 1988. Statistical analysis of cointegration vectors. *J Econ Dyn Cont* 12, 231-254. (DOI: 10.1016/0165-1889(88) 90041-3)
- Johansen S. 1991. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian autoregressive models. *Econometrica* 59, 1551-1580. (DOI: 10.2307/2938278)
- Kim DH. 2004. *The Concept of Fish Stock Rebuilding Plan and Implementing Ways*. Korea Maritime Institute.
- Ministry of Oceans and Fisheries. 2005. *A Study on Mid- and Long-term Implementation of Fish Stock Rebuilding Plan*. Ministry of Oceans and Fisheries.
- Ministry of Oceans and Fisheries. 2014a. *Fisheries Production Statistics*.
- Ministry of Oceans and Fisheries. 2014b. *2014 Regional Fisheries Science Committee for Fish Stock Rebuilding Plan*, Ministry of Oceans and Fisheries.
- OECD. 2010. *The Economics of Adapting fisheries to Climate Change*, OECD Publishing.
- OECD. 2012. *Rebuilding Fisheries : The Way Forward*, OECD Publishing.
- Song IH and Jung WS. 2002. *Econometric Analysis using SAS and Eviews*, Samyoungsa.

---

2014. 10.27 Received

2014. 11.18 Revised

2014. 11.24 Accepted