한국 주변해역 참조기의 자원생태학적 특성치 추정

이종희 · 서영일* · 오택윤 · 이동우
국립수산과학원 자원관리과

Estimations on population ecological characteristics of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* by the drift gillnet fishery in Korean waters

Jong Hee LEE, Young Il SEO*, Taeg Yun OH and Dong Woo LEE

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

Estimations on population ecological parameters of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in Korean waters, were calculated using catch data based on coastal and offshore drift gillnet fishery and biological data from 2010 to 2012. The population ecological parameters included survival rate, instantaneous coefficient of natural and fishing mortality and age/length at first capture. The survival rate (S) of the small yellow croaker was estimated to be 0.20 from catch curve method. The instantaneous coefficient of natural mortality (M) was estimated to be 0.46/year with Alverson and Carney method. The instantaneous coefficient of total mortality (Z) was 1.611/year, used to be transformed the survival rate and the instantaneous coefficient of fishing mortality (F) were 1.153/year. The length at first capture (L_c) was 19.1cm by Pauly method, and the age at first capture (t_c) was 1.303 years of the small yellow croaker by the coastal and offshore drift gillnet fishery.

Keywords: Small yellow croaker, *Larimichthys polyactis*, Population ecological characteristics, Drift gillnet fishery, Length at first capture (L_c)

서론

참조기는 황해 및 동중국해에 널리 분포하고 있는 어종으로, 절강계군, 강소계군, 한국계군, 그리고 발해계군으로 네 개의 계군으로 알려져

있다 (Ikeda, 1964; NFRDI, 1979; Zhang et al., 1992a, 1992c). 우리나라 근해로 회유하는 한국계군은 12월부터 이듬해 2월까지 제주도 서남부의 심해에서 월동한 후 3월이나 4월부터 황해연안

*Corresponding author: seoyi@korea.kr, Tel: 82-51-720-2296, Fax: 82-51-720-2277

의 산란을 위해 복상회유를 시작하여 4월부터는 위도와 어청도를 거쳐 계속 북상한다. 5~6월에는 연평도 근해까지 도달하며 산란을 마친 후, 외측으로 이동하여 분산하여 지내다가 10월 하순부터 남하하여 11월 이후에는 월동장에 이르게 되는 것으로 알려져 있다 (Bae, 1960; NFRDI, 1979; Zhang et al., 1992a, 1992c).

참조기 어장은 1969년 이전에는 제주도 서방 이북해역에서 주로 조업이 이루어졌으나, 1970년부터 점차 확대되어 1974년에는 동중국해 남부 해역까지 확대되었다. 1961~1974년에 참조기를 목표종으로 하는 주요 어업은 외끌이기선저인망, 안강망 및 유자망어업이며, 세 어업이 전체 참조기 어획량의 95% 이상을 차지하였다 (Lee, 1977). 1980년대에는 쌍끌이기선저인망어업의 어획비율이 40% 이상으로 높았으며, 1980년대 중반부터 1990년대 중반까지는 안강망과 쌍끌이어업이 참조기를 주로 어획하였다. 2000년 이후 유자망의 참조기 어획 비율이 증가하였으며, 최근 10년간 어획비율의 60% 이상을 차지하고 있다.

참조기 어획량은 1974년 최고 수준에 이른 후 감소하여 1985년에 최저 수준을 나타냈다. 그 후 1990년대 초반 어획량이 다소 회복되었으나 1990년대 후반과 2000년대 초반에 다시 감소하였다 (NFRDI, 2005). 이러한 변화는 참조기의 어획물 체장조성에도 나타나는데, 평균체장이 과거에 비해 작아지고 미성어의 비율이 급격히 증가하였다. 이러한 현상은 시기의 차이를 보이지만 한국과 일본 수역에서 모두 나타났다 (Otaki and Shojima, 1978; Yeon and Park, 1991). 참조기는 2000년대 중반 이후 어획량이 회복되어 양적으로 증가 추세에 있으나 질적으로는 감소한 경향을 보이고 있다 (Yeon et al., 2010).

참조기에 관한 이전 연구로는 참조기의 성장에 관한 연구가 가장 많이 수행되었다 (Bae, 1960; Ikeda, 1964; Jeong, 1970; Hwang and Choi, 1980; Lee et al., 2000; Kim et al., 2006). 참조기

자원의 변동 양상을 파악하기 위한 자원특성치 추정에 관한 연구로 Shin (1976, 1977), Lee (1977)와 Zhang et al. (1992c)이 있으며, 나아가 참조기 자원평가 및 관리방안과 장기변동에 관한 연구가 수행되었다 (Zhang et al., 1992a, 1992b; Yeon et al., 2010).

참조기는 우리나라 연근해 어업에서 경제적으로 중요한 위치를 차지하고 있다. 하지만 참조기의 자원평가에 관한 연구는 아직 미비한 상태에 있다. 또한 최근 들어 해양환경이 변화하고 있으며, 참조기를 주요 목표종으로 하는 어업 역시 변화하였다. 본 연구에서는 어업환경 및 시간의 변화에 따른 참조기 자원의 변화를 반영하기 위하여 참조기 자원의 자원생태학적 특성치를 추정하였다.

자료 및 방법

참조기의 자원생물학적 특성치 추정에 사용된 자료는 2010년부터 2012년까지 3년간 참조기를 주로 어획하는 연근해 유자망어업의 체장조성자료와 위판실적을 사용하였다. 연근해 유자망어업에서 어획된 참조기는 위판장에서 75미, 100미, 135미, 그리고 소형어 (현장에서는 깡치로 불림)로 4개의 체급별로 구분하여 위판하고 있다. 월별로 구입한 참조기는 각 체급별로 구분하여 체장 및 체중을 측정하였으며, 실측된 체장조성은 각 체급을 대표한다. 그러나 실측자료는 자연 상태의 전체 체장조성을 반영하기에는 체급별 어획비율을 고려하지 않을 시에는 오차가 있을 수 있으므로 체급별 어획비율을 고려하여 자원상태의 참조기의 체장조성을 보정하였다. 각 체급을 대표하는 실측된 측정자료는 측정되지 않은 위판 상자의 체장조성과 동일하고, 전체 체장조성과는 개체수의 차이만을 나타낸다는 것을 가정하였다. 그리고 실제 측정 상자수는 월별로 동일하지 않기 때문에 위판상자에 대한 실측상자의 비율을 곱하여 계산하였다. 체장조성을 구성하는 데 사용된 수식은 식 (1)과 같다.

$$LS = \sum N_{ij} (C_i / M_i) \quad (1)$$

여기서, LS 는 어획량을 반영한 체장조성이고, N_{ij} 는 i 체급의 j 체장의 개체수, 그리고 C_i 와 M_i 는 각각 i 체급의 총 위판 상자수와 실제 측정된 상자수이다. 참조기의 체장조성은 Table 1에 나타내었다.

연령조성자료는 체장자료로부터 Lee et al. (2000)의 참조기 성장 파라미터를 사용하여 추정하였다 (Table 2). 추정된 연령조성은 체장조성자료와 동일한 방법으로 참조기 유자망어업의 위판비율을 반영하였으며, 추정된 연령조성을 기초자료로 하여 참조기의 생물학적 파라미터를 추정하였다.

생잔율 (S)은 Table 2의 연령조성자료를 사용하여 추정하였으며, 완전 가입연령은 2세로 가정하여 어획물곡선법, Jackson 방법, Heincke 방법, 평균연령이용법, Chapman and Robson 방법, 그리고 Beverton and Holt 방법을 사용하였다 (Zhang, 1991, 2010). 각 생잔율 추정치에 대해서

는 어획물의 연령별 실제 개체수와 생잔율 추정치를 사용하여 계산된 기대 개체수와 오차에 대한 평방편차합 (sum of squared error, SSQ)을 계산하여 비교하였다. 평방편차합은 연령별 어획개체수의 감소경향이 지수적이라는 가정 하에서 식 (2)로 계산하였다 (Zhang, 1996).

$$SSQ = \sum \{\ln(obs C_i) - \ln(exp C_i)\}^2 \quad (2)$$

여기서, SSQ 는 평방편차합이고, $obs C_i$ 는 어획물의 연령별 실제 개체수, 그리고 $exp C_i$ 는 추정된 생잔율을 이용하여 계산한 연령별 기대 어획개체수이다.

연령별 기대 어획개체수는 가장 많이 어획된 개체수 연령을 기준으로 추정한다. 또한 Table 2의 연령조성과 추정된 생잔율로 계산한 연령조성사이의 상호상관계수를 계산하여, 각 추정치와 실측치 사이의 상관도를 분석하였다 (Zhang et al., 1992c).

순간전사망계수 (Z)는 생잔율로부터 추정된

Table 1. Length compositions of small yellow croaker caught by drift gillnet fishery

Length	2010	2011	2012	Mean
12	—	—	52,284	17,428
13	287,467	54,737	233,616	191,940
14	1,438,794	313,464	831,004	861,087
15	2,081,521	651,079	1,700,578	1,477,726
16	3,509,675	1,257,036	1,858,159	2,208,290
17	7,579,712	4,271,290	2,418,160	4,756,387
18	10,700,958	8,531,946	7,274,215	8,835,706
19	9,504,077	21,544,162	11,321,789	14,123,343
20	6,010,712	33,169,730	19,631,980	19,604,141
21	4,008,371	16,220,207	17,895,514	12,708,031
22	5,975,472	11,682,373	9,818,485	9,158,777
23	4,755,733	8,524,540	5,698,851	6,326,375
24	2,388,936	3,113,338	3,354,869	2,952,381
25	958,222	1,018,588	1,164,398	1,047,069
26	268,376	220,234	264,256	250,955
27	87,845	65,505	87,462	80,271
28	29,638	36,004	35,148	33,597
29	19,593	14,794	9,594	14,660
30	15,148	3,978	4,471	7,866
31	2,373	3,814	2,403	2,863
32	1,582	2,442	2,513	2,179
33	—	1,026	775	600
34	—	—	964	321

Table 2. Age compositions of small yellow croaker caught by drift gillnet fishery

Age (t)	Number of individuals (N)			
	2010	2011	2012	Mean
0	—	—	26,696	8,899
1	9,226,932	3,320,908	5,298,196	5,948,679
2	32,140,375	69,586,197	41,600,446	47,775,673
3	15,111,938	34,454,080	33,065,262	27,543,760
4	2,943,247	3,174,891	3,465,201	3,194,446
5	158,366	136,057	181,035	158,486
6	27,154	19,336	13,526	20,005
7	14,610	5,350	5,910	8,623
8	1,582	2,442	3,477	2,500
9	—	—	775	258
10	—	1,026	964	663

다. 어획사망을 제외한 다른 모든 요인을 자연사망으로 간주하고, 여기서 추정하는 순간자연사망계수 (M)는 자원으로의 가입 이후의 자연사망을 의미하며 이입과 이출을 고려하지 않았다. 순간자연사망계수를 추정하는 데는 Alverson and Carney 방법, Alagaraja 방법, Pauly 방법과 Zhang and Megrey 방법을 사용하였다 (Zhang, 1991). 순간어획사망계수 (F)는 생잔율을 통하여 계산된 순간전사망계수에서 자연사망계수를 제함으로써 추정하였다 (Zhang, 1991, 2010). 사망계수를 추정하기 위하여 사용된 참조기의 성장계수 등 생물학적 파라미터는 Lee et al. (2000)의 논문을 따랐으며, 참조기 자원이 분포하고 있는 해역의 평균 수온 (T)은 Baik et al. (2004)을 참고하였다.

유자망의 선택성은 Cho (2013)의 2012년 목포 남서해역과 추자도 서측해역에서 50.0mm와 51.5mm 유자망 망지를 이용하여 선택성 실험을 수행한 자료를 사용하여 자망선택성을 추정하였다 (Garrod, 1961; Pauly, 1984a; Zhang, 1991).

어획개시체장 (Lc) 및 어획개시연령 (t_c)은 각각 어획물의 체장조성과 von Bertalanffy의 성장식을 이용하여 어획개시체장을 추정하는 방법 (Pauly, 1984b)과 어획개시연령을 추정하는 방법을 적용하였다 (Zhang, 1991). 자료는 2010~2012년의 참조기 유자망어업의 체장조성자료를

사용하였다 (Table 1). 어획개시체장은 P=0.5일 때의 체장이며, 아래의 식 (3)을 이용하여 계산하였으며, 체장을 Lee et al. (2000)의 참조기 성장 파라미터를 이용하여 연령으로 전환하였다.

$$\begin{aligned}\Delta t &= (1/K) \ln \{L_{\infty} - L_2 / L_{\infty} - L_1\} \\ N_i / P_i &= N_i + 1 / P_{i+1} \cdot e^{Z \Delta t} \\ P &= N_i / (N_i / P_i)\end{aligned}\quad (3)$$

여기서, K와 L_∞는 성장계수와 이론적 최대체장이다. L₁과 L₂는 각 체장계급의 최소값과 최대값이다. N_i + 1/P_i + 1은 체장계급의 이용가능한 개체수이고, N_i/P_i는 그 다음으로 작은 체장계급의 이용가능한 개체수이다. 체장은 P₁부터 역순으로 계산되며, P₁은 선택성이 가장 높은 체장계급이다.

결 과

생잔율

2010~2012년 참조기 유자망어업 어획물의 연령조성자료를 사용하여 생잔율 (S)을 추정하였다. 6가지 방법에 의한 참조기의 생잔율은 0.10~0.39의 범위로 추정되었다. 어획물곡선법, Hiencke 방법과 Chapman and Robson 방법의 분산 차이는 소수점 9번째 자리에서의 차이만이 나타났다. 평방편차합은 11.264~15.627로 6가지 방법 모두 비슷한 값으로 나타났으며, 그 중

Table 3. survival rate (S), variance (Var), SSQ, cross-correlation coefficient (R), and instantaneous coefficients of total mortality (Z) of small yellow croaker

Methods	S	Var	SSQ	R (significant level)	Z
Catch-curve	0.200	0.0000000	11.264	0.996 (0.000)	1.611
Jackson	0.393	NA	15.627	0.960 (0.000)	0.934
Heincke	0.393	0.0000000	15.627	0.960 (0.000)	0.934
Average age	0.305	NA	13.245	0.905 (0.002)	1.187
Chapman and Robson	0.305	0.0000000	13.245	0.905 (0.002)	1.187
Beverton and Holt	0.103	NA	13.241	0.905 (0.002)	2.278

어획물곡선법이 가장 작은 값을 나타냈다. 각 방법의 생산율로 계산한 연령별 어획개체수와 실제 어획개체수 사이의 상관계수 값은 어획물곡선법이 가장 높은 값 0.996 ($p<0.001$)으로 나타났으며, 그 외 생산율 추정법도 0.9 이상 ($p<0.01$)의 높은 값을 나타냈다 (Table 3).

사망률

순간전사망계수 (Z)는 앞서 추정된 생산율을 이용하여 추정하였으며, 생산율이 높은 Jackson 방법과 Heincke 방법에서 0.934로 가장 낮았다. 생산율이 낮은 Beverton and Holt 방법은 2.278로 가장 높았다. 그 다음으로 어획물곡선법의 사망률이 1.611로 높았다 (Table 3). 순간자연사망계수 (M)는 Zhang and Megrey 방법이 가장 낮은 0.23의 자연 사망을 나타내었으며, Alverson and Carney 방법에 의해 추정된 값이 0.46으로 가장 높았다 (Table 4). 순간어획사망계수 (F)는 순간

전사망계수에서 순간자연사망계수를 뺀 값으로, 평방편차합이 적고 상관계수가 높은 어획물곡선법으로 추정된 생산율을 순간전사망계수로 전환하여 추정하였다. 이 경우 순간전사망계수는 1.611/년이며, 순간어획사망계수는 1.153~1.385의 범위로 나타났다.

참조기 유자망의 선택성

참조기 유자망어업으로 어획된 참조기의 50.0mm와 51.5mm 망목에 대한 선택성을 추정하였다. 50mm에서는 21.4cm에 대한 선택비가 가장 높았으며, 참조기 체장에 대한 50% 이상의 선택비를 가지는 체장범위는 19.1~23.7cm이었다. 51.5mm에서는 22.1cm에 대한 선택비가 가장 높았으며, 참조기 체장에 대한 50% 이상의 선택비를 가지는 체장범위는 19.7~24.4cm이었다 (Fig. 1). 참조기 유자망어업에서는 50.0mm 망목을 주로 사용하므로 최대 선택비를 가지는 체장은 21.4cm (계급 22cm) 이다.

Fig. 1. Selection curve of the small yellow croaker caught with drift gillnets of two mesh sizes.**Table 4. Instantaneous coefficients of natural mortality (M) of the small yellow croaker and input data**

Methods	M	Input data
Alverson and Carney	0.458	$K=0.201/\text{year}$ $T_{mb}=11 \text{ years}$
Alagaraja	0.419	$T_m=11 \text{ years}$
Pauly	0.345	$L_{inf}=37.11\text{cm}$ $K=0.201/\text{year}$ $T=14.27^\circ\text{C}$ Schooling stock
Zhang and Megrey	0.226	$t_m=11 \text{ years}$ $B=3.212$ $K=0.201/\text{year}$ $t_0=-1.8826/\text{year}$

어획개시체장 및 연령

참조기 유자망어업으로 어획된 참조기의 어획개시체장 (L_c)과 어획개시연령 (t_c), 혹은 50% 어구가입연령은 Pauly 방법으로 추정하였다. 어획개시체장은 50mm 망목에서 최대 선택비를 가지는 21.4cm, 즉 22cm 체장계급 이하의 개체수를 성장계수와 전사망계수를 적용하여 추정하고, 실제 어획개체수에 대한 어획가능성을 계산하여 어획개시체장을 추정하였다. 어획개시체장은 19.1cm로 추정되었다 (Fig. 2).

어획개시연령은 체장조성자료를 Lee et al. (2000)의 참조기 성장 파라미터를 사용하여 연령조성으로 변환한 자료를 사용하였다. 여기서 연령에 관계없이 일정한 사망계수를 가진다는 가정 하에서 가입, 혹은 어구선택이 되지 않은 상황을 예상한 기대어획 개체수와 실제어획 개

Fig. 2. Probability of capture for each length class (bar) and cumulative curve (solid line). L_c is estimated mean length at first capture.

Fig. 3. Estimation of the age at first capture of the small yellow croaker by Pauly method.

체수와 의 비를 사용하여 50% 어구 가입연령을 추정하였다 (Fig. 3). Pauly 방법으로 추정된 어획개시연령은 1.303세이다.

고 찰

수산자원생물의 양적 변동에 관련된 요소인 개체의 성장, 사망, 재생산 및 어획 등의 개체군 역학에 관련된 특성치들을 추정하는 연구는 개발 이용되고 있는 수산자원을 평가하여 자원상태를 진단하고 나아가 자원을 관리하기 위한 과학적 대책수립에 필수적이며 기본적인 역할을 담당한다 (Zhang et al., 1992c). 가장 우선적으로 추정되는 것은 체장조성을 연령구조로 바꾸는 것이며, 이 때 가장 중요한 역할을 담당하는 것이 해당 어종의 성장을 파악하는 것이다. 본 연구에서는 참조기의 성장식을 직접 추정하지 않고, 이전 연구를 따랐다. 어떤 특성의 매개변수 추정방법이 더 우수하거나 적합한 방법이라고 볼 수 없으며, 어떤 성장 모델을 사용하느냐에 따라 달라 질 수 있다 (Zhang et al., 1992c). 그러므로 본 연구에서 참조기 성장연구가 수행된 시기와 추정된 성장식의 이론적 최대체장 (L_∞)을 기준으로 하여 선정하였으며, Lee et al. (2000)에서 추정된 성장 파라미터를 이용하여 체장을 연령으로 환산하였다.

생잔율을 추정하기 위하여 동일발생군에 대한 자료를 사용해야 하지만, 이러한 자료를 구하기 힘들기 때문에 채집된 자료를 자원의 평형상태로 가정하여 사용하였다. 이 경우 일 년간 채집된 자료를 평형상태로 가정하기에는 무리가 있기 때문에, 3년간 평균 자료로 인위적인 평형상태를 만들어서 생잔율 추정에 사용하였다 (Zhang et al., 1992c). 2010~2012년의 3년간의 참조기 유자망어업 자료를 평균하여 생잔율 추정에 사용하였다. 생잔율의 추정에 6가지 방법이 사용되었으며, 생잔율은 0.103~0.393 범위로 추정되었다. 각 생잔율 추정방법 사이의 적합도를 파악하기 위하여 분산, 평방편차합 및 상관계

수를 추정하였으나, 각 방법 사이의 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그 중 어획물곡선법은 다른 방법에 비하여 평방편차합이 적고, 상관계수와 통계학적 유의수준에서 특히 더 높았다. 그러므로 어획물곡선법이 타 방법에 비하여 더 적합한 생산율을 추정한 것으로 판단된다.

본 연구에서도 순간자연사망계수가 0.226~0.458로 방법에 따라 큰 차이를 보였다. 이는 순간자연사망계수를 추정하는 데에 사용된 입력 자료의 차에 의하여 다른 결과를 나타낸 것으로 판단된다. 본 연구에서 순간자연사망계수 추정에 사용한 입력자료는 Zhang et al. (1992c)의 입력 자료보다 성장계수는 더 작고, 최대연령은 더 높고, 이론적 최대체장은 더 컸다. 그리고 Zhang et al. (1992c)의 연구는 Yang and Cho (1982)의 연구를 참고하여 참조기의 적정수온을 10°C로 하였으나, 본 연구에서는 Baik et al. (2004)의 연구를 참고하여 14.3°C를 사용하였다. 수산자원 연구에서 순간자연사망계수 (M)는 거의 대부분의 자원평가방법이나 관리모델을 사용하는 데에 필수적인 특성치인데도 불구하고 연구대상으로 크게 주목받지 못해서 정확한 값을 얻기가 매우 어려운 상태이다 (Zhang et al., 1992c). Alagaraja 방법은 자연사망이 오직 수명과 관계가 있는 간단한 방법이지만 하나 생물학적 정보가 적은 경우만 사용한다. 그 외 방법은 참조기의 성장 파라미터의 변화에 따라 변동하는 입력자료의 영향을 받고, 이에 따라 자연사망계수도 함께 변동하게 된다. 본 연구에서는 입력자료의 변화가 적고 상대적으로 적은 생물학적 정보가 포함된 Alverson and Carney 방법으로 추정한 순간자연사망계수가 가장 적절한 것으로 판단하였다.

일반적으로 사용되는 참조기 유자망의 망목은 50mm이며, Garrod (1961)가 제시한 자망의 선택성 곡선에서 최대 선택비를 가지는 체장은 21.4cm (체장계급 22cm)로 실제 어획이 가장 많이 되는 19.5cm (체장계급 20cm)와 차이가 있었다. Pauly (1984b)가 제시한 방법을 적용하여 어

획개시체장과 50% 어구가입연령 또는 어획개시연령을 추정하였다. Pauly 방법에 의한 어획개시체장은 19.1cm로 연령으로 환산하면 1.714세이며, 어획개시연령은 1.303세로 체장으로 환산하면 17.5cm이다. 이전 연구에서 참조기의 어획개시연령은 0.602세이며, 본 연구에 사용된 성장파라미터를 적용하여 체장으로 환산하면 14.6cm이다. Pauly 방법에 의한 어획개시연령은 어획개시체장에 비하여 연령과 체장이 각각 0.4세와 1.6cm 작았다. 본 연구의 어획개시연령은 2010~2012년의 참조기 유자망어업자료를 사용하여 추정하였으며, 과거에는 1986~1988년의 대형기선저인망어업자료를 사용하여 추정되었다. 이전 연구결과에 비해 어획개시연령 및 체장의 증가는 기선저인망어업과 안강망어업에서 주로 어획되는 참조기가 유자망어업보다 더 작은 개체가 주로 어획된 것에 기인하는 것으로 판단된다.

결 론

2010~2012년 참조기 유자망어업의 어획물의 연령조성자료를 사용하여 참조기의 자원생태학적 파라미터를 추정하였다. 추정된 자원생태학적 파라미터는 생산율, 순간자연사망계수, 순간어획사망계수 및 어구가입연령이다. 생산율은 어획물곡선법, Jackson 방법, Heincke 방법, 평균연령이용법, Chapman and Robson 방법, 그리고 Beverton and Holt 방법으로 0.10~0.39의 범위로 추정되었다. 여러 방법 중 어획물곡선법은 다른 방법에 비하여 평방편차합이 적고, 상관계수와 통계학적 유의수준이 높았다. 순간자연사망계수는 Alverson and Carney 방법, Alagaraja 방법, Pauly 방법과 Zhang and Megrey 방법으로 추정하였다. Alverson and Carney 방법에 의해 추정된 순간자연사망계수가 가장 적합한 것으로 판단된다. 순간어획사망계수는 순간전사망계수에서 뺀 값으로, 평방편차합이 적고 상관계수가 높은 어획물곡선법으로 추정된 생산율을 순간전사망

계수로 전환하여 추정하였다. 이 경우 순간전사망 계수는 1.611/년이며, 순간어획사망계수는 1.153이었다. 참조기 유자망어업으로 어획된 참조기의 어획개시체장 (L_c)은 19.1cm이며, 어획개시연령 (t_c)은 1.303세이었다.

사 사

본 연구는 국립수산물과학원 (RP-2013-FR-085)의 지원으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Bae TH. 1960. The biological study on the Yellow Sea corvenia in the adjacent sea of Korea. Report of the research for fisheries resource 4, 1 – 106.
- Baik CI, Cho KD, Lee CI and Choi KH. 2004. Oceanographic conditions of fishing ground of yellow croaker (*Pseudosciaena polyactis*) in Korean waters. J Kor Fish Soc 37, 232 – 248.
- Chung SC. 1970. Age and growth of the yellow croaker, *Pseudosciaena manchurica* Jordan et Thompson, in the western coastal waters of Korea. Bull Kor Fish Soc 3, 154 – 160.
- Garrod DJ. 1961. The selection characteristics of nylon gill nets for *Tilapia esculenta* Graham. J Cons CIEM 26, 191 – 203.
- Hwang BI and Choi SH. 1980. Age and growth of yellow croaker, *Pseudosciaena manchurica* Jordan et Thompson, in the Yellow Sea and the East China Sea. Bull Fish Res Dev Agency 23, 171 – 178.
- Ikeda I. 1964. Studies and fisheries biology of the yellow croaker in the East China and the Yellow Sea. Bull Seikai Reg Fish Res Lab 31, 49 – 81.
- Jeong SC. 1970. Age and growth of the yellow croaker, *Pseudosciaena manthurica* Jordan et Thompson, in the western coastal waters of Korea. Bull Kor Fish Soc 3, 154 – 160.
- Kim YM, Kim JY, Kim JI, Lee DW, Park CS, Yeon IJ and Park JH. 1993. Assessment of fisheries resources and fishery management in Korean waters. Fish Res Report 12, NFRDI, Sinheung Publishing Co, Seoul, Korea, 1 – 181.
- Kim YH, Lee SK, Lee JB, Lee DW and Kim YS. 2006. Age and growth of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea. Kor J Ichthyol 18, 45 – 54.
- Lee JU. 1977. Estimation of age composition and survival rate of the yellow croaker, *Pseudosciaena manchurica* Jordan et Thompson, in the yellow Sea and the East China Sea. Bull Fish Res Dev Agency 16, 7 – 31.
- Lee MW, Zhang CI and Lee JW. 2000. Age determination and estimation of growth parameters using otoliths of small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* Bleeker in Korean waters. Bull Kor Soc Fish Tech 36, 222 – 233.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 1979. Oceanographic handbook of the neighbouring seas of Korea. NFRDI, 1 – 650.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2005. Ecosystem and fishing grounds of commercially important species in Korean waters. Yemunsa Publishing Co, Busan, Korea, 1 – 383.
- Otaki H and Shojima E. 1978. On the reduction of distributional area of the yellow croaker resulting from decrease of abundance. Bull Seikai Reg Fish Res Lab 51, 111 – 122.
- Pauly D. 1984a. Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM, Manila, Philippines, 1 – 325.
- Pauly D. 1984b. Length – converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropic (Part II). ICLARM Fishbyte 2, 9 – 10.
- Shin ST. 1976. Approximate estimation of the survival rate in fish population utilizing the length composition. Bull Kor Fish Soc 9, 143 – 150.
- Shin ST. 1977. Estimation of the survival rate in fish population from the length composition and the growth equation. Bull Kor Fish Soc 10, 137 – 143.
- Yang SK and Cho KD. 1982. The relationship between oceanographic condition and fishing ground distribution of yellow croaker in the East China Sea

- and the Yellow Sea. Bull Kor Fish Soc 15, 26–34.
 - Yeon IJ and Park CS. 1991. Changes in distribution area on the stock fluctuation of yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* Bleeker. Nat Fish Res Dev Institute 45, 85–100.
 - Yeon IJ, Lee DW, Lee JB, Choi KH, Hong BK, Kim JI and Kim YS. 2010. Long-term changes in the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis*, population in the Yellow and East China Seas. J Kor Soc Fish Tech 46, 392–405.
 - Zhang CI. 1991. Fisheries Resources Ecology. Woosung Publishing Co, Seoul, Korea, 1–399.
 - Zhang CI. 1996. A study on the stock assessment and management implications of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters. 1. Estimation of population ecological characteristics of the hairtail, *Trichiurus lepturus* Linne in Korean waters. J Kor Fish Soc 29, 569–577.
 - Zhang CI. 2010. Fisheries Science Series #1. Marine Fisheries Resources Ecology. Pukyong National University Press, Busan, Korea. 1–561.
 - Zhang CI, Kim S and Yoon SB. 1992a. Stock assessment and management implications of small yellow croaker in Korean waters. Bull Kor Fish Soc 25, 282–290.
 - Zhang CI, Kim YM, Yoo SJ, Kim CK and Ahn SM. 1992b. A study on fluctuations in biomass of small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis*, off Korea. Bull Kor Fish Soc 25, 37–44.
 - Zhang CI, Kim YM, Yoo SJ, Park CS, Kim SA, Kim CK and Yoon SB. 1992c. Estimation of population ecological characteristics of small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis* off Korea. Bull Kor Fish Soc 25, 29–36.
-
- 2013년 10월 2일 접수
2013년 11월 11일 1차 수정
2013년 11월 14일 2차 수정
2013년 11월 15일 수리