

한국 남해안 보구치(*Pennahia argentata*)의 자원생태학적 특성치 및 자원량 추정

전복순 · 이해원¹ · 강수경 · 이승종 · 오철웅^{2*}

국립수산물연구원 수산자원연구센터, ¹국립수산물연구원 원양자원과, ²부경대학교 해양생물학과

Ecological Characteristics and Biomass of White Croaker *Pennahia argentata* Population in the South Sea of Korean Peninsula

Bok Soon Jeon, Hae Won Lee¹, Sukyung Kang, Seung Jong Lee and Chul-Woong Oh^{2*}

Fisheries Resources Research Center, National Institute of Fisheries Science, Tongyeong 53064, Republic of Korea

¹Distant Water Fisheries Resources Research Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Republic of Korea

²Department of Marine biology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

We investigated the ecological characteristics and biomass of white croaker *Pennahia argentata* population in the South Sea of Korea using catch data from Danish seines fishery and biological data from 2018 to 2020. Survival rate (S), which was estimated using Pauly method (1984) was 0.361 per year, and the instantaneous coefficient of total mortality (Z) was 1.019 per year. The instantaneous coefficient of natural mortality (M) and that of fishing mortality (F) were estimated as 0.351 and 0.668 per year, respectively. At first capture, age was estimated to be 1.19 years and length at this age was 18.7cm. The annual biomass was estimated with a biomass-based cohort analysis using annual catch data between 1997–2020 in Korean water. The biomass of the white croaker declined sharply from 4,000 tons in 1999 to the lowest level of approximately 1,000 tons in 2004. Post 2004, the biomass started to increase gradually and reached approximately 7,000 tons. The amount of resources was 35.7%, 34.8%, and 16.5% at age one, two, and three years, respectively, and 86.9% of all captured white croaker individuals belonged to the age group of 1–3 years.

Keywords: White croaker, *Pennahia argentata*, Ecological characteristics, Age at first capture, Biomass-based cohort

서론

보구치(*Pennahia argentata*)는 민어과 *Pennahia*속에 속하며 형태는 몸과 머리가 측편되어 있다. 몸 빛깔은 백색을 띠고 있으며 등쪽만 연한 회색이고, 아가미뚜껑에는 큰 검은 점이 있는 것이 특징으로 백조기라고도 불린다(Lee and Park, 1992; Kim et al., 2005; Oh, 2008). 보구치는 우리나라 뿐만 아니라 일본과 중국에서도 상업적 가치가 있는 저서성 어종 중 하나이고 동중국해, 황해에서는 트롤어업의 중요한 자원으로 북서태평양 생산량의 대부분을 중국에서 어획하고 있다(Fishbase, 2021).

1990년대부터 2000년대에 이르기까지 국내외 어업환경이 급변하면서 우리나라의 근해저인망어업은 많은 변화를 겪으며 어장이 대폭 축소, 재편되었고, 정부에서는 대대적인 감척사업을

진행하였다. 특히 쌍끌이대형저인망어업의 변화가 가장 심하였다(Kim and Kim, 2004; Lee, 2011). 이에 따라 1980년대 주로 쌍끌이대형저인망어업에 의해 어획되던 보구치는 1990년대 이전에는 서해중부에서 동중국해 중부까지 남북으로 광범위하게 어장이 형성되었으나 1990년대에는 동서 및 남북 방향 모두 어장이 축소되고, 2000년대에는 어장이 더욱 축소되면서 우리나라 남해로 어장이 형성되는 변화를 겪었다(Baik et al., 1999; NIFS, 2017).

또한 보구치는 쌍끌이대형저인망어업 보다 외끌이대형저인망어업에 의한 어획량의 비중이 커지게 되었으며 2000년대 중반부터는 연안복합어업, 연안자망어업, 안강망어업 그리고 최근에는 정치망어업 등에 의한 어획 비율도 증가하면서 1990년대 이후 지속적으로 감소하던 어획량은 2010년대 중반부터 증

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5925 Fax: +82. 51. 629. 5931

E-mail address: ohcw@pknu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0721>

Korean J Fish Aquat Sci 55(5), 721-729, October 2022

Received 2 August 2022; Revised 7 September 2022; Accepted 6 October 2022

저자 직위: 전복순(연구원), 이해원(연구관), 강수경(센터장), 이승종(연구관), 오철웅(교수)

가하는 경향을 나타내고 있다(KOSIS, 2020). 최근 기후변화, 해양오염과 남획 등의 영향으로 우리나라 연근해 어업 주요 어종의 어획량이 대부분 급감하고 있으나 보구치는 어획량이 증가하고 있는 어종으로 남획의 우려가 있어 지속적인 자원 이용을 위해 새로운 어업관리가 필요한 어종이다.

현재까지 국내에서 수행된 보구치의 자원생태학적 특성치 및 자원평가와 관리방안에 관한 연구로는 1993년부터 1995년까지 쌍끌이대형저인망어업의 자료를 이용한 Zhang et al. (1999a, 1999b)의 연구가 대표적이다. 그러나 이시기는 보구치의 자원량이 급격히 감소하는 시기였으며 약 20년이 지난 현재의 어업환경 변화를 반영하기 어렵다. 따라서 최근 어획현황 자료를 이용하여 보구치 자원에 대한 재평가와 관리방안이 요구되고 있다.

이에 본 연구는 우리나라 남해안에서 보구치를 어획하는 주요 업종인 외끌이대형저인망어업과 서남해구중형외끌이저인망어업에 의해 어획된 최근 3개년(2018–2020년)의 어획 자료를 이용하여 생산율, 순간자연사망계수, 순간어획사망계수, 그리고 어획개시연령 등과 같은 자원생태학적 특성치를 추정하고 생체량을 기초로 한 코호트 분석법에 의한 연도별 자원량을 추정하였다.

재료 및 방법

전장조성 및 연령조성

전장조성 자료는 2018년 1월부터 2020년 12월까지 3년간 외끌이대형저인망어업 또는 서남해구외끌이중형저인망어업에 의해 어획된 보구치를 매월 대, 중, 소 상차별로 구입하여 측정된 실측치를 각 체급별로 나타내었다(Supplementary Table 1). 개체수는 위판실적 자료에서 각 체급별 어획비율을 고려하여 환산하였다(Table 1). 어획물의 연령조성은 2018년부터 2020까지의 전장조성 자료로부터 Jeon (2022)에 의한 von Bertalanffy 성장식의 매개변수(Table 2)를 사용하여 추정하였다(Table 3).

생산율(S) 및 순간전사망계수(Z)

생산율은 어획물의 연령조성 자료(Table 3)를 사용하여 어획물곡선법(Pauly, 1984)을 이용하여 추정하였다. 어획물곡선법은 어획물 연령조성 자료에서 어획개체수가 가장 높은 연령을 0세로 치환한 뒤 연령별 어획개체수를 대수변환하여 연령별 어획개체수와 연령 간의 관계를 선형화한 직선식에 의해 생산율을 추정하였다. 순간전사망계수(Z)는 생산율 추정치 $S=e^{-Z}$ 을 다음과 같이 변환하여 추정하였다.

$$Z=\ln S$$

순간자연사망계수(M) 및 순간어획사망계수(F)

일반적으로 어류의 사망은 자연사망과 어획사망으로 나누어

지는데, 자연사망은 어획을 제외한 다른 요인들에 의한 사망을 의미한다. 보구치의 순간자연사망계수(M) 추정을 위해 Zhang and Megrey (2006) 방법을 사용하였으며 그 식은 다음과 같다.

Table 1. Length composition of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea

Total length (cm)	2018	2019	2020	Mean
12-13	2,901	0	0	0
13-14	34,809	0	20,913	20,913
14-15	20,305	9,847	38,034	38,034
15-16	58,014	20,924	50,607	50,607
16-17	134,995	64,482	116,480	116,480
17-18	88,190	87,447	124,077	124,077
18-19	39,494	73,684	131,304	131,304
19-20	161,521	100,676	302,457	302,457
20-21	330,311	178,300	310,368	310,368
21-22	297,579	180,384	176,584	176,584
22-23	131,871	107,393	65,776	65,776
23-24	39,227	107,766	34,198	34,198
24-25	12,006	106,410	13,284	13,284
25-26	5,424	67,436	7,125	7,125
26-27	3,278	21,771	3,841	3,841
27-28	2,649	2,004	2,758	2,758
28-29	2,199	1,984	1,265	1,265
29-30	1,305	1,209	536	536
30-31	768	992	414	414
31-32	994	569	431	431
32-33	167	595	187	187
33-34	60	195	161	161
34-35	91	90	102	102
35-36	25	130	105	105
36-37	0	7	20	20
37-38	0	2	7	7
38-39	0	0	0	0
39-40	0	0	10	10

Number of individuals.

Table 2. Parameters estimated for growth equation of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea (Jeon, 2022)

Parameters	Pooled
L_{∞} (cm)	40.01
W_{∞} (g)	827.80
K (year ⁻¹)	0.23
t_0 (year)	-1.56

$$M = \frac{\beta K}{e^{K(t_{mb}-t_0)} - 1}$$

여기서 $t_{mb} = C_i \times t_{max}$ 이며 t_{max} 는 최대연령, C_i 는 계수로서 부어류는 0.302, 저어류는 0.440으로 보구치는 저어류에 속하여 0.440을 사용하였다. K 는 von Bertalanffy 성장식의 성장계수, t_0 는 체장이 0일 때의 이론적 연령이며, β 는 전장-전중 관계식의 상수이다. 본 연구에서는 Jeon (2022)의 연구결과인 K 는 0.23/year, t_0 는 -1.56, β 는 3.0864를 각각 사용하였으며, 최대연령은 9세로 간주하였다. 순간어획사망계수(F)는 순간전사망계수(Z)와 순간자연사망계수(M)를 이용하여 추정하였다.

$$F = Z - M$$

어획개시연령(t_c)

어획개시연령(50% 어구가입연령, t_c)은 망목시험을 통해서 추정해야 하지만 망목시험에 의한 자료를 사용하는 것이 불가능하여 어획물의 전장조성자료(Table 1)과 앞서 추정된 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 Pauly method를 적용하여 추정하였다. 즉, 어획물의 체장조성에서 완전가입연령 이상의 연령에 대해 어획물 곡선식을 선형식으로 나타낸 것은 다음과 같다.

$$\ln \frac{C_p}{\Delta t} = c - Z(t + \frac{\Delta t}{2})$$

여기서, C_p 는 실제어획개체수, t 는 연령, Δt 는 각각의 전장 계급에 해당되는 연령 간의 차이, c 는 상수이다. 위에서 추정된 Z 값을 다음에 대입하여 기대어획개체수(C_T)를 구하였다.

$$C_T = \Delta t \times \exp(c - Zt)$$

연령이 t 일 때 실제어획개체수(C_{pt})와 기대어획개체수(C_T)와의 비(S_t)를 계산하여 다음 식으로부터 직선회귀시켜 상수 T_1 과

T_2 를 구한 후 어획개시연령(t_c)을 구하였다.

$$\ln(\frac{1}{S_t} - 1) = T_1 - T_2 t (\frac{L_1 + L_2}{2})$$

$$t_c = \frac{T_1}{T_2}$$

연도별 연령별 자원량 추정

보구치의 연도별 연령별 자원량을 추정하기 위해 생체량을 기초로 한 코호트분석법을 사용하였다. 즉, 마지막 연도의 모든 연령에 대한 자료와 모든 연도의 최고 연령부터 최소 연령까지 역추정으로 연도별 연령별 자원중량을 계산하는 방식으로 연도별 연령별 어획량자료와 순간자연사망계수(M), 마지막 순간어획사망계수(F) 추정치가 입력자료로 사용되며 추정식은 다음과 같다(Zhang, 2012).

먼저 마지막 연도의 연령별 자원량은 다음의 식에 의해 추정하였다.

$$B_{ij} = C_{ij} \frac{F_{ij} + M - G_{ij}}{F_{ij} \{1 - \exp(-(F_{ij} + M - G_{ij}))\}}$$

모든 연도별 최고령어의 자원량은 다음과 같다.

$$B_{ij} = \frac{C_{ij} (F_{ij} + M - G_{ij})}{F_{ij}}$$

위 두 식으로부터 구한 마지막 연도의 모든 연령, 모든 연도의 최고 고령어를 제외한 자원 중량은 다음과 같다.

$$B_{ij} = B_{i+1,j+1} \exp(M - G_j) + C_{ij} \exp(\frac{M - G_i}{2})$$

여기서 B_{ij} 는 i 년 j 연령의 자원중량, C_{ij} 는 i 년 j 연령어의 어획중량(Table 4), M 는 순간자연사망계수, G_j 는 j 연령어의 순간성장률이다.

연도별 연령별 자원량으로부터 전 연령에 대한 순간어획사망계수는 아래 식에 의해 추정하였다.

$$F_{ij} = \ln \frac{B_{ij}}{B_{i+1,j+1}} - M + G_j$$

연령별 순간성장률 G_j 는 Jeon (2022)의 von Bertalanffy 성장식과 전장-체중간의 관계식을 이용하여 연령별 체중(W_j)을 구한 후, 다음 식으로 구하였다.

$$G_j = \ln(\frac{W_{j+1}}{W_j})$$

순간자연사망계수(M)와 마지막 순간어획사망계수(F)

Table 3. Age composition of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea

Age	Number of individuals			
	2018	2019	2020	Mean
1	634,469	396,274	768,632	599,792
2	569,253	458,906	505,788	511,316
3	126,345	189,913	96,979	137,746
4	24,471	56,120	18,978	33,190
5	7,541	18,814	5,870	10,742
6	3,643	8,712	2,845	5,067
7	2,460	5,559	1,949	3,323
8	532	632	385	516

F)는 본 연구에서 추정된 값을 이용하였다. 이때 마지막 어획 사망계수의 경우 모두 동일한 값을 사용했으므로, 추정된 연도별 연령별 어획사망계수를 사용하여 실제로 자원구조를 반영하는 자원량과 어획사망계수를 구하기 위해 다음과 같은 반복 계산에 의해 보정을 하였다. 먼저, 어획사망계수는 연령별 어구의 선택비가 다를 것 $[F'(a)=s(a)F]$ 으로 가정하여 마지막 해의 모든 연령과 모든 연도의 마지막 연령을 제외한 연령별 평균 $F(a)$ 로부터 연령별 선택비 $s(a)$ 를 구해서 마지막 연도의 $F'(a)$ 값을 각 연령별로 보정하였다. 다음으로 어획사망계수는 연도별로 어획강도가 다를 것 $[F'(t)=qf(t)]$ 으로 가정하여 마지막 연도의 모든 연령과 모든 연도의 마지막 연령을 제외한 연도별 평균 $F(t)$ 값으로부터 연도별 어획강도비 $f(t)$ 를 구해서 모든 연도의 마지막 연령의 $F'(t)$ 값을 보정하였다. 이와 같이 보정된 값들을 다시 입력자료로 사용하여 연도별 연령별 자원량 및 어획사망계수를 추정하였다.

Table 4. Catch in weight (MT) at age of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea from 1997 to 2020

Year	Age								Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1997	399	689	295	98	40	23	17	3	1,565
1998	453	782	335	112	46	26	19	3	1,777
1999	560	967	414	138	57	32	24	4	2,196
2000	476	821	352	117	48	27	20	3	1,864
2001	255	439	188	63	26	14	11	2	998
2002	187	323	138	46	19	11	8	1	734
2003	117	203	87	29	12	7	5	1	460
2004	82	141	60	20	8	5	3	1	320
2005	73	126	54	18	7	4	3	1	287
2006	86	149	64	21	9	5	4	1	338
2007	140	241	103	34	14	8	6	1	547
2008	167	289	124	41	17	9	7	1	656
2009	174	300	129	43	18	10	7	1	682
2010	216	372	160	53	22	12	9	2	846
2011	257	443	190	63	26	15	11	2	1,007
2012	294	507	217	72	30	17	12	2	1,152
2013	304	524	225	75	31	17	13	2	1,190
2014	458	791	339	113	46	26	19	3	1,796
2015	588	1,015	435	145	59	33	25	4	2,306
2016	595	1,026	440	147	60	34	25	4	2,330
2017	605	1,044	447	149	61	34	26	4	2,371
2018	699	1,206	517	172	71	40	30	5	2,740
2019	886	1,528	655	218	89	50	38	6	3,471
2020	825	1,424	610	203	83	47	35	6	3,233

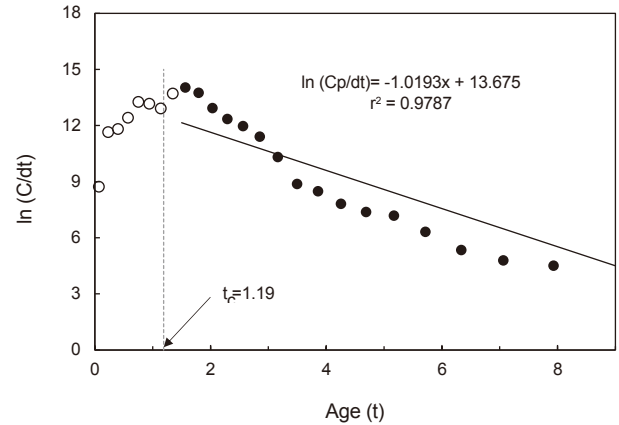


Fig. 1. Estimation of the selection ogive of the white croaker *Pennahia argentata* from the length converted catch curve using the Pauly method (1984).

결 과

생잔율(S) 및 순간전사망계수(Z)

2018–2020년까지 3개년 어획물 연령조성자료를 사용하여 Pauly (1984)의 방법으로 생잔율(S)을 추정된 결과 생잔율은 0.361/year로 추정되었다. 생잔율의 변환식($Z=\ln S$)에 의해 추정된 순간전사망계수(Z)는 1.019/year이었다.

순간자연사망계수(M) 및 순간어획사망계수(F)

순간자연사망계수(M)는 von Bertalanffy 성장식의 파라미터와 전장-전중 간의 관계식의 상수 3.0864 그리고 최대연령 9세를 적용한 결과 0.351/year였다. 순간어획사망계수(F)는 $F=Z-M$ 에 의해 0.668/year였다(Table 5).

어획개시연령(t_c)

어획개시연령(또는 50% 어구가입연령, t_c)은 전장조성 자료(Table 1)와 von Bertalanffy 성장식의 매개변수를 이용하여 연령조성으로 변환하여 Pauly의 어획물곡선법으로 추정된 결과 1.19세였으며 이때의 전장은 18.7cm였다(Fig. 1).

연도별 연령별 자원량 추정

Table 5. Estimation of instantaneous coefficient of natural mortality (M) and fishing mortality (F) of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea

	Input data	Estimation of M	Estimation of F
	K=0.230		
Zhang and Megrey (2006)	$t_{max}=9$	0.351	0.668
	$t_0=-1.56$		
	$\beta=3.0864$		

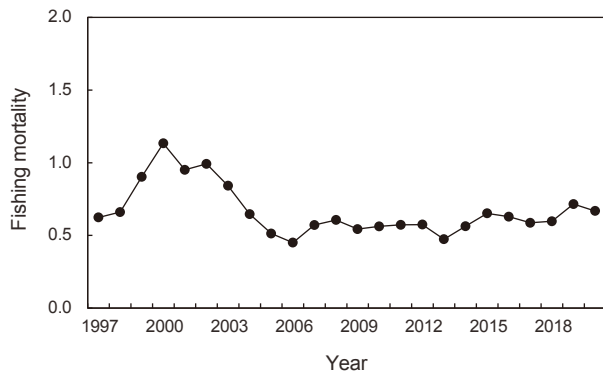


Fig. 2. Annual changes in fishing mortality of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea.

보구치의 자원량을 추정하기 위하여 먼저 연령별 순간성장율을 구하였다. 연령별 평균 전장을 전장-체중 관계식을 이용하여 연령별 체중으로 전환한 후 순간성장율을 구하였다(Table 6). 1997–2020년 연도별 연령별 마지막 순간어획사망계수를 구하기 위해 먼저 연령별 순간어획사망계수를 구하였다. 1차 추정된 순간어획사망계수로부터 마지막 해의 전 연령을 제외한 연령별 평균 $F(F(a))$ 와 이로부터 추정된 연령별 선택비($S(a)$), 연

Table 6. Estimated instantaneous growth rate (G) of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea

Age	L_t (cm)	W_t (g)	G_t (/yr)
1	17.8	67.8	0.705
2	22.4	137.3	0.464
3	26.0	218.4	0.325
4	28.9	302.2	0.236
5	31.2	382.5	0.175
6	33.0	455.8	0.132
7	34.4	520.3	0.101
8	35.6	575.7	0.080

Table 7. Tuned instantaneous rate of fishing mortality by age of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea

Age	$F(a)$	$s(a)$	$F'(a)$
1	0.339	0.460	0.307
2	0.824	1.117	0.746
3	0.794	1.078	0.720
4	0.599	0.812	0.542
5	0.499	0.677	0.452
6	0.588	0.797	0.532
7	1.518	2.059	1.376
8	0.737	1.000	0.668

령별로 보정된 마지막 $F'(a)$ 를 나타내었다(Table 7). 다음은 모든 연도의 마지막 연령을 제외한 연도별 $F(F(t))$ 와 이로부터 추정된 연도별 어획강도비($f(t)$)와 보정된 마지막 연도별 $F'(t)$ 를 나타내었다(Table 8).

연도별 순간어획사망계수의 변화를 보면(Fig. 2), 2000년도에 1.117/year로 가장 높았으며 이후 다소 감소하기 시작하여 2004년부터 2018년까지 0.4/year에서 0.6/year 사이를 유지하였으나 2019년부터 다소 증가하였지만 2004년부터 2020년까지 평균 어획사망계수는 0.587/year였다.

생체량을 기초로 한 코호트 분석에 의해 추정된 보구치의 1997년부터 2019년까지 연도별 자원량은 1997년 약 3,500톤이었으며 이후 지속적으로 감소하여 2001년부터 2008년까지 약 1,000톤의 수준을 유지하였다(Fig. 3). 2005년부터는 자원량이 서서히 증가하는 경향을 보였으며 특히 2015년 이후 보구치의 자원량은 4,000톤에 이르렀고 2015–2017년 평균 5,200여 톤까지 증가한 것으로 추정되었다. Fig. 3에서 대형외끌이 어업의 마력당 어획량(catch per unit effort, CPUE) 자료의 연

Table 8. Tuned instantaneous rate of fishing mortality by year of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea

Year	$F(t)$	$f(t)$	$F'(t)$
1997	0.688	0.933	0.623
1998	0.725	0.983	0.657
1999	0.984	1.334	0.891
2000	1.233	1.673	1.117
2001	1.039	1.410	0.942
2002	1.089	1.476	0.986
2003	0.932	1.264	0.844
2004	0.721	0.978	0.653
2005	0.574	0.778	0.520
2006	0.503	0.682	0.456
2007	0.636	0.863	0.576
2008	0.675	0.915	0.611
2009	0.606	0.822	0.549
2010	0.627	0.850	0.568
2011	0.639	0.866	0.579
2012	0.640	0.868	0.580
2013	0.528	0.716	0.479
2014	0.626	0.850	0.568
2015	0.723	0.981	0.655
2016	0.697	0.945	0.632
2017	0.648	0.878	0.588
2018	0.654	0.887	0.592
2019	0.773	1.049	0.701
2020	0.737	1.000	0.668

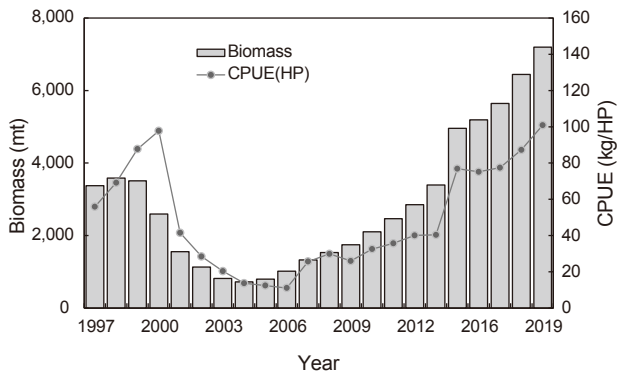


Fig. 3. Annual change in biomass(mt) and CPUE of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea. CPUE, Catch per unit effort.

도별 변화와 추정된 자원량을 비교해 보면 비슷한 양상을 보이는 것을 알 수 있다. 연령별 자원량은 1세가 전체 약 35.7%를 차지하여 가장 많았고 다음으로 2세가 약 34.8%를 차지하였으며 3세는 16.5%였다. 1세부터 3세까지 차지하는 비율은 전 연령군의 86.9%였다(Fig. 4). 4세부터는 10% 이하였으며, 고연령으로 갈수록 자원량이 급격히 줄어들어 7, 8세는 각각 0.7%와 0.1%로 매우 낮았다. 즉 고연령어일수록 생존율은 매우 낮은 것을 알 수 있다.

고 찰

본 연구는 보구치의 자원평가 및 관리를 위한 기초 자료로 활용하기 위하여 자원생태학적 특성치 및 자원량을 추정하였다. 순간전사망계수 및 생산율을 추정하기 위해서 동일발생군에 대해 전 생활사를 추적해야한다(Zhang et al., 1998; Choi et al., 2004; Lee et al., 2009). 하지만 보구치의 일생동안 연도별 추적 불가하여 선행 연구들과 같은 방법(Zhang et al., 1999b; Lee et al., 2013)으로 최근 3개년(2018–2020년)의 전장조성 자료를 평균하여 추정하였으며, 어획물곡선법(Pauly, 1984)을 사용하여 추정한 결과, 생산율은 0.361/year, 순간전사망계수는 1.019/year였다.

순간자연사망계수는 어획의 대상으로 가입 이후 어획에 의한

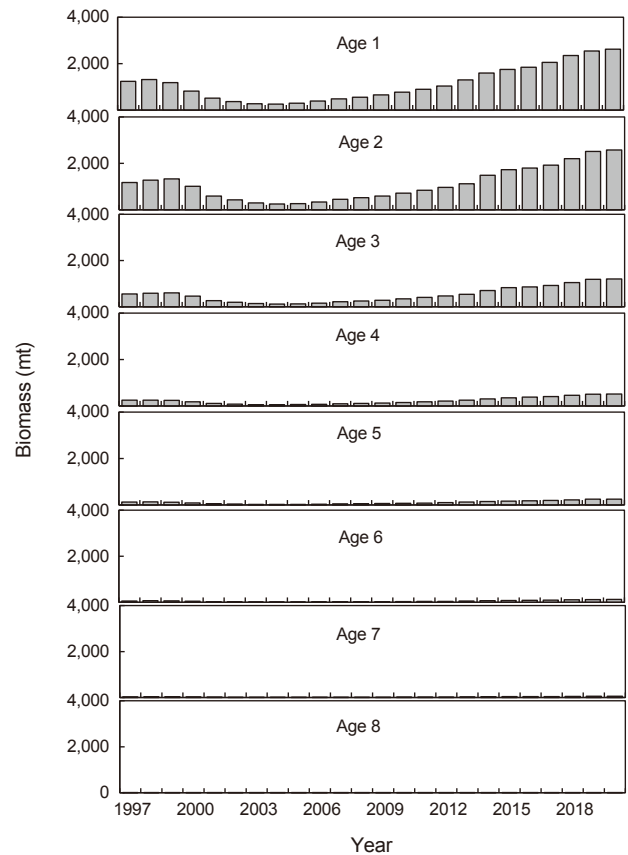


Fig. 4. Annual change in biomass by age of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea.

사망을 제외한 모든 요인에 의한 사망을 의미하므로 자원을 합리적으로 관리하는 데 매우 중요한 요소이다(Zhang, 2012). 자연사망에는 피식, 질병, 해양오염 등 다양한 원인이 있지만 이러한 요소들을 모두 고려하기에는 어려움이 따른다. 그러므로 본 연구에서는 한 개체군은 지수적으로 감소하며 그에 속한 각각 개체들은 von Bertalanffy 성장을 한다는 가정하에 von Bertalanffy 성장식의 성장계수 K와 최대연령을 이용하는 Alverson and Carney's method (1975)를 수정하여 대상 어종의 전장-체중 관계식의 상수 β 를 이용하여 어종별 특징을 좀 더 잘 반영한 Zhang and Megrey (2006) 방법으로 추정하였고, 순간자연

Table 9. Comparison in ecological characteristics of the white croaker *Pennahia argentata*

Reference	S	Z	M	F
Zhang et al. (1999b)	0.25		0.456	
	Pauly (1984)	1.38	Alverson and Carney (1975)	0.922
Present study	0.361		0.351	
	Pauly (1984)	1.019	Zhang and Megrey (2006)	0.668

S, Survival rate; Z, Instantaneous coefficient of total mortality; M, Instantaneous coefficient of natural mortality; F, Instantaneous coefficient of fishing mortality.

사망계수는 0.351/year로 추정되었으며 순간어획사망계수는 0.668/year로 추정되었다.

자원생태학적 특성치들을 선행 연구와 비교해보면(Table 9), Zhang et al. (1999b)에 의한 1993년부터 1995년까지 연령조성 자료로부터 추정된 생산율은 0.25/year였으나, 본 연구에서 2018년부터 2020년까지 연령조성 자료로부터 어획물곡선법의 동일한 방법에 의해 추정된 생산율은 0.361/year로 25년전보다 생산율이 약 44% 증가하였다. 추정방법은 다소 차이가 있지만, 자연사망은 0.459/year에서 0.351/year로 감소하였고, 어획사망도 0.922/year에서 0.668/year로 감소하였다. 25년 전에 비해 자연사망과 어획사망의 감소원인은 25년 전에 비하여 각 연령별 전장이 증가하였으며(Jeon, 2022), 보구치 어획량의 대부분을 차지하던 대형쌍끌이어업의 감축(Lee et al., 2013)과 함께 보구치를 대상으로 하는 어업이 변경되는 등 어업환경의 변화에 의한 것으로 추정된다.

코호트 분석에 의해 추정된 1997년 자원량은 약 3,500톤이었으며 이후 지속적으로 감소하여 2001년부터 2008년까지 약 1,000톤의 수준을 유지하였다. 2005년부터는 자원량이 서서히 증가하는 현상을 보였으며 특히 2015년 이후 보구치의 자원량은 5,000톤 이상으로 2015-2017년 평균 5,200여 톤까지 증가한 것으로 추정되었다. CPUE는 자원밀도에 비례하며 연도별 경향을 통해 상대자원량의 증감의 경향을 파악할 수 있다. 보구치 어획량의 가장 많은 부분을 차지하는 대형쌍끌이어업의 CPUE의 변화와 추정된 자원량의 변화를 비교해보면 유사한 경향을 나타내고 있는데 이는 연도별 자원량이 비교적 정확하게 추정되었다고 볼 수 있다. 연령별 자원량은 1세가 35.7%, 2세가 34.8%를 차지하였으며 1세에서 3세까지가 전체의 86.9%를 차지하였을 뿐만 아니라 5세 이상의 고연령어가 지속적으로 나타났다. 연령구조에서는 Zhang et al. (1999b)의 연구 결과에 비해 2세가 차지하는 비율이 높게 나타났으며 3세 이후의 고연령어의 비율도 증가한 것으로 나타났다. 성숙연령이 1.46세(Jeon, 2022)임을 감안하면 성숙가능한 연령인 2, 3세의 이상의 연령이 차지하는 비율이 높아지는 것은 자원이 증가함을 시사한다. 자원이 증가함을 시사하는 또 다른 이유는 2004년부터 2020년까지 연도별 어획사망계수는 2019년을 제외하고 0.7/year 이하였으며 평균 0.587/year였는데, 보구치의 연령별 생산률과 출생률을 이용하는 연령구조 모델을 통한 자원변동 예측에서 1993년에서 1995년 시점에서 최소한 평행상태시의 어획사망계수가 0.7/year 보다 낮을 경우 자원이 증가함을 시사하였다(Lee and Zhang, 2001).

본 연구에서 보구치의 자원생태학적 특성치와 자원량 추정을 통해 최근 어획량의 증가와 함께 자원량 또한 증가함을 확인하였다. 보구치를 어획하는 어업 또한 대형쌍끌이어업에서 다양한 어업방식으로 확대되고 있는 시점에서 자원에 대한 재평가와 관리가 필요하다고 판단되며, 본 연구에서 추정된 생태학적 특성치들은 어업환경의 변화를 겪은 이후의 최근 자원상태를

반영한 것으로 보다 면밀한 보구치 자원관리를 위한 기초 자료로 활용 가능할 것이다.

사 사

본 논문은 2022년도 국립수산물학원 수산과학연구사업(근해어업자원조사, R2022030) 지원으로 수행된 연구입니다.

References

- Alverson DL and Carney MI. 1975. A graphic review of growth and decay of population cohorts. J Cons Int Explor Mer 36, 133-143. <https://doi.org/10.1093/icesjms/36.2.133>.
- Baik CI, Hwang KS, Park JH, Kang YJ and Zhang CI. 1999. A population ecological study of white croaker *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters I. Distribution pattern. J Kor Soc Fish Res 2, 44-53.
- Choi YM, Zhang CI, Kim YS, Baik CI and Park YC. 2004. Ecological characteristics and biomass of chub mackerel, *Scomber japonicus* Houttuyn in Korean waters. J Kor Soc Fish Res 7, 79-89.
- Fishbase. 2021. Fish Information. Retrieved from <https://www.fishbase.in> on Nov 10, 2021.
- Jeon BS. 2022. Fishery biology of the white croaker, *Pennahia argentata* in the south sea of Korea. Ph.D. Dissertation, Pukyong National University, Busan, Korea, 1-125.
- Kim DY and Kim BH 2004. Restructuring of the off-shore otter trawl fishery in Korea. J Fish Mar Sci Edu 16, 124-141.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyohaksa Press, Seoul, Korea, 338-341.
- KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2020. Statistical Database for Fisheries Production. Retrieved from <http://kosis.kr/statHtml/on> Mar 16, 2020.
- Lee CL and Park MH. 1992. Taxonomic revision of the family Sciaenidae (pisces, perciformes) from Korea. Kor J Ichthyol 4, 29-53.
- Lee DW. 2011. Resource utilization and management of large pair-trawl fishery in Korea. Ph.D. Dissertation, Pukyong National University, Busan, Korea. 1-104.
- Lee DW, Choi KH and Kang SK. 2013. Changes of fishing ground of the large pair trawl fishery off Korean waters. Korean J Fish Aquat Sci 46, 917-922. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0917>.
- Lee JH, Seo YL, Oh TY and Lee DW. 2013. Estimation on population ecological characteristics of small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* by the drift gillnet fishery in Korean waters. J Kor Soc Fish Tec 49, 440-448. <https://doi.org/10.3796/KSFT.2013.49.4.440>.
- Lee SI, Yang JH, Yoon SC, Chun YY, Kim JB, Cha HK and Choi YM. 2009. Biomass estimation of sailfin sandfish, *Arcotocopus japonicus*, in Korean waters. Korean J Fish Aquat

- Sci 42, 487-493.
- Lee SI and Zhang CI. 2001. Prediction of the variation in annual biomass of white croaker *Argyrosomus argentatus* in Korean waters using Leslie matrix. J Kor Fish Soc 34, 423-429.
- NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2017. Ecology and Fishing Ground of Fisheries Resources in Korean Waters. NIFS, Busan, Korea, 173-180.
- Oh YS. 2008. Morphology, osteology and phylogeny on the fishes of the Family Sciaenidae. Ph.D. Dessertation, Chonnam National University, Yeosu, Korea, 1-151.
- Pauly D. 1984. Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics. Fishbyte 2, 9-10.
- Zhang CI. 2012. Marine Fisheries Resource Ecology. Pukyong National University Press, Busan, Korea, 153-159.
- Zhang CI and Megrey BA. 2006. A revised Alverson and Carney model for estimating the instantaneous rate of natural mortality. Trans Amer Fish Soc 135, 620-633. <https://doi.org/10.1577/T04-173.1>.
- Zhang CI, Baik CI and Lee SI. 1999a. A population ecological study of white croaker *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. V. Stock assessment and management implications. J Kor Soc Fish Res 2, 77-83.
- Zhang CI, Kang YJ and Lee MW. 1999b. A population ecological study of white croaker *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. IV. Population ecological characteristics and biomass. J Kor Soc Fish Res 2, 68-76.
- Zhang CI, Park CS and Sohn MH. 1998. A study on the stock management of the sharp-toothed eel, *Muraenesox cinereus* (FORSKAL) in Korean waters IV. Population ecological characteristics and biomass. J Kor Soc Fish Res 1, 25-35.

Supplementary Table 1. Monthly size distribution of the white croaker *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea

Month	Large			Middle			Small		
	Range of TL (cm)	Mean of TL (cm)	SD of TL (cm)	Range of TL (cm)	Mean of TL (cm)	SD of TL (cm)	Range of TL (cm)	Mean of TL (cm)	SD of TL (cm)
2018									
Jan.	23.9 - 31.6	26.6	1.6	21.7 - 26.7	23.7	1.2	18.7 - 22.7	21.0	0.9
Feb.	24.8 - 35.0	27.4	1.8	25.7 - 32.8	28.3	1.7	18.6 - 24.2	21.3	1.0
Mar	24.3 - 33.6	27.8	2.1	24.7 - 31.5	27.2	1.5	17.0 - 23.2	20.5	1.1
Apr	23.8 - 33.3	27.2	2.1	21.2 - 27.0	23.6	1.2	17.0 - 23.5	20.4	1.0
May	27.8 - 34.8	31.0	1.5	21.8 - 30.5	25.6	1.9	18.2 - 24.6	21.3	1.2
Jun	24.6 - 30.5	27.1	1.4	21.3 - 26.5	23.9	1.3	16.2 - 23.2	20.7	1.3
Jul				19.4 - 24.6	22.2	1.0			
Aug	27.9 - 34.7	30.8	1.8	24.2 - 31.3	27.5	1.5	22.2 - 27.5	24.7	1.0
Sep	27.6 - 35.3	30.9	1.9				23.2 - 27.4	25.7	0.8
Oct	26.5 - 30.2	28.4	0.9	21.3 - 27.8	24.1	1.3	17.8 - 23.0	20.9	1.0
Nov	28.0 - 35.7	30.1	1.9	21.4 - 30.2	27.5	1.3	17.1 - 24.2	21.2	1.3
Dec	23.7 - 29.4	26.8	1.1	22.6 - 30.3	25.8	1.5	12.8 - 19.5	16.3	1.4
2019									
Jan.	27.9 - 33.3	31.0	1.5	22.8 - 29.4	25.0	1.2	14.5 - 21.1	17.1	1.4
Feb.	24.4 - 35.6	27.3	2.4	23.6 - 32.0	26.0	1.5	17.2 - 22.1	20.0	0.8
Mar	24.2 - 32.5	27.2	1.6	22.0 - 26.9	24.5	1.1	16.3 - 20.9	18.0	1.0
Apr	22.8 - 35.9	27.7	2.8	20.1 - 25.0	22.3	1.0	17.3 - 22.3	20.6	1.1
May	26.8 - 34.6	28.9	1.4	23.2 - 29.2	25.9	0.9	18.7 - 25.4	22.1	1.3
Jun	26.2 - 35.3	29.1	1.7	23.4 - 30.0	26.3	1.5	19.1 - 25.3	22.0	1.1
Jul	25.3 - 30.9	27.7	1.0	24.6 - 27.8	26.5	0.6	17.0 - 26.3	23.8	1.4
Aug	26.6 - 32.6	29.3	1.2	24.4 - 29.9	28.0	1.2	18.7 - 24.9	22.6	1.0
Sep	25.2 - 34.5	28.4	1.8	21.0 - 30.4	25.0	2.0	16.1 - 24.6	20.1	1.8
Oct	30.2 - 36.3	32.3	1.2	24.7 - 29.0	26.6	1.0	19.6 - 25.5	22.7	1.3
Nov	27.0 - 35.3	30.2	1.5	22.1 - 28.1	25.3	1.2	18.2 - 25.8	21.8	1.4
Dec	32.6 - 37.8	34.7	1.2	27.2 - 32.1	29.3	1.0	17.6 - 26.9	23.4	1.9
2020									
Jan.	23.3 - 35.2	26.3	2.0	18.5 - 24.2	21.2	1.0	17.2 - 21.8	20.0	1.0
Feb.	23.9 - 34.4	27.7	1.3	22.4 - 27.5	25.0	1.2	13.1 - 21.8	17.3	1.9
Mar	22.6 - 31.9	26.4	1.9	22.6 - 29.5	25.3	1.3	14.9 - 23.0	19.1	1.8
Apr	23.7 - 33.4	26.9	1.8	19.6 - 26.8	23.4	1.3	18.6 - 23.1	21.1	0.9
May	29.0 - 39.6	32.4	1.9	23.8 - 30.1	26.7	1.1	17.3 - 28.0	21.7	1.7
Jun	28.0 - 34.9	31.1	1.9	24.4 - 29.7	27.2	1.1	20.6 - 26.5	24.2	1.1
Jul	25.4 - 35.8	29.2	2.1	20.4 - 30.8	25.6	1.6	19.7 - 27.1	23.6	1.6
Aug	30.4 - 38.2	32.8	1.5	29.2 - 34.4	31.3	1.1	19.2 - 27.6	24.1	2.0
Sep	29.6 - 37.1	32.1	1.5	25.3 - 30.9	28.0	1.1	17.7 - 29.4	24.7	2.4
Oct	29.1 - 38.0	32.8	2.1	26.1 - 34.6	28.8	1.5	17.7 - 24.0	21.3	1.3
Nov	27.7 - 38.0	31.7	2.1	23.9 - 29.3	26.8	1.2	15.4 - 23.3	19.8	1.5
Dec	27.7 - 40.0	32.2	2.8	23.5 - 30.1	26.5	1.3	17.0 - 25.2	21.6	1.7
	22.6 - 40.0	29.0	2.9	18.5 - 34.6	25.6	2.4	12.8 - 29.4	21.3	2.6

Large, Middle, Small, size category in market; TL, Total Length; SD, Standard deviation.