



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

이 학 박 사 학 위 논 문

한국 남해안 보구치(*Pennahia argentata*)의  
자원생물학적 연구



2022년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

전 복 순

이 학 박 사 학 위 논 문

한국 남해안 보구치(*Pennahia argentata*)의  
자원생물학적 연구

지도교수 오 철 응

이 논문을 이학박사 학위논문으로 제출함.



2022년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해 양 생 물 학 과

전 복 순

# 전복순의 이학박사 학위논문을 인준함

2022년 2월 25일



위원장 이학박사 백혜자



위원 이학박사 임양재



위원 이학박사 서영일



위원 이학박사 김진구



위원 이학박사 오철웅



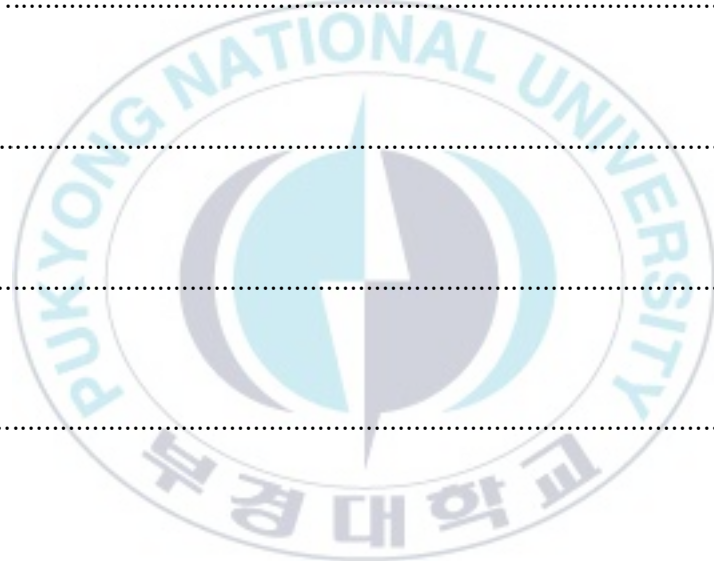
# 목 차

## Abstract

I. 서론	1
II. 성숙과 산란	4
2.1 서론	4
2.2 재료 및 방법	5
2.3 결과	9
2.3.1 생식소의 외부형태 및 구조	9
2.3.2 암수 성비	11
2.3.3 생식소의 조직학적 관찰	15
2.3.4 난경 분포의 월별 변화 및 방란 횟수	19
2.3.5 생식소 속도 지수 및 수온의 월별 변화	22
2.3.6 생식주기	27
2.3.7 포란수	29
2.3.8 성숙전장 및 성숙연령	34
2.4 고찰	37

<b>Ⅲ. 연령과 성장</b>	40
3.1 서론	40
3.2 재료 및 방법	41
3.3 결과	46
3.3.1 윤문의 대응성	46
3.3.2 윤문형성시기 및 주기성	48
3.3.3 윤문형성시 역계산 전장의 추정	53
3.3.4 성장식 추정	58
3.4 고찰	60
<b>Ⅳ. 자원량 추정 및 평가</b>	63
4.1 서론	63
4.2 재료 및 방법	65
4.2.1 성장파라미터 및 어획물의 연령조성	65
4.2.2 자원생물학적 특성치 추정	65
4.2.3 연도별 연령별 자원량 추정	67
4.2.4 어획량 동향	69
4.2.5 최대지속적생산량(MSY)과 MSY시의 어획노력량( $f_{MSY}$ ) 추정	70
4.2.6 적정어획사망계수 및 적정어획개시연령의 추정	72
4.3 결과	75
4.3.1 성장파라미터 및 어획물의 연령조성	75

4.3.2 자원생물학적 특성치 추정 .....	75
4.3.3 연도별 연령별 자원량 추정 .....	80
4.3.4 어획량 동향 .....	87
4.3.5 최대지속적생산량(MSY)과 MSY시의 어획노력량( $f_{MSY}$ ) 추정 .....	94
4.3.6 적정어획사망계수 및 적정어획연령의 추정 .....	99
4.4 고찰 .....	107
V. 종합 고찰 .....	110
VI. 요약 .....	114
VII. 인용문헌 .....	117
감사의 글 .....	126



Fishery biology of the white croaker, *Pennahia argentata*  
in the South Sea of Korea

Bok-Soon Jeon

*Department of Marine Biology, Graduate School,  
Pukyong National University*

**Abstract**

This study is to investigate maturation and spawning, age and growth, stock assessment and fishery resource management of the white croaker, *Pennahia argentata* in the South Sea of Korea. The white croaker is one of the important commercial fisheries resources in Korea, Japan and China, and is caught mainly by trawl fisheries, coastal combined fishery and coastal gill net fishery. The annual catch increased to about 10,000 tons in the mid-1980s, but decreased sharply from the 1990s, and was very low at less than 1,000 tons in the 2000s. Recently the catch is in growing tendency.

The gonads of the white croaker are shape of long sack and are connected at the end point by elongating along the dorsal body wall. Although the gonads are relatively small, during the spawning season, both sexes become hypertrophic, filling the abdominal cavity and becoming a little asymmetry. Gonadosomatic index (GSI) of the white croaker began to increase in May, peaked in June and July, and declined sharply in August.

Both sexes of white croaker showed the same aspect of transition in GSI, and there was close relation between GSI and the water temperature.

The oocyte development pattern of the white croaker is the group-synchronous type in which the mature ovary divides into two groups, an initial oocyte group and a mature oocyte group of different sizes. Fecundity ranged from 39,775(2019, 17.0cm) to 1,754,942(2020, 34.3cm). The length at 50% maturity was 20.0 cm, which corresponded to the age of 1.46 years.

The otolith grows thickly around the nucleus and has one protuberance outward. When cut vertically, translucent and opaque bands appeared alternately, and the boundary from opaque to translucent was used as the ageing. Each ring was separated from the adjacent annuli, and as otolith radius grew, the ring radius also appeared larger. Marginal increments analysis of otolith radius indicated that annuli were formed once a year in August. The relationship between radius (R) and total length (L) was  $TL = 8.468R + 10.018$  ( $r^2=0.8415$ ,  $n=557$ ,  $p<0.05$ ) for females,  $TL = 7.828R + 10.418$  ( $r^2=0.8138$ ,  $n=480$ ,  $p<0.05$ ) for males, respectively and there was a significant difference in slopes between male and female (ANCOVA,  $p<0.05$ ). The relationship total length (TL) and body weight (BW) was  $BW = 0.0100 TL^{3.0655}$  ( $r^2= 0.9672$ ,  $n=1511$ ,  $p<0.05$ ) for females,  $BW = 0.0084 TL^{3.1207}$  ( $r^2=0.9752$ ,  $n=1322$ ,  $p<0.05$ ) for males, respectively. There was a significant difference in slopes between females and males (ANCOVA,  $P<0.05$ ). The von Bertalanffy growth equations estimated from back-calculated length was  $L_t = 51.18(1 - e^{-0.142(t+2.048)})$  for females,  $L_t = 39.03(1 - e^{-0.23(t+1.60)})$  for males.

Survival rate (S) estimated by Pauly method(1984) was 0.36/year, and

the instantaneous coefficient of total mortality ( $Z$ ) was 1.109/year. The estimated instantaneous coefficient of natural mortality ( $M$ ) was 0.351/year and the instantaneous coefficient of fishing mortality ( $F$ ) was 0.668/year. The age at first capture was estimated to be 1.19 and length was 18.7 at this age

Biomass of the white croaker was sharply declined from 4,000 tons in 1999 and reached the lowest level of about 1,000 tons in 2004 estimated by cohort analysis. After 2004, they started to increase gradually, and showed the level of almost 7,000 tons. The amount of resources by age was 35.7% for 1 years, 34.8% for 2 years, and 16.5% for 3 years, and 86.9% of all age groups were accounted from 1 to 3 years.

Estimated based on the fisheries statistics for the past 22 years, the maximum sustainable yield (MSY) was 1,875 MT, and fishing efforts for the MSY ( $f_{msy}$ ) were 215,932 HP by Schaefer model and MSY by Fox model was 1,336 MT and  $F_{MSY}$  was 218,660HP. A yield-per-recruit (YPR) estimated by Beverton and Holt model was 71.9g where age at first capture ( $t_c$ ) and  $F$  is 1.188/year and  $F=0.668$ /year. Raising the age at first capture to 2.1 years resulted in the highest YPR 75.9g in the current  $F$  value (0.668/year). At the current  $t_c$ , even if the fishing intensity was increased, YPR did not increase significantly. Acceptable Biological Catch (ABC) at the three-level management system was estimated 800 MT.

Although the catch of the white croaker is increasing recently, it is suggested from this study that reasonable management is necessary to raise the age at first capture and reduce the fishing intensity by half for sustainable and efficient utilization.

## I. 서론

최근 기후변화와 해양환경의 오염 그리고 과도한 어획 등으로 우리나라 연근해 어업 주요 어종의 어획량이 대부분 급감하였다. 1990년대부터 2000년대에 이르기까지 국내외 어업환경이 급변하면서 특히 우리나라의 근해저인망어업은 많은 변화를 겪으며 어장이 대폭 축소, 재편되고 대대적인 감척이 있었으며 그에 따른 어업대상 어종도 변하였다(Kim and Kim, 2004; Lee, 2011).

이에 따라 1980년대 주로 대형쌍끌이 어업에 의해 어획되던 보구치의 어장분포도 역시 1990년대 이전에는 서해중부에서 동중국해 중부까지 남북으로 광범위하게 형성되었으나 1990년대에는 동서남북으로 축소되고, 2000년대에는 어장이 더욱 축소되면서 남해안으로 어장이 형성되는 변화를 겪었다(Baik et al., 1999; NIFS, 2017). 또한 어장의 변화와 함께 쌍끌이어업보다 외끌이어업에 의한 어획량의 비중이 커지게 되었으며, 2000년대 중반부터는 연안복합어업, 연안자망어업, 안강망어업 그리고 최근 정치망어업 등에 의한 어획 비율도 증가하고 있다

보구치의 연간 어획량은 1980년대 중반에 약 1만 톤까지 증가하였으나, 1993년에는 900여 톤으로 급격히 감소하였으며 Zhang et al.(1999a)은 20여년 전 연구 결과에서 심각한 남획상태의 징후를 보인다고 보고하였다. 그러나 2015년 이후 보구치의 어획량이 증가하고 있으며 최근 약 3,000톤 수준에 이르고 있다(KOSIS, 2020). 따라서 보구치는 많은 어종이 어획량이 감소하는 가운데 어획량이 증가하고 있는 어종으로 새로운 관리의 대상이 될 필요가 있다.

또한 보구치는 일본과 중국에서도 상업적 가치가 있는 저서성 어종 중 하나이며, 동중국해, 황해에서 트롤어업의 중요한 자원으로(Kakuda and Matsumoto, 1977) 북서 태평양에서 어획량의 대부분을 중국에서 차지하고 있으며 중국과 일본

에서 많은 연구가 이루어 지고 있다.

한편, 보구치는 상업적으로도 가치가 있을 뿐만 아니라 우리나라 광양만, 강진만, 여자만 등 내만에서 10cm 전후의 어린 개체부터 약 30cm 정도의 큰 개체까지 봄부터 가을에 걸쳐 계절적으로 우점하는 어종이며(Han et al. 2019; Kim et al., 2018; Na et al., 2019; Han et al. 2020) 광양만에서는 여름철에 출현하는 자치어 중 중요한 어종으로 보고되어(Cha and Park, 1994) 생태적으로도 중요한 위치를 차지하고 있다.

보구치의 형태는 몸과 머리가 측편되어 있고 체고가 약간 높은 방추형으로, 몸 빛깔은 등 쪽은 연한 회색, 그 외 부분은 은백색을 띠고 있으며 아가미뚜껑에는 큰 검은 점이 있는 것이 특징으로 백조기라고도 불린다(Lee and Park, 1992; Kim et al., 2005). 분류학적 위치로는 농어목 민어과 *Pennahia* 속에 속하며, 이전에는 *Nibeia* 속으로 분류되었으나 *Argyrosomus* 속으로 전속시켜 *A. argentatus* 로 분류하였다(Lee and Park, 1992). 그러나 최근 Kim et al. (2005), Kim et al. (2006)에서 *Pennahia argentata*로 기재하면서 *Pennahia argentata*로 명명하고 있다(Oh, 2008).

서식지는 주로 수심 40-100 m 바닥의 모래나 펄이며 우리나라 동해 남부와 서해 및 제주도를 포함한 남해, 일본 Tohoku에서 중국 광둥 지방에 이르기까지 북서태평양에 매우 광범위하게 분포한다(NFRDI, 2004; Kim et al., 2005; Han et al., 2008).

보구치의 연구 동향을 살펴보면, 식성에 관한 연구(Kakuda and Matsumoto, 1977; Cha and Park, 2001; Koh et al., 2014), 재생산 및 산란생태에 관한 연구(Saishu et al., 1954; Tzeng and Liu, 1972a; Kang et al., 1999; Yamaguchi et al., 2006), 외부형태 및 분류 형질에 관한 연구(Tzeng and Liu, 1973), 계군 분

석에 관한 연구(Han et al., 2008; Han et al., 2009; Park et al. 2020; Song et al., 2020), 연령과 성장에 관한 연구(Kakuda and Matsumoto 1977; Higuchi et al., 2003; Yamaguchi et al., 2004; Tzeng and Liu, 1972b; Koo 1971; Kwon et al., 1999), 자원생태학적 특성치 및 자원평가에 관한 연구(Baik et al., 1999; Zhang et al., 1999a; Zhang et al., 1999b; Lee and Zhang, 2001) 등이 있다.

2000년대 이후 어업환경이 바뀌고, 최근 어획량이 증가하는 가운데 보구치 어종에 대한 새로운 평가와 지속가능한 생산을 위한 합리적인 관리가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 한국 남해에 분포하는 보구치의 최근 자원생태학적 기초 자료를 얻기 위하여 2018년 1월부터 2020년 12월까지 서남구외끌이중형저인망어업과 대형외끌이저인망어업에서 어획된 시료로부터 산란시기, 포란수, 성숙체장 등을 밝히고 이석을 이용하여 연령과 성장을 파악하였다. 이를 토대로 어획물의 체장조성과 연령조성을 파악하여 가입연령, 어획개시연령 및 순간전사망계수 등 개체군의 자원생태학적 특성치들을 추정하고 이로부터 보구치 자원의 상태를 평가하여 합리적인 관리방안을 제시하고자 하였다.

## II. 성숙과 산란

### 2.1 서론

기후변화에 의한 해양환경의 변화, 어구의 발달에 의한 어업 강도의 변화 등으로 어업환경은 지속적으로 변화하고 있으며 이러한 변화는 수산자원 생물의 산란과 가입에 영향을 미치며 수산자원의 감소, 어장의 변화와 축소 등은 수산 생물의 생태학적 특성에 영향을 미친다. 수산자원 생물은 성숙과 산란, 성장 및 가입이라는 일련의 과정을 거치는 재생산을 통해 자원량의 변동에 영향을 끼치므로 수산 자원생물의 성 성숙과 산란생태는 수산 자원생물을 연구하는 중요한 항목이다.

보구치는 우리나라뿐만 아니라 일본과 중국에서도 상업적 가치가 있는 저서성 어종 중 하나이며 동중국해, 황해에서 트롤어업의 중요한 자원이다(Kakuda and Matsumoto, 1977).

보구치의 산란생태에 관하여 국내에서 Kang et al.(1999)에 의해 연구가 이루어졌으나 20여 년이 지난 현재 기후온난화로 인한 어류 번식주기 변화로 자원생물학적 기준 마련의 재검토가 요구된다. 따라서 본 연구에서는 암수 생식소의 발달과정, 생식주기, 포란수, 성숙체장 및 성숙연령 등을 파악하여 최근의 자원 생물학적 기초 자료를 확보하고자 한다.

## 2.2 재료 및 방법

본 연구에 사용된 재료는 2018년 1월부터 2020년 12월까지 매월 1회 우리나라 남해안에서 서남해구외끌이기선저인망과 외끌이대형기선저인망에 의해 어획된 것을 부산 공동어시장에서 구입하였다(Fig. 2.1). 구입한 시료는 실험실에서 전장(total length, TL)과 체중(body weight, BW)를 각각 0.1cm, 0.01g 단위로 측정하였으며 생식소 중량(gonad weight, GW)은 0.01g까지 측정하였다.

생식소의 외부 형태로부터 암수를 구분하고 암수 성비의 차이는 chi-square test를 통해 유의성 검정을 하였으며 암수 간의 체장 조성 빈도에 있어서 차이는 Kolmogorovo-Smirnov test를 실시하였다.

보구치의 생식소 발달과정 및 산란기를 추정하기 위하여 생식소의 육안 관찰과 조직관찰을 병행하였으며, 월별 난경 조성의 변화 및 생식소속도지수(gonadosomatic index, GSI)의 월별 변화를 조사하였다. 생식소속도지수의 월별 변화와 함께 연구해역의 수온 변화를 파악하였다. 수온 자료는 한국해양자료센터(KODC, 2021)의 자료를 사용하였으며, 위치는 거문도 조위관측소(N34°1'42.33", E127°18'31.99")의 수온 자료를 월 평균하여 수온의 변화를 관찰하였다.

육안에 의한 생식소 속도 단계는 생식소의 크기, 색조와 난의 투명상태, 난립의 크기 등에 따라 미숙(immature), 초기발달단계(early developing), 후기발달단계(late developing), 완숙단계(ripe), 산란후(spent)의 5단계로 구분하였다.

생식소 발달의 조직학적 변화를 관찰하기 위해서 생식소를 추출한 후 Bouin's solution에 24시간 고정하였고, 이후 수세와 탈수 과정을 거쳐 Paraplast에 포매 후 6 µm 두께로 연속 절편하여 표본을 만들었다. 조직표본은 xylene 용액에서 파라핀을 제거한 후 알코올에서 저농도 순의 단계로 친수 과정을 거쳐 조직 내에 수분을 첨가

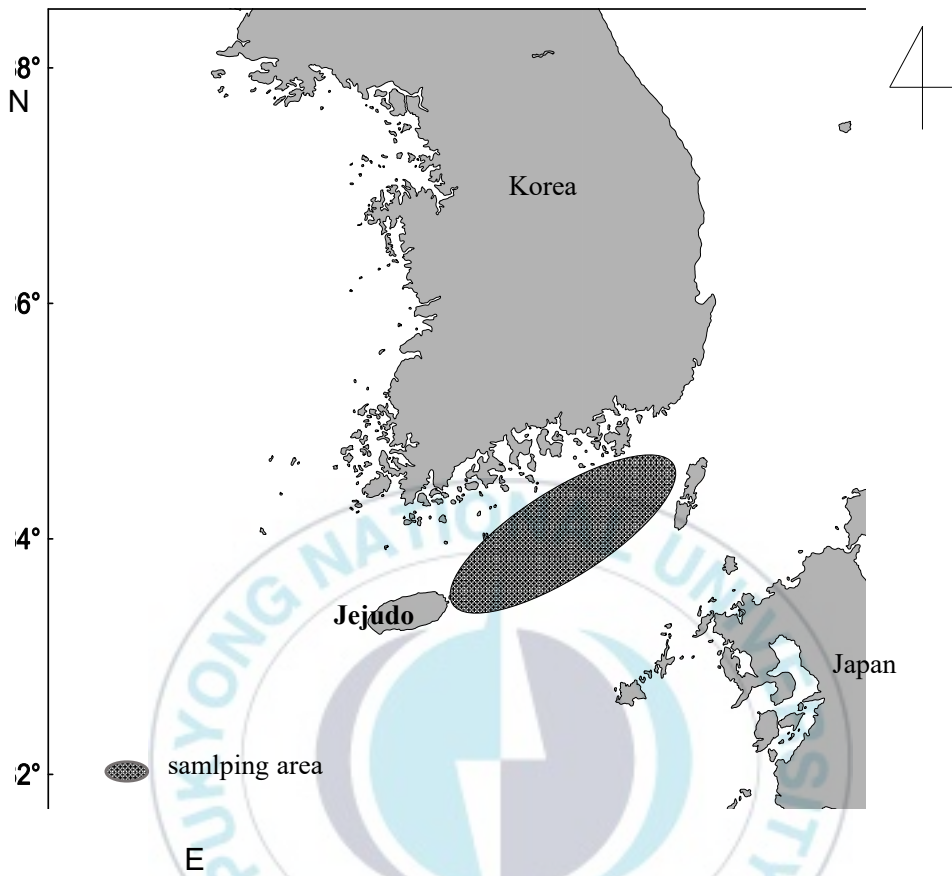


Fig. 2.1. Map showing sampling area of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

시켰다. 그 후 Mayer's Haematoxylin과 0.5 % eosin 이중염색으로 조직표본을 만들고 영상분석 장치로 검경하였다.

난경은 매월 체급별 발달단계별 개체를 선택하여, 난소 내 난괴를 gilson 용액에 넣어 분리한 후 난의 장경을 해부현미경(Olympus SZX16, Olympus, Tokyo, Japan)과 영상분석프로그램(i-solution x64, i-solution Inc., Burnaby, Canada)을 이용하여 0.001mm까지 측정하였다. 월별 난경의 평균값의 차이 유무를 ANOVA를 통해 검정한 후 난경의 월별 변화를 나타내었다.

생식소속도지수(gonadosomatic index, GSI)는 아래의 식을 사용하여 계산하였다.

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^2$$

여기서  $GW$ 는 생식소 중량,  $BW$ 는 체중이다.

재생산력을 파악하기 위하여 포란수 및 성숙도를 확인하였다. 포란수는 주 산란기로 추정되는 시기에 성숙 이상의 개체 중 산란 흔적이 없는 개체를 선정하여 난을 완전히 분리한 후 해부현미경으로 계수하여 습중량법으로 구하였다.

$$F = \frac{GW_s}{GW} \times n_s$$

$F$ 는 난소 내 전체 난수,  $GW$ 는 난소 중량,  $GW_s$ 는 난소의 일부 중량,  $n_s$ 는  $GW_s$ 내의 난 수이다. 전장( $TL$ )에 따른 포란수( $F$ )의 증가는 식  $F = aTL^b$  에 의해 구하였으며 또한 체중에서 난소 중량을 제외한 체중  $g$ 당 포란수를 나타내는 상대포란수를 구하였다.

성숙체장은 산란 기간 중 암컷의 전장 계급별 중숙 이상의 개체 비율을 구하여 logistic 방정식을 사용하여 성숙전장( $TL$ )을 추정하였다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-b(TL - TL_i)}}$$

여기서  $P_i$ 는  $i$  전장 계급에서의 성숙 비율,  $TL_i$ 는  $i$  전장 계급의 전장, 그리고  $b$ 는 상수이다. 성숙 연령은 앞의 식에 의해 추정된 성숙전장을 본 연구에서 추정한 연령-전장 간의 성장식에 의해 추정하였다.



## 2.3 결 과

### 2.3.1 생식소의 외부형태 및 구조

암수 생식소의 외부 형태는 정소와 난소 모두 좌우 한 쌍이고 긴 자루 모양으로 등 쪽 체벽을 따라 길게 신장되어 끝 지점에서 하나로 이어져서 생식공과 연결되어있다(Fig. 2.2). 생식소가 비교적 작지만 산란기가 되면 암수 모두 비대해져서 복강을 가득 채우고 다소 비대칭이 된다. 난소는 낭상형으로 성숙난이 난소강으로 배란되어 수란관을 통해 생식공으로 방출되는 구조이며 정소는 정소낭 내강으로 정자가 방출되고 수정관으로 운반되어 생식공으로 방출되는 소엽형 구조이다.





Fig. 2.2. Photograph of gonad in the white croaker *Pennahia argentata*. A, female, Total length(TL) 27.5cm, Body weight(BW) 270.80g, Gonad weight(GW) 8.03g ; B male, TL 28.8cm, BW 306.65g, GW 6.94g.

### 2.3.2 암수 성비

2018년 1월부터 2020년 12월까지 암수 총 10,018마리의 보구치를 측정한 결과 (Table 2.1, Fig. 2.3) 암컷은 총 5,288마리였으며 수컷은 총 4,730마리였다. 암수 성비는 1:0.89로써 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $\chi^2$ -test,  $p < 0.05$ ). 암컷의 전장 분포를 보면 최소 전장 13.2cm에서 최대 전장 39.8cm 범위였고 평균 전장은 24.9cm였다. 특히 26-27cm 전장 계급에서 10.1%로 가장 많았고 다음은 21-22cm 전장 계급에서 8.6%를 차지하였다. 수컷의 전장 분포는 최소 전장 12.8cm에서 최대 전장 40.0cm 범위였으며 평균 전장은 24.8cm 였다. 수컷은 25-26cm 전장 계급에서 10.6%로 가장 많았고 다음으로 20-21cm 전장 계급에서 8.1%를 차지하였다. 암수간의 전장 조성 빈도에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(K-S test,  $Z=0.898$ ,  $P=0.396$ ).



Table 2.1. Monthly size distribution and sex ratio of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea from January 2018 to December 2020

Year	Month	Female					
		Range of TL (cm)		Mean of TL (cm)	n	Sex ratio (%)	
2018	Jan.	19.9	-	31.6	24.9	118	53.2
	Feb.	18.9	-	35.0	25.2	162	61.4
	Mar.	17.0	-	33.6	24.1	154	65.3
	Apr.	18.5	-	33.3	23.5	179	70.2
	May	18.4	-	34.8	24.1	119	53.8
	Jun.	17.4	-	30.5	22.9	103	38.9
	Jul.	19.4	-	24.5	22.3	41	27.3
	Aug.	22.2	-	34.7	26.6	180	69.0
	Sep.	24.0	-	35.3	26.7	57	50.4
	Oct.	17.8	-	30.2	23.0	139	48.9
	Nov.	18.0	-	35.7	25.1	90	37.3
	Dec.	13.5	-	30.3	22.7	166	52.9
2019	Jan.	14.5	-	32.7	21.9	135	48.4
	Feb.	17.8	-	32.3	24.1	149	44.3
	Mar.	16.3	-	32.5	23.0	198	55.0
	Apr.	17.3	-	35.9	23.4	192	53.6
	May	20.2	-	35.3	25.5	198	58.4
	Jun.	17.0	-	30.9	25.4	90	31.9
	Jul.	20.7	-	32.6	25.7	122	52.4
	Aug.	-	-	-	-	-	-
	Sep.	16.1	-	32.7	23.2	125	44.3
	Oct.	19.6	-	36.3	26.4	141	48.8
	Nov.	18.2	-	35.3	25.1	199	59.2
	Dec.	17.6	-	37.8	28.2	125	47.5
2020	Jan.	17.2	-	35.2	22.7	189	52.5
	Feb.	13.2	-	30.4	23.4	190	52.9
	Mar.	14.9	-	31.9	23.5	210	60.3
	Apr.	19.0	-	32.2	23.8	249	69.2
	May	17.3	-	39.6	27.0	197	60.1
	Jun.	22.1	-	34.5	26.0	130	53.1
	Jul.	21.1	-	35.8	26.8	154	43.8
	Aug.	20.8	-	38.2	29.8	113	45.9
	Sep.	18.3	-	37.0	27.9	147	49.5
	Oct.	17.8	-	37.5	26.9	183	59.6
	Nov.	16.5	-	37.7	25.1	174	54.9
	Dec.	17.0	-	37.2	26.1	170	53.8
		13.2	-	39.6	24.9	5288	52.8

Table 2.1 continued

Year	Month	Male					
		Range of TL (cm)		Mean of TL (cm)	n	Sex ratio (%)	
2018	Jan.	18.7	-	30.3	23.7	104	46.8
	Feb.	18.6	-	31.0	24.2	102	38.6
	Mar.	17.3	-	30.4	24.0	82	34.7
	Apr.	17.0	-	31.0	23.3	76	29.8
	May	18.2	-	32.4	23.8	102	46.2
	Jun.	16.2	-	28.6	22.7	162	61.1
	Jul.	20.0	-	24.6	22.2	109	72.7
	Aug.	22.6	-	33.1	27.2	81	31.0
	Sep.	23.2	-	33.7	26.9	56	49.6
	Oct.	19.0	-	30.0	23.9	145	51.1
	Nov.	17.1	-	34.3	24.6	151	62.7
	Dec.	12.8	-	29.7	22.0	148	47.1
2019	Jan.	14.6	-	33.3	23.2	144	51.6
	Feb.	17.2	-	35.6	23.4	187	55.7
	Mar.	16.5	-	32.0	23.6	162	45.0
	Apr.	17.5	-	35.6	23.6	166	46.4
	May	19.1	-	34.6	26.0	141	41.6
	Jun.	19.2	-	30.6	26.2	192	68.1
	Jul.	18.7	-	31.6	26.2	111	47.6
	Aug.	-	-	-	-	-	-
	Sep.	17.0	-	34.5	23.9	157	55.7
	Oct.	19.7	-	35.2	26.1	148	51.2
	Nov.	19.4	-	34.3	26.3	137	40.8
	Dec.	19.5	-	37.1	27.7	138	52.5
2020	Jan.	17.3	-	30.7	22.2	171	47.5
	Feb.	13.1	-	34.4	23.2	169	47.1
	Mar.	15.1	-	30.7	23.6	138	39.7
	Apr.	18.6	-	33.4	23.9	111	30.8
	May	17.3	-	35.9	26.3	131	39.9
	Jun.	20.6	-	34.9	26.9	115	46.9
	Jul.	19.7	-	32.0	25.7	198	56.3
	Aug.	19.2	-	33.9	26.8	133	54.1
	Sep.	17.7	-	37.1	27.2	150	50.5
	Oct.	17.7	-	38.0	26.4	124	40.4
	Nov.	15.4	-	38.0	25.6	143	45.1
	Dec.	17.4	-	40.0	25.9	146	46.2
		12.8	-	40.0	24.8	4730	47.2

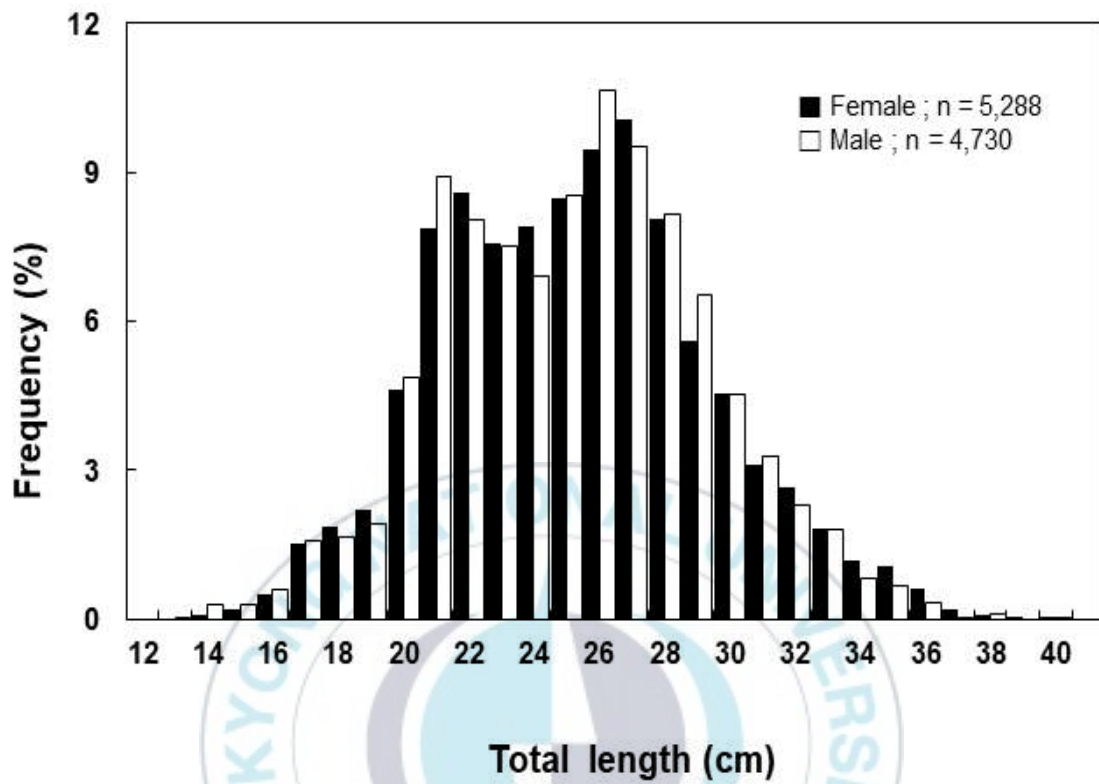


Fig. 2.3. Size frequency distribution of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

### 2.3.3 생식소의 조직학적 관찰

#### 난소발달과정

암컷 생식소의 조직학적 변화를 살펴보면(Fig. 2.4) 1월과 2월에는 미숙단계로 난소가 활성화되기 시작하여 난소 소엽내에 염색인기 또는 주변인기의 초기 성장기 난모세포가 대부분을 차지하고 있다. 주변인기의 난모세포는 다수의 인을 가지며 호염기성 세포질에 의해 헤마톡실린에 짙게 염색되어 있다(Fig. 2.4.A). 3월에 접어들면 난모세포의 세포질에 난황포가 출현하여 세포질은 붉은 보라색으로 염색되고 핵주변에 소형의 유구가 나타나기 시작하는데 이는 4월까지 이어진다(Fig. 2.4.B). 이때 난모세포의 크기는 0.2 mm 전후이다. 5월이 되면 난소의 발달이 급격히 진행되어 대부분의 난소 내에는 난황포기, 난황 과립 및 유구를 갖는 난모세포와 다량의 난황이 축적된 0.4 mm 정도의 크기를 갖는 난모세포들이 출현한다(Fig. 2.4.C). 6월과 7월은 난성숙시기로 난황과 유구에 큰 변화가 보이기 시작한다. 세포질상에 과립 형태로 축적된 난황구는 융합하여 난황괴로 되며 유구도 융합되어 완숙난이 된다. 이때 완숙난의 크기는 평균 0.6mm 이상이다(Fig. 2.4.D). 8월 이후 방란이 끝난 암컷 개체들은 난소 소엽내에 미방출된 난모세포들과 잔존 여포, 산란 되지 않은 잔여 난을 퇴화 흡수하여 난소가 급격히 위축되었다(Fig. 2.4.E). 9월부터는 대부분이 회복단계로 10월로 갈수록 회복단계에 해당되는 개체의 비율이 증가되며 초기난모세포를 가진 개체들이 출현하기 시작하였다(Fig. 2.4.F).

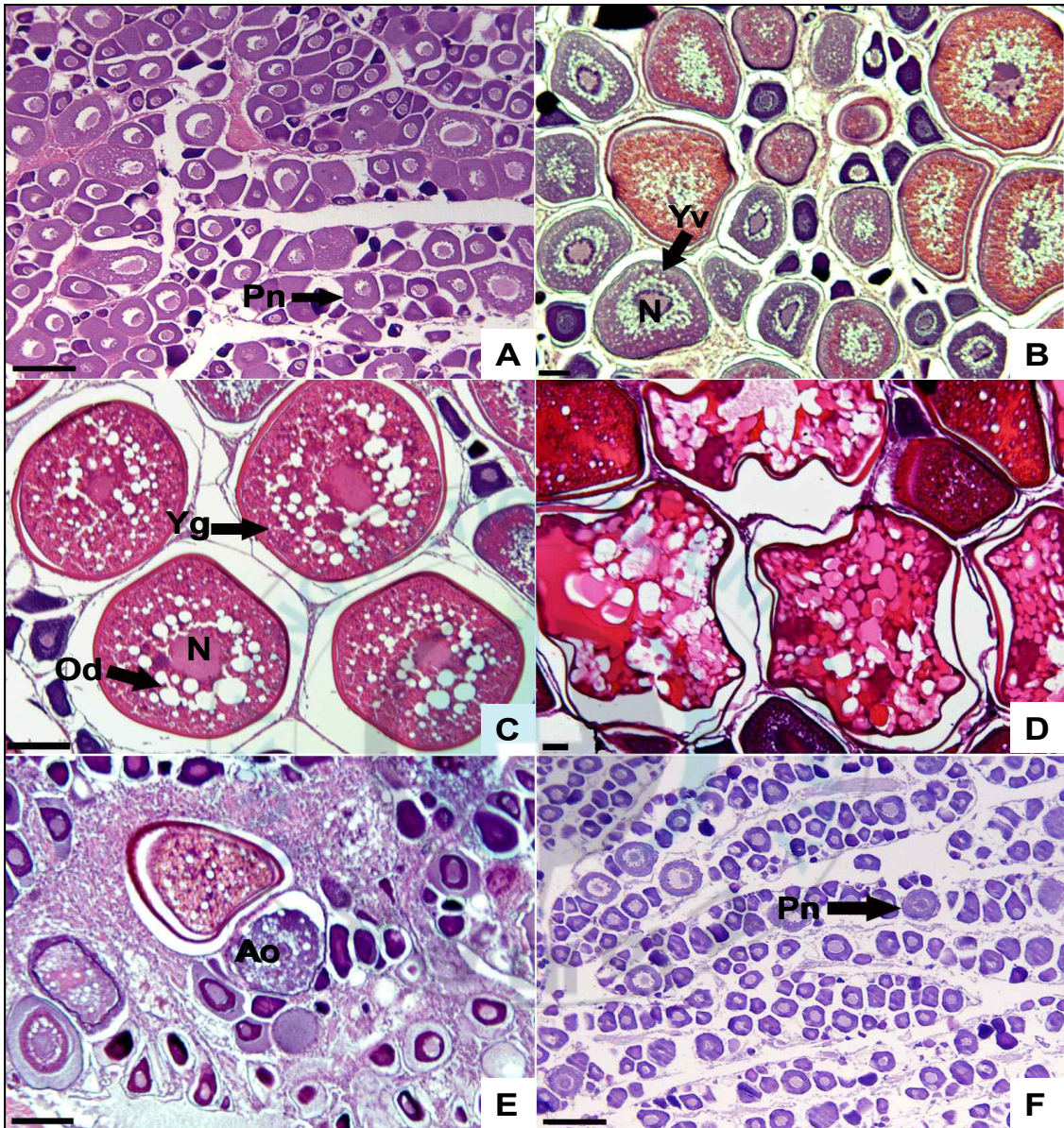
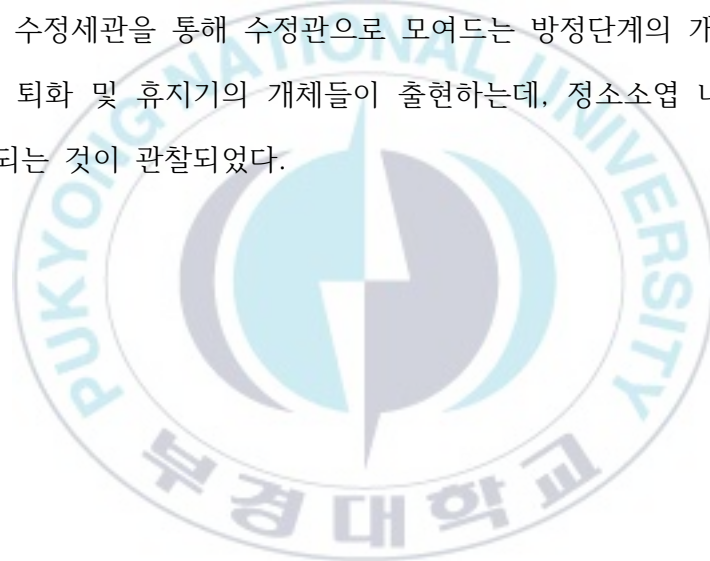


Fig. 2.4. Photographs of histologically observed ovary sections and different maturity stages of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

A, immature stage; B, early developing stage; C, late developing stage; D, ripe stage; E, spent stage; F, recovery stage. Ao, atretic oocyte; od, oil droplet; pn, peri-nucleus; yv, yolk vesicle; yg, yolk globule; n, nucleus. Scale bar 50 $\mu$ m.

### 정소발달과정

정소는 많은 정소소엽으로 이루어져 있으며 미숙기인 1월과 2월에는 정소소엽 내에서 정원세포를 관찰할 수 있었다(Fig. 2.5.A). 성장기가 되면 정원세포는 분열증식하여 여러 단계의 정모세포로 발달하여 소낭의 중앙부에 나타나는데 이러한 단계는 3월부터 계속 관찰되었다(Fig. 2.5.B). 5월부터는 성숙기에 이른 정소가 비대해지면서 정소 소낭 내에 거의 대부분 정세포들로 충만해지며(Fig. 2.5.C,D) 이들은 H-E 염색에서 호염기성으로 반응한다. 6월과 7월이 되면 완숙기의 정소는 H-E 염색에서 강한 호염기성을 나타내는 정자들로 가득 채워져 있으며(Fig. 2.5.E), 변태를 마친 정자들은 방정을 위해 수정세관을 통해 수정관으로 모여드는 방정단계의 개체들도 관찰되었다. 8월이 되면 퇴화 및 휴지기의 개체들이 출현하는데, 정소소엽 내 미방정된 정자들이 퇴화·흡수되는 것이 관찰되었다.



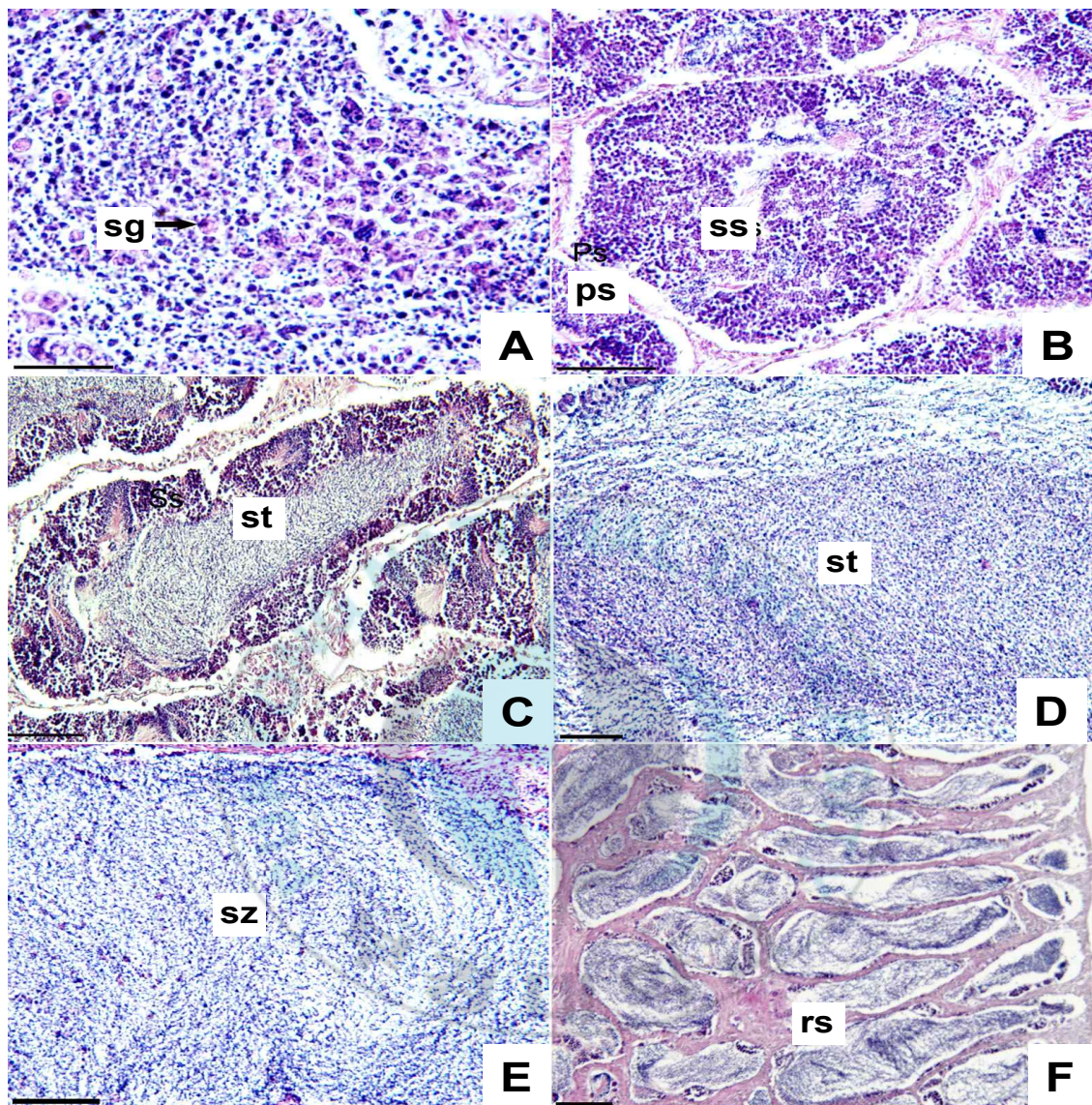


Fig. 2.5. Photographs of histologically observed testes sections and different maturity stages of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

A, immature stage; B, early developing stage; C,D, late developing stage; E, Ripe/spawning; F, spent stage. ps, primary spermatocytes; rs, residual spermatozoa; sg, spermatogonia; ss, second spermatocytes; st, spermatids; sz, spermatozoa. Scale bar 25 $\mu$ m.

#### 2.3.4 난경 분포의 월별 변화 및 방란 횟수

월별 난경 조성의 변화를 알아보기 위해 2018년 1월부터 12월까지 매월 20개체씩 임의 추출하여 난소 내 난경의 크기를 조사하였다(Figs. 2.6, 2.7). 월별 난경의 평균 크기의 차이 유무를 검정한 결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(ANOVA,  $F=576.7$ ,  $P<0.001$ ). 1월과 2월에는 난경의 크기가 평균 0.145 mm, 0.157 mm였으며 최대 크기는 0.3 mm이고 0.1 mm에서 0.2 mm 사이에 주 모드가 나타났다. 3월부터는 극히 일부이지만 0.5 mm 이상의 크기의 난이 나타나기 시작하였고 4월부터는 다양한 크기의 난들이 나타났다. 5월부터는 난의 평균 크기가 0.4 mm 이상이었으며 난경의 분포 범위도 훨씬 넓어졌다. 7월에 난경의 평균 크기가 0.6으로 가장 컸으며 1mm에 가까운 가장 큰 난들이 나타났다. 또한 7월에는 0.5 mm와 0.8 mm에서 2개의 모드가 나타났다. 8월부터는 0.6mm 이상의 난군들은 사라지고 9월부터는 0.1 mm 전후의 소형 난군들이 12월까지 이어지는 것으로 보인다.

이상의 결과로부터 4월부터 난소 내 난경이 커지기 시작하여 5월부터 7월까지 난경의 분포 범위가 넓고, 대형의 난들이 출현하였으며 8월부터는 0.6 mm 이상의 대형 난군은 급격히 사라지고 9월부터 0.2mm 이하의 소형 난군이 출현하여 12월까지 이어지는 것으로부터 대형 난군이 연 1회 출현하고 사라지므로 1년에 한 번 산란기를 가지며 7월에는 0.5mm와 0.8mm에서 두 개의 모드를 이루는 것으로부터 한 산란기 동안 2회 이상 걸쳐 산란하는 것으로 판단된다.

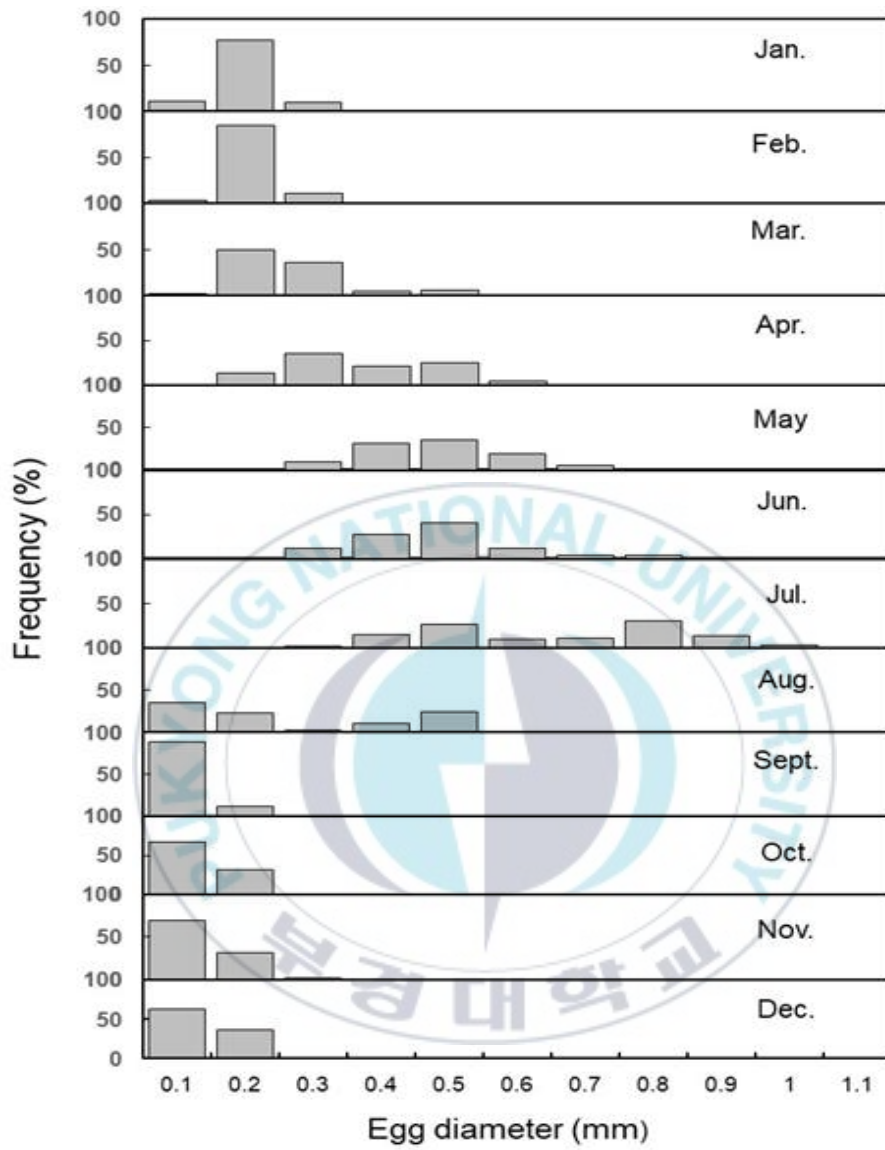


Fig. 2.6. Frequency distribution of egg diameter of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea from January 2018 to December.

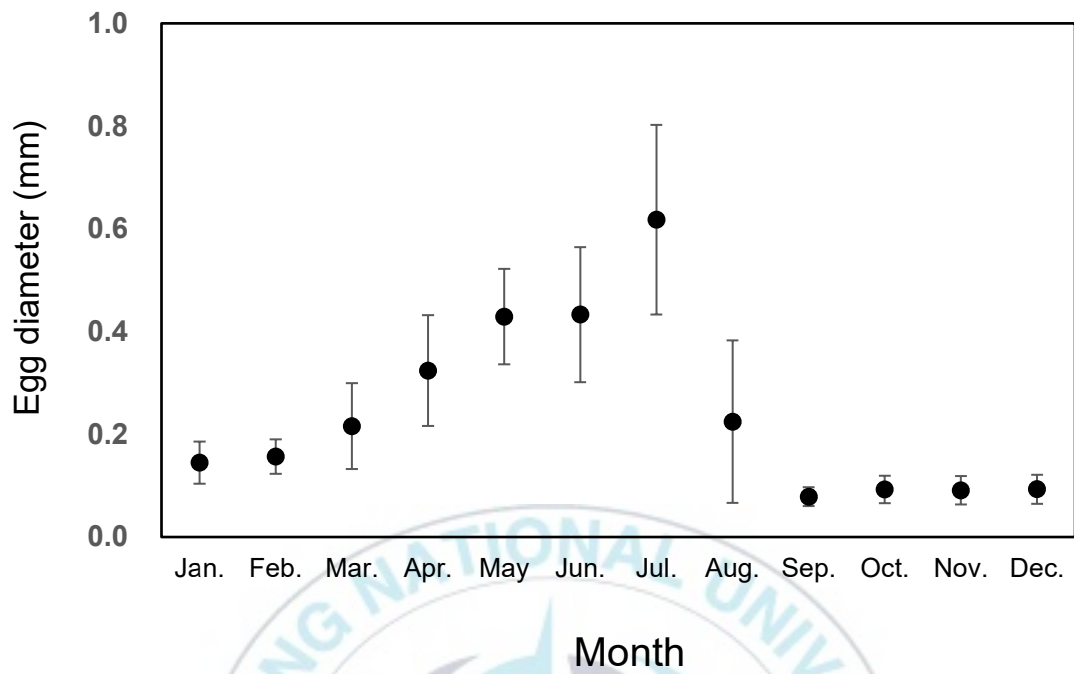


Fig. 2.7. Monthly change of egg diameter of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea from January 2018 to December. Vertical bars indicate SD

### 2.3.5 생식소 속도 지수 및 수온의 월별 변화

보구치의 주 어획 지역인 남해안의 거문도 조위관측소의 3개년 수온 자료를 살펴 보면(Table 2.2, Fig. 2.8) 월평균 수온이 2018년 2월에 11.9°C로 가장 낮았고, 2018년 8월에 26.5°C로 가장 높았다. 2018년도는 2019년도와 2020년도에 비해서 동계의 수온은 낮고 하계의 수온은 높은 것으로 나타났다. 대체로 4월부터 수온이 증가하여 8월에 최고치에 이르고 9월부터 감소하는 경향이 나타났으나 2020년도는 9월에 평균 수온이 가장 높았다.

암컷의 생식소속도지수(GSI)의 월별 변화를 보면(Table 2.2, Fig. 2.8) 2018년 4월까지 GSI 값이 2.0 이하로 낮은 값을 유지하다가 5월부터 급격히 상승하여 7월까지 유지된다. 특히 5월에 GSI의 최대값과 최소값의 차이가 가장 크게 나타났다. 8월부터 GSI 값이 다시 1.0 이하로 낮아져서 2019년 4월까지 2.0 이하의 값을 유지하는 것으로 나타났다. 2019년 5월부터 GSI 값이 다시 증가하여 7월까지 5.0 이상의 높은 값을 유지하다가 9월에는 1 이하의 값으로 감소하는 경향이 반복적으로 나타났다. 2019년 8월은 시료를 구입하지 못하여 정확한 값을 알 수 없었으나 9월에 GSI가 1 이하로 감소한 것과 2018년 2020년의 변화 양상으로부터 2019년 8월에 GSI가 감소했을 것으로 추정된다. 2020년은 2018년과 2019년에 비해서 8월까지 GSI 값이 높게 나타났는데 이때의 수온을 살펴보면 2018년과 2019년에 비해서 8월의 수온이 낮으며 9월에 평균 수온이 최고치에 이르는 것을 알 수 있었다. 매년 GSI 값이 다소 차이가 있으나 대체로 5월부터 증가하여 6, 7월에 최고치를 보이고 다시 감소하는 것으로 보인다.

수컷의 GSI 값은 암컷에 비해 대체로 낮게 나타났으나 그 변화 양상 및 GSI의 증감시기가 암컷과 동일하였다.

수온의 변화와 생식소속도지수의 월별 변화를 비교하여 보면(Fig. 2.8) 보구치의

GSI 값의 연중 변화와 평균 수온의 연중 변화는 그 양상이 매우 유사하였다. 이에따라 평균 수온이 15°C에 이르는 5월부터 GSI 값이 크게 상승하여 8월 또는 9월 평균 수온 23.0°C에 이르기 전에 산란을 마치는 것으로 판단된다.



Table 2.2 Water temperature in Geomun island and gonadosomatic index of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

Month	Temperature (°C)			Gonadosomatic index (GSI)					
				Female			Male		
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean( $\pm$ SD)	Min	Max	Mean( $\pm$ SD)
2018									
Jan.	11.9	14.7	12.8	0.156	1.332	0.896( $\pm$ 0.194)	0.030	0.966	0.234( $\pm$ 0.169)
Feb.	10.6	13.2	11.9	0.688	1.478	1.035( $\pm$ 0.179)	0.080	0.863	0.359( $\pm$ 0.180)
Mar.	10.9	13.4	12.2	0.432	1.773	1.202( $\pm$ 0.219)	0.191	1.251	0.503( $\pm$ 0.254)
Apr.	12.7	14.9	13.6	0.725	3.072	1.415( $\pm$ 0.465)	0.395	1.636	0.890( $\pm$ 0.359)
May	14.4	17.1	15.5	0.836	10.701	4.634( $\pm$ 3.050)	0.722	4.871	2.266( $\pm$ 0.995)
Jun.	16.0	21.2	19.1	1.262	9.294	4.284( $\pm$ 2.159)	0.971	5.750	2.907( $\pm$ 1.203)
Jul.	19.3	26.7	23.0	2.362	8.870	4.849( $\pm$ 1.924)	1.222	4.333	2.503( $\pm$ 0.667)
Aug.	24.4	28.0	26.5	0.527	4.652	0.981( $\pm$ 0.589)	0.182	0.784	0.326( $\pm$ 0.135)
Sep.	20.8	24.6	22.4	0.309	1.477	0.817( $\pm$ 0.203)	0.125	0.389	0.220( $\pm$ 0.069)
Oct.	16.8	21.9	19.9	0.417	1.288	0.696( $\pm$ 0.194)	0.008	0.287	0.147( $\pm$ 0.081)
Nov.	14.1	16.9	15.6	0.192	1.144	0.791( $\pm$ 0.186)	0.046	0.542	0.187( $\pm$ 0.083)
Dec.	13.1	15.8	14.3	0.448	1.461	0.792( $\pm$ 0.203)	0.034	0.590	0.195( $\pm$ 0.107)
2019									
Jan.	12.4	14.2	13.3	0.474	1.545	0.864( $\pm$ 0.195)	0.078	0.494	0.239( $\pm$ 0.089)
Feb.	12.6	14.2	13.4	0.731	1.461	1.024( $\pm$ 0.151)	0.047	0.841	0.360( $\pm$ 0.190)
Mar.	11.9	13.9	12.6	0.451	1.740	1.115( $\pm$ 0.250)	0.102	2.511	0.474( $\pm$ 0.450)
Apr.	12.1	15.0	13.8	0.524	2.411	1.386( $\pm$ 0.412)	0.208	2.965	0.986( $\pm$ 0.570)
May	14.7	17.1	15.9	0.539	6.677	2.386( $\pm$ 1.237)	0.392	3.279	1.406( $\pm$ 0.619)
Jun.	15.7	20.7	17.6	3.855	15.231	7.365( $\pm$ 2.330)	1.885	5.698	3.652( $\pm$ 0.873)
Jul.	17.8	23.1	20.9	3.981	12.421	6.640( $\pm$ 1.918)	1.126	5.268	2.622( $\pm$ 0.861)
Aug.	20.8	26.3	23.7						
Sep.	20.9	24.0	22.8	0.105	1.493	0.749( $\pm$ 0.240)	0.050	1.814	0.317( $\pm$ 0.248)
Oct.	19.6	23.5	21.5	0.550	1.365	0.881( $\pm$ 0.198)	0.112	0.740	0.248( $\pm$ 0.103)
Nov.	14.8	19.7	17.4	0.346	1.256	0.791( $\pm$ 0.187)	0.082	1.210	0.225( $\pm$ 0.162)
Dec.	13.6	15.8	14.8	0.492	1.430	0.925( $\pm$ 0.180)	0.115	0.564	0.244( $\pm$ 0.068)

Table 2.2 continued

Month	Temperature (°C)			Gonadosomatic index (GSI)					
				Female			Male		
	Min	Max	Mean	Min	Max	Mean( $\pm$ SD)	Min	Max	Mean( $\pm$ SD)
2020									
Jan.	12.2	14.3	13.3	0.623	1.252	0.857( $\pm$ 0.148)	0.102	0.481	0.229( $\pm$ 0.089)
Feb.	11.3	15.5	13.3	0.470	2.020	0.990( $\pm$ 0.270)	0.132	1.924	0.471( $\pm$ 0.367)
Mar.	12.8	14.4	13.7	0.502	3.121	1.216( $\pm$ 0.486)	0.093	4.287	0.664( $\pm$ 0.744)
Apr.	13.4	14.9	14.1	0.704	7.736	1.297( $\pm$ 0.905)	0.135	2.186	0.884( $\pm$ 0.563)
May	14.2	15.9	15.1	0.914	9.436	4.256( $\pm$ 2.004)	0.664	3.116	1.787( $\pm$ 0.695)
Jun.	15.2	20.5	17.8	4.448	23.375	8.975( $\pm$ 3.458)	1.870	5.760	3.454( $\pm$ 0.798)
Jul.	17.4	20.8	19.2	3.791	20.874	8.635( $\pm$ 4.164)	1.535	6.315	3.622( $\pm$ 0.995)
Aug.	19.6	25.8	22.8	5.031	20.387	9.607( $\pm$ 2.884)	1.284	5.668	3.006( $\pm$ 1.008)
Sep.	22.1	24.6	23.2	0.603	6.934	2.857( $\pm$ 1.412)	0.052	3.714	1.003( $\pm$ 0.682)
Oct.	18.3	22.9	20.7	0.475	1.594	0.863( $\pm$ 0.234)	0.093	0.575	0.281( $\pm$ 0.091)
Nov.	14.8	18.9	17.0	0.280	1.395	0.827( $\pm$ 0.209)	0.109	0.373	0.208( $\pm$ 0.060)
Dec.	12.8	15.5	14.0	0.374	1.326	0.923( $\pm$ 0.186)	0.081	0.387	0.223( $\pm$ 0.074)

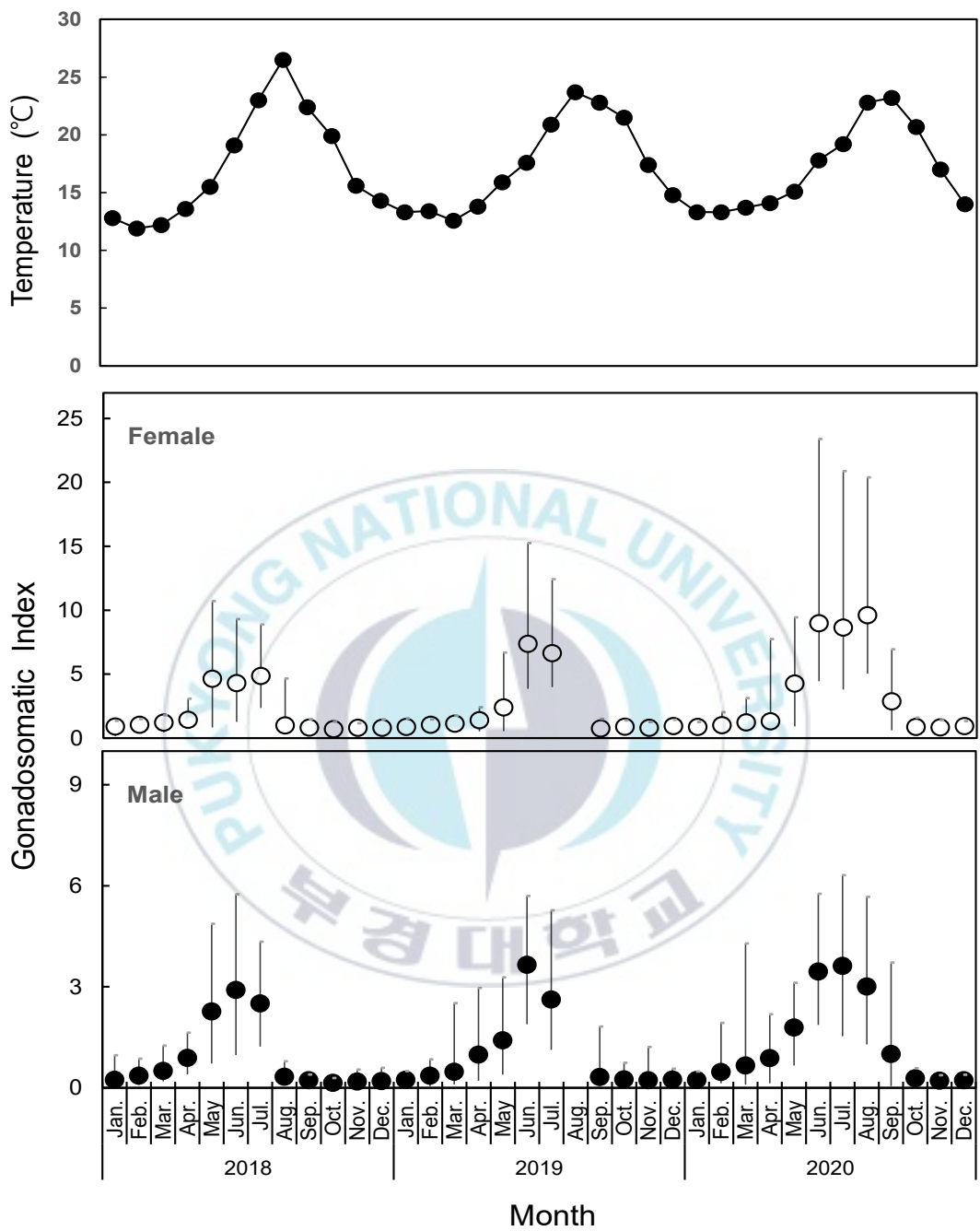


Fig. 2.8. Monthly changes in water temperature and gonadosomatic index of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

### 2.3.6 생식주기

보구치 난소의 육안관찰과 조직학적 관찰결과를 토대로 난소의 성숙발달과정을 5 단계로 구분하였다. 미성숙단계(immature)의 난소 외부형태는 가늘고 길며 옅은 황색 또는 분홍색으로 투명하고 난립은 전혀 보이지 않았다. 초기발달단계(early developing)는 난소의 색깔은 옅은 황색을 띠면서 매우 작은 노란색의 난립이 관찰되었으며 후기발달단계(late developing)는 난소가 매우 비대해지고 난의 크기가 일정하게 크며 진한 황색을 보인다. 완숙단계(ripe)가 되면 매우 투명하고 큰 알들로 가득 차 있으며 난소를 누르면 쉽게 알이 방출된다. 산란후 단계(spent)는 난소의 크기가 심하게 수축되어 있고 방란 되지 않고 남은 알들이 보였다. 조직관찰과 육안판별에 의한 3년간의 월별 생식소 성숙도의 단계별 변화를 보면(Fig. 2.9) 1월부터 3월까지 미성숙단계의 개체가 대부분을 차지하다가 4월에 초기발달단계의 개체들이 나타나기 시작하였다. 5월부터는 후기발달단계의 개체들이 출현하여 6월부터 완숙단계의 개체들로 이어진다. 방란후 단계는 2018년에는 8월부터 2019년과 2020년에는 7월부터 나타나기 시작하였다. 9월부터는 다시 미성숙단계의 개체들이 출현하여 다음 해 3월까지 이어졌다.

육안 및 조직학적 판단과 함께 생식소숙도지수의 변화를 종합하여 보면 보구치의 생식주기는 1월부터 2월까지 미숙기, 3월과 4월은 초기성장기 5월과 6월은 후기성장기, 7월과 8월은 완숙 및 방란기 9월부터는 회복 및 미성숙기로 나눌 수 있었다.

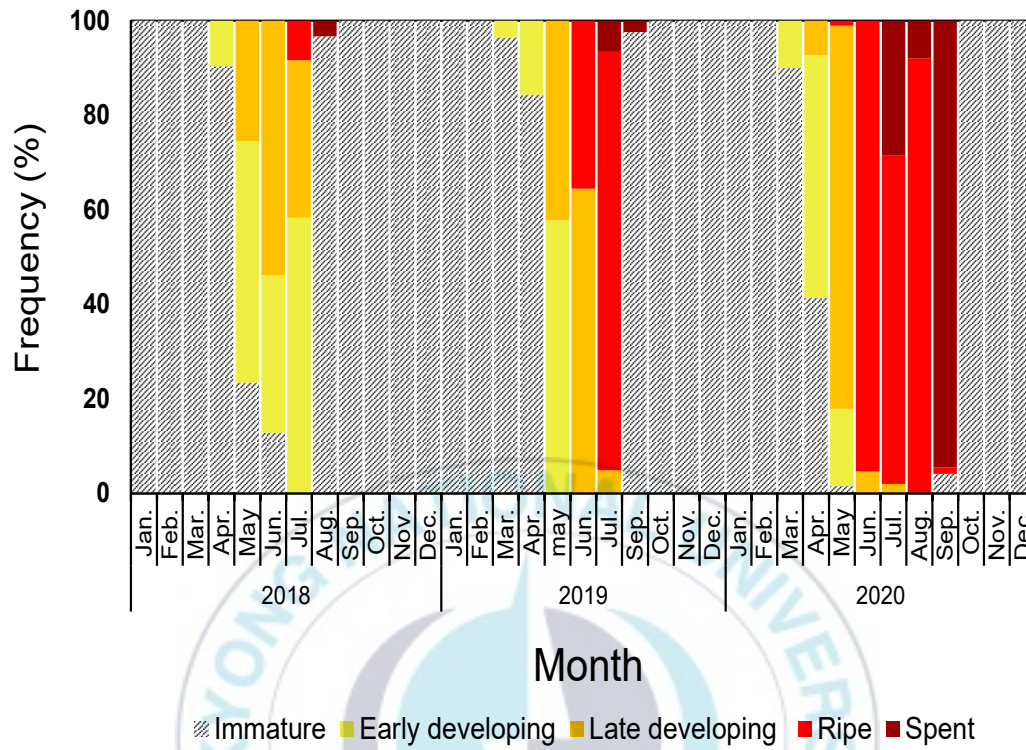


Fig. 2.9. Monthly changes in maturity stages of female of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

### 2.3.7 포란수

포란수는 2018-2020년 각 연도별로 산란 기간동안 방란의 흔적이 없는 성숙 또는 완숙기의 개체를 대상으로 포란수를 계수하였다. 최소 포란수는 2019년 16-18cm 체장 계급에서 39,775개 였으며 최대 포란수는 2020년 34-36cm 전장 계급에서 1,754,942개였다. 각 연도별 평균 포란수는 2018년은 304,499개, 2019년은 400,989개, 2020년은 562,343개였다(Table 2.3).

어류의 단위무게(g) 당 포란수를 나타내는 상대포란수는 전장이 큰 계급에서 크게 나타났으며 특히 2020년 28cm 이상의 체장 계급에서 단위 무게(g)당 2,000개 이상으로 나타났다. 일반적으로 어류가 성장함에 따라 절대포란수는 증가하지만, 경우에 따라서 상대포란수는 어류의 노화에 의해 어느 일정한 크기가 되면 오히려 감소하는 경향이 있다. 그러나 보구치의 상대포란수는 그러한 경향이 뚜렷이 나타나지는 않았다.

전장(total length, TL)과 포란수(F) 간의 관계식을 연도별로 나타냈다. 2018년은  $F=0.2198 TL^{4.2784}$  ( $r^2=0.8049$ ,  $n=42$ ,  $P<0.05$ ), 2019년은  $F=0.7722 TL^{3.9428}$  ( $r^2=0.7247$ ,  $n=42$ ,  $P<0.05$ ), 2020년은  $F=1.5157 TL^{3.8106}$  ( $r^2=0.7431$ ,  $n=90$ ,  $P<0.05$ ) 으로 나타났으며 전장이 커질수록 포란수도 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2.10). 전장에 대한 포란수의 관계가 각 연도별로 차이가 있는지 공분산분석에 의해 검정한 결과 세 집단 모두 기울기에는 차이가 없었으나 절편에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다 (Table 2.4).

Table 2.3 Absolute and relative fecundities according to total length of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

2018										
Total length (cm)	No. of samples	Absolute fecundity(eggs)			Relative fecundity(eggs/g)					
		Range		Mean	Range		Mean			
20 - 22	7	71,627	-	133,230	112,587	783	-	1,287	1,057	
22 - 24	15	95,710	-	255,825	150,848	699	-	1,635	1,081	
24 - 26	1	195715		195,715	1028		1,028			
26 - 28	4	147,844	-	412,169	269,307	564	-	1,842	1,102	
28 - 30	7	344,204	-	745,402	507,656	1,086	-	2,282	1,529	
30 - 32	4	241,106	-	692,493	504,415	601	-	1,866	1,382	
32 - 34	2	485,818	-	877,128	681,473	1,156	-	2,024	1,590	
34 - 36	2	642,909	-	888,041	765,475	1,181	-	1,930	1,556	
2019										
Total length (cm)	No. of samples	Absolute fecundity(eggs)			Relative fecundity(eggs/g)					
		Range		Mean	Range		Mean			
16 - 18	1	39775		39,775	823		822			
20 - 22	1	92865		92,865	673		673			
22 - 24	8	108,171	-	373,415	209,724	697	-	2,627	1,380	
24 - 26	3	85,816	-	420,097	299,736	1,137	-	1,685	1,482	
26 - 28	12	241,621	-	616,421	382,384	898	-	2,465	1,594	
28 - 30	5	285,060	-	450,046	346,491	1,004	-	1,372	1,234	
30 - 32	9	474,018	-	828,765	598,815	1,416	-	2,384	1,886	
32 - 34	2	538,390	-	733,880	636,135	1,283	-	1,420	1,351	
34 - 36	1	760849		760,849	1379		1,379			

Table 2.3 continued

2020									
Total length (cm)	No. of samples	Absolute fecundity(eggs)			Relative fecundity(eggs/g)				
		Range		Mean	Range		Mean		
20 - 22	4	164,989	-	239,296	196,793	1,492	-	2,048	1,730
22 - 24	12	127,522	-	434,759	239,371	835	-	2,406	1,617
24 - 26	16	180,783	-	596,796	331,362	1,172	-	2,972	1,817
26 - 28	19	235,173	-	951,415	467,768	901	-	4,091	1,980
28 - 30	16	355,498	-	1,033,597	665,279	1,352	-	3,422	2,249
30 - 32	8	560,054	-	1,242,628	777,724	1,294	-	2,934	2,103
32 - 34	6	630,362	-	1,457,214	969,463	1,356	-	3,595	2,309
34 - 36	7	804,587	-	1,754,942	1,117,287	1,768	-	3,358	2,332
36 - 38	1	810,156		810,156	1,359		1,359		1,359
38 - 40	1	1,140,613		1,140,613	2,009		2,009		2,009

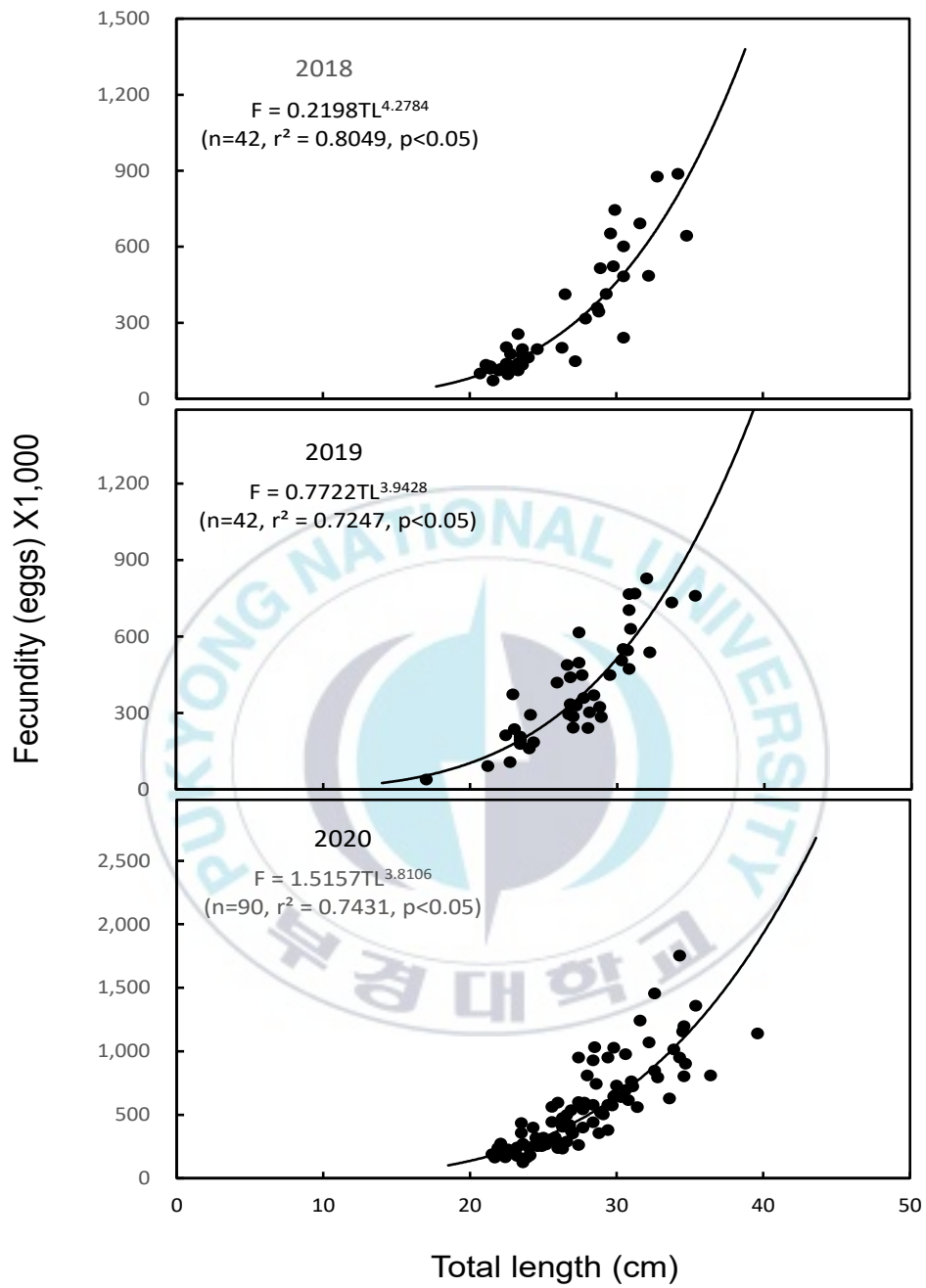


Fig. 2.10. Relationship between fecundity and total length of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

Table 2.4 Analysis of covariance between year groups for fecundity to total length of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

Test	Statistics	Values		
		2018-2019	2018-2020	2019-2020
Test for Slopes	$b_1$	4.28	4.28	3.94
	$b_2$	3.94	3.81	3.81
	$S_{b_1-b_2}$	0.4324	0.3866	0.4081
	t	0.776	1.210	0.324
	v	80	128	128
	p	<b>0.4399</b>	<b>0.2286</b>	<b>0.7466</b>
Test for intercepts	$A_c$	1.8102	2.6785	2.5309
	$B_c$	7.4657	10.6645	9.7442
	$C_c$	37.5657	54.4827	49.5037
	$b_c$	4.124	3.982	3.854
	$SS_c$	6.7553	12.0207	11.9108
	$DF_c$	81	129	129
	t	-2.4616	-6.8226	-4.1752
	p	<b>0.016</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0001</b>

$b_i$ : Slope of  $i$  equation,  $S_{b_1-b_2}$ : Standard error of the difference between slopes,  $A_c$ : Sum of squares of X,  $B_c$ : Sum of crossproducts,  $C_c$ : Sum of squares of Y,  $b_c$ : Common slope,  $SS_c$ : Residual SS,

### 2.3.8 성숙전장 및 성숙연령

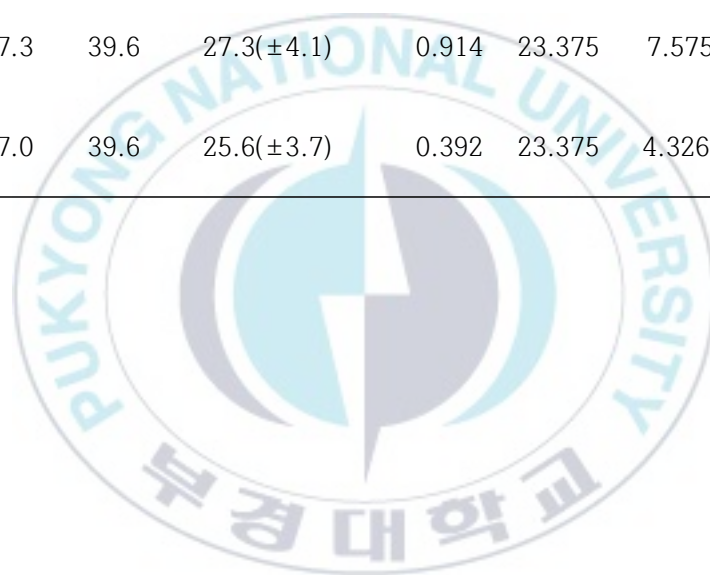
보구치의 재생산에 참여하는 성숙전장(TL)을 알기 위해 2018-2019년 각 연도별로 산란기인 5-7월, 2020년 5-8월 동안 산란 가능한 것으로 판단되는 성숙 이상의 속도를 가지는 개체를 각 체급별로 비율을 나타내었다(Table 2.5, Fig. 2.11) 2018년은 산란기간 동안 어체의 평균 전장은 24.2cm 였으며 2019년과 2020년에 비해서 최대 전장과 평균 전장이 작았다. 2020년은 평균 전장이 27.3cm 였으며 최대 전장은 39.6cm로 3년 중 평균 전장이 가장 크게 나타났다.

50% 균성숙전장은 연도별로 2018년은 19.3cm, 2019년은 20.9cm, 2020년은 20.2cm 로 각각 나타났으며, 3개년을 통합하면 50% 균성숙전장은 20.0cm였다. 전장을 연령으로 환산하면 각각 1.30세, 1.66세, 1.50세, 1.46세였다. 따라서 보구치는 년도에 따라서 전장의 차이는 다소 있으나 적어도 1세 이후 2세가 되기 전에 50%가 산란에 참여하는 것으로 판단되며 3개년을 통합한 식은 다음과 같다.

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{0.4(TL_i - 20.0)}}$$

Table 2.5 Total length, GSI and group maturity of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

Year	Total length (cm)			GSI			L <sub>50%</sub> (cm)
	Min	Max	Mean( $\pm$ SD)	Min	Max	Mean	
2018	18.4	34.8	24.2( $\pm$ 4.1)	0.836	10.701	4.557( $\pm$ 3.0)	19.3
2019	17.0	35.3	25.6( $\pm$ 3.1)	0.539	15.231	4.984( $\pm$ 2.8)	20.9
2020	17.3	39.6	27.3( $\pm$ 4.1)	0.914	23.375	7.575( $\pm$ 3.8)	20.2
Combined	17.0	39.6	25.6( $\pm$ 3.7)	0.392	23.375	4.326( $\pm$ 3.0)	20.0



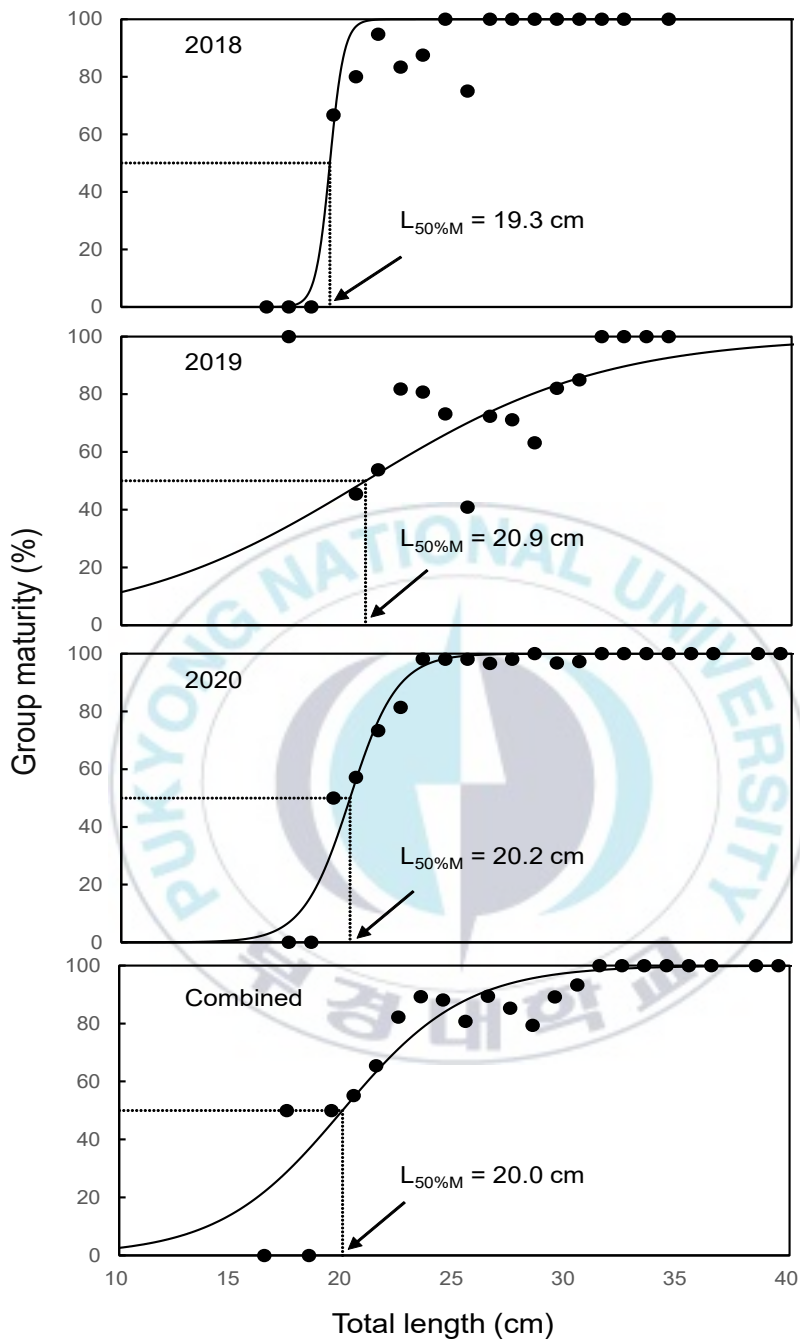


Fig. 2.11. Relationship between total length (TL) and group maturity of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

## 2.4 고 찰

보구치 정소의 형태는 좌우가 다소 비대칭이며 엽상형(lobule type)으로 내부구조는 수많은 정소소엽으로 구성되어 있다. 수컷의 생식세포는 포낭(cyst) 내에서 성장, 발달하여 정소낭 내강으로 방출되어 수정관을 통해서 방정을 마치고 잔존한 정자들은 퇴화·흡수되는 일련의 과정을 거치는 생식 주기를 확인하였으며 이는 많은 경골어류와 유사한 경향을 나타냄을 알 수 있었다(Lee et al., 2000; Chung et al., 2008; Kang et al., 2009).

난소의 외부형태와 위치는 참조기(Kang et al., 2009)와 유사한 형태였으며 내부구조는 낭상형(cystovarian condition)으로 다수의 난소소엽으로 구성되어 있는 형태이다(Seo et al., 2010; Lim et al., 2011; Kwon et al., 2011; Lee et al., 2017).

어류의 암컷 생식소에서 난모세포의 발달양식은 난모세포가 모두 동시에 발달하는 동시발달형(Synchronous), 난모세포가 무리를 이루어 발달하는 난군동시발달형(group-synchronous), 모든 발달단계의 난모세포를 갖는 비동시발달형(asynchronous)으로 구분된다(Wallace and Selman, 1981). 보구치의 난모세포 발달양식은 불볼락(Lee et al., 1998), 날개망둑(Lee et al., 2000), 참조기(Lim et al., 2010) 등과 같이 난군동시발달형(group-synchronous)으로 성숙 난소 내에서 각기 다른 크기의 초기난모세포군과 성숙난모세포군으로 두 무리로 나누어 발달함을 알 수 있었다. 난소 내 난모세포의 발달과 함께 난경의 변화를 보면 초기 난모세포가 주를 이루는 1월과 2월은 난경의 크기가 0.2mm를 중심으로 하나의 모드를 이루다가 난모세포가 성장하면서 난경의 크기도 함께 변화함을 알 수 있었다. 특히 완숙 난이 무리지어 출현하는 7월에는 난경의 크기에 2개의 모드가 나타나는 것으로 보인다. 이는 산란기 내에서 적어도 2회 이상 방란하는 것으로 판단되며 일본 큐우슈우 Ariake 만에서 연구한 결과와 일치하였다(Yamaguchi et al., 2006). 또한 같은 민어과 어류인

참조기, 수조기, 동갈민어, 흑조기 등에서도 같은 양상이 나타나는 것으로 보고하고 있다(Kakuda and Nakai, 1981; Kang et al., 2009).

어류의 성숙과 산란에 영향을 미치는 환경요인으로는 빛과 수온이 깊이 관여하는데 (De Vlaming, 1972), Aida(1991)는 어류의 생식 주기를 수온이나 광주기와 같은 환경적 요인에 의해 춘계산란형, 춘하계산란형, 하계산란형, 춘추계산란형, 추계산란형 및 동계산란형으로 6가지 산란 유형으로 나누었다. 본 종의 GSI와 성숙도단계의 월별 변화로부터 주 산란기는 6-7월로 추정되는데, 본 종의 어획 지역인 남해안의 거문도 조위관측소의 표층 수온의 변화와 비교해 보면 수온의 연중 변동양상과 GSI의 변동양상이 매우 유사한 패턴으로 반복해서 나타났다. 수온이 상승하는 시기에 생식소가 급격히 발달하여 평균 수온이 최고치에 이르기 직전에 산란을 마치는 것으로 나타났다. 따라서 본 종은 춘하계산란형에 속하는 것으로 판단된다.

본 종의 산란시기를 다른 연구 결과와 비교해 보면 Saishu et al. (1954)는 동중국해 북부와 황해에서 5-6월, 동중국해 중부와 남부는 7-8월을 주 산란기라고 보고하고 있으며 Tzeng and Liu(1972a)는 주산란기를 동중국해에서 6-7월, 대만해협에서는 5-6월, Yamaguchi et al. (2006)은 일본 큐우슈우 Ariake만에서 주 산란기를 5-8월로 보고하고 있다. 각 지역마다 산란기가 다소 차이가 나는 것은 어류의 산란시기는 수온 등과 같은 환경요인에 따라 달라질 수 있으므로 각 개체군이 서식지의 환경조건에 적응한 결과로 추정하였다(Yamaguchi et al., 2006). 한국 연근해에서 이루어진 선행연구 결과, 보구치의 주 산란기는 6-7월로 보고되었는데(Kang et al., 1999), 이러한 연구 결과는 이번 연구 결과와 일치하여 과거에 비교해서 산란 시기의 차이는 없었으며 보구치는 비교적 짧은 산란 기간동안 집중해서 1회 이상 산란하는 것으로 판단된다.

보구치의 포란수는 최소 포란수는 2019년 16-18cm 체장계급에서 39,775개였으

며 최대 포란수는 2020년 34-36 cm 체장계급에서 1,754,942개였다. 어체의 크기가 증가함에 따라 포란수도 커졌으며 각 연도별 3개년의 포란수와 체장 간의 관계식의 차이 유무를 검정한 결과 기울기에서는 유의한 차이가 없었으나 절편에서 3개년 모두 서로 유의한 차이가 있었다. 각 연도별 22-24cm와 26-28cm 체장계급을 비교해보면 절대포란수와 상대포란수 모두 2018년도가 가장 적고 2020년도가 가장 많은 것으로 나타났다. 보구치의 포란수가 연도별로 다른 것은 어체의 크기나 연령 뿐만 아니라 먹이량이나 서식밀도, 수온 등과 같은 환경조건에 따라 달라질 수 있기 때문인 것으로 판단된다. 특히 2020년은 2018년과 2019년에 비해 GSI가 높았으며 산란기간 또한 길었던 것으로 보구치의 산란과 수온이 밀접한 관계를 가지고 있으며 포란수에도 영향을 미치는 것으로 추정된다. 한편 포란수와 산란수는 일치하지 않으나 포란수의 변동은 산란수의 증감에 영향을 미치며 이는 곧 자원량의 증감과 밀접한 관계를 가지므로 포란수에 대한 지속적인 연구와 포란수와 산란량과의 관계에 대한 연구가 필요할 것이다.

2018-2020년 3개년을 각 연도별로 50% 성숙 전장(TL)을 구한 결과 다소 차이가 있었으나 연령으로 보면 1세 이후 2세가 되기 전에 암컷의 50%가 산란에 참여하는 것으로 나타났다. 2018-2020년 3개년을 통합한 50% 성숙 전장은 20.0cm 였으며 이때의 연령은 1.46세였다. Kang et al. (1999)의 연구에서 성숙체장(BL)은 17.38cm였으며 이때의 연령은 2.46세로 이번 연구 결과보다 연령이 높게 나온 것으로 보고되었다. 성숙 연령은 자원량의 변화에 따라 달라지는 경향이 있는데 자원이 감소하면 개체의 영양 상태가 좋아짐으로써 성장률이 높아져서 성숙 연령이 저하된다(Zhang, 2012). 이번 연구에서 성숙 전장(TL)이 높아지고 연령이 저하된 것이 실제로 자원량의 감소에 의한 것인지, 또는 해양환경의 변화, 어획 장소 혹은 어획 시기에 따른 변화인지는 향후 지속적이고 세밀한 연구를 진행할 필요가 있을 것이다.

### Ⅲ. 연령과 성장

#### 3.1 서론

수산자원의 동태를 파악하기 위해서는 해당 어종의 연령구조를 파악하고, 이를 통해 가입연령과 성숙연령, 수명, 성장률, 사망률 등을 분석할 수 있다. 일반적으로 어류의 연령을 알기 위해서는 주로 비늘, 이석, 척추골, 새개골 등이 유용하게 사용된다(Zhang, 2012). 특히 비늘은 다른 어떤 연령 형질보다 처리 과정이 쉽고 간편하지만, 어류의 성장 과정에서 탈락되어 재생되는 비늘로 인해 고연령어에서 주의가 필요할 뿐만 아니라 성장이 과소평가되는 경향이 나타날 수 있다. 따라서 비늘보다는 이석이 개체의 탄생에서 사망까지 일생 동안 생물학적, 환경적 요인을 더욱 잘 반영하며 연령 형질로서 적합하다고 보고하였다(Secor et al., 1992; Lowerre-Barbieri et al., 1994).

보구치의 연령과 성장에 관한 연구를 살펴보면, 국외에서 Kakuda and Matsmoto(1977)는 비늘을 이용하였으며 Higuchi et al.(2003), Yamaguchi et al.(2004), Tzeng and Liu(1972b)는 이석을 이용하여 연령과 성장을 연구하였다. 국내에서 Koo(1971), Kwon et al.(1999) 등이 비늘을 이용하여 연령과 성장을 연구하였으며 이석을 이용한 연구는 아직 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 연령 형질로 이석을 이용하여 연륜을 확인하고 윤문형성시의 체장을 역계산하여 성장식을 추정하고자 한다.

## 3.2 재료 및 방법

분석에 필요한 보구치 시료는 2018년 1월부터 12월까지 남해안의 서남해구외끌 이기선저인망과 외끌이대형기선저인망에서 어획된 개체를 사용하였다(Fig. 2.1). 확보한 시료는 자동어체측정기(J&J Technology, Busan, Korea)를 사용하여 전장(total length)와 체중(body weight)을 각각 0.1 cm, 0.01 g 단위로 측정하였다.

연령사정을 위하여 매일 측정된 시료 중에서 크기별로 대, 중, 소 상자별 30마리씩 무작위 추출하여 이석을 채취하였고 이석낭과 이물질을 제거한 후 실온에서 건조시켰다. 자료의 통일성을 위해 오른쪽 이석으로 무게와 이석의 장축과 단축을 측정하고 절편을 만들었다. 이석의 무게는 Sartorius electronic digital balance로 0.0001g까지 측정하였으며 이석의 장축과 단축은 digital caliper로 0.01mm까지 측정하였다. 실온에서 건조시킨 이석은 실리콘 몰딩 틀에 넣고 에폭시 레진과 경화제를 사용하여 48시간 정도 응고시켰다. 몰딩 된 이석은 절단기(Micracut 125, meckton, Bursa, Turkey)를 사용하여 200-300 rpm 회전속도로 두께 0.4-0.5 mm 정도의 절편을 만들었다. 윤문의 관찰을 용이하게 하기 위해 알루미늄 파우더를 사용하여 광택을 낸 후 크리스탈 본드를 사용하여 슬라이드 글라스에 붙여서 영구표본을 만들었다. 이석의 관찰은 해부현미경(Olympus SZX16, Olympus, Tokyo, Japan) 과 영상분석 프로그램(i-solution x64, i-solution Inc., Burnaby, Canada)을 이용하여 관찰하였으며 윤경 간 거리는 0.001 mm까지 측정하였다.

보구치의 이석은 핵을 중심으로 두텁게 성장하고 바깥쪽으로 한 개의 돌기를 가지고 있다(Fig. 3.1). 윤문이 잘 나타나는 쪽을 찾기 위해 세로(A축) 방향과 가로 방향(B축)으로 절단하였다. 그 결과 세로 방향(A축)으로 절단했을 때 불투명대와 투명대가 규칙적이고 선명하게 나타났다. 따라서 보구치의 이석을 세로(A축) 방향으로 절단하여 핵을 중심으로 윤경이 규칙적인 방향을 기준선으로 설정하고 연령 사정을 실시하

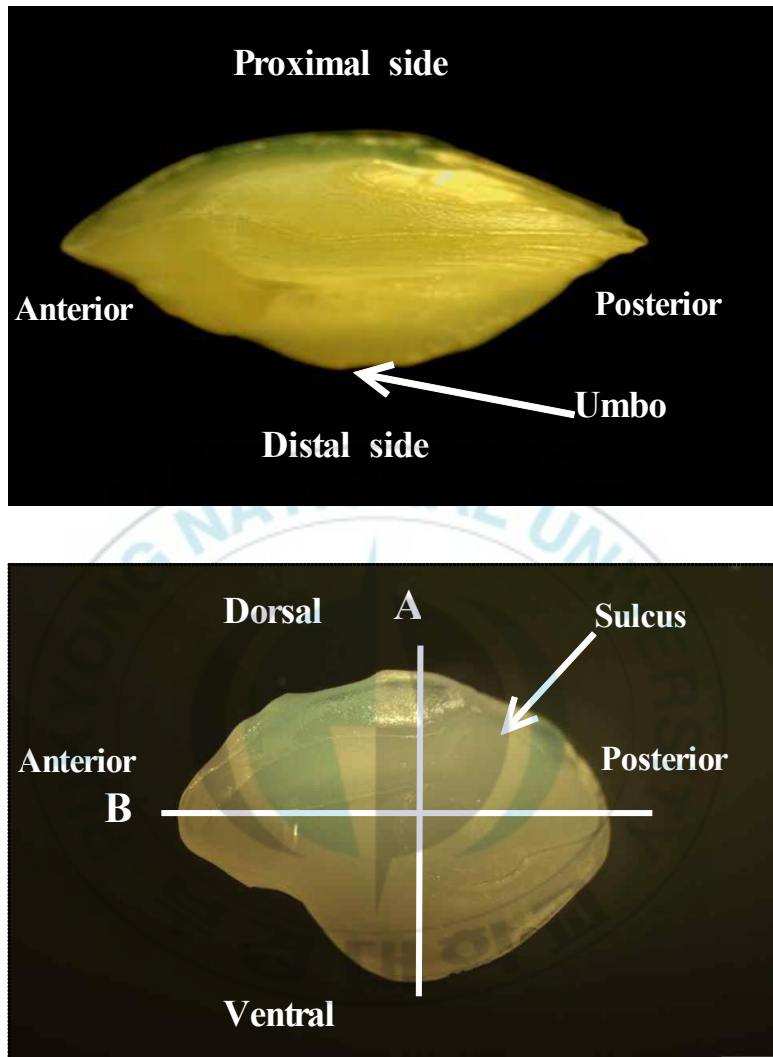


Fig. 3.1. External morphology and cutting dimension of right otolith of the white croaker *Pennahia argentata* A, vertical; B, transverse.

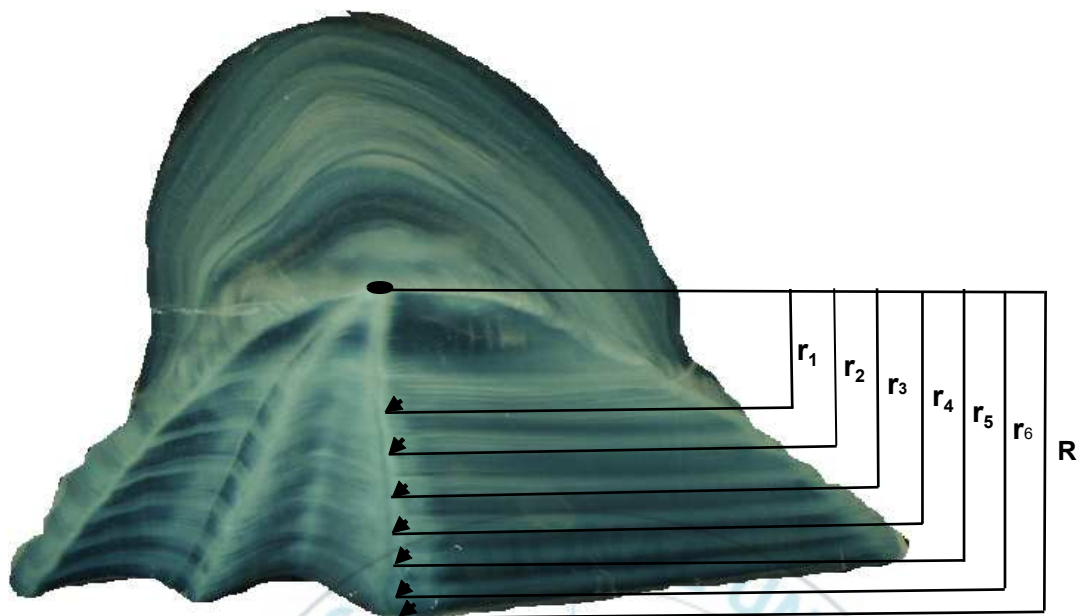


Fig. 3.2. Vertical otolith section of the white croaker *Pennahia argentata*.  
(R: otolith radius,  $r_1 - r_6$ : annual ring radii).

였다(Fig. 3.2).

이석에서 관찰된 윤문이 연령 형질로 적합한가를 판단하기 위해 윤문의 대응성을 검토한 후 윤문의 형성 시기 및 형성 횟수는 연역지수의(marginal index, MI) 월별 변화를 통하여 추정하였으며 연역지수는 다음 식으로 구하였다.

$$MI = \frac{R - r_n}{r_n - r_{n-1}}$$

여기서  $R$ 은 이석의 중심부 초점에서 최외측 가장자리까지의 거리,  $r_n$  은 초점에서  $n$  번째 윤경까지의 거리이다.

윤문의 대응성과 형성 횟수를 확인한 후 윤문을 연륜으로 인정하고 전장과 윤경 간의 관계식을 구하였다. 관계식을 이용하여 각 연령별 역계산 전장을 구하였으며, 연령별 역계산 전장의 평균은 다음의 식으로 가중 평균을 적용하여 구하였다.

$$\bar{x}_{weighted} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

여기서  $x_i$ 는  $i$ 번째 연령의 체장,  $w_i$ 는  $i$ 번째 연령의 개체수이다.

전장과 체중의 관계는 어체의 비만 상태를 나타내고 산란기를 추정하는 정보를 제공할 뿐만 아니라 연령별 전장 추정치로부터 체중 추정치로 환산하는데 사용될 수 있다. 체장-체중 간의 관계식은 다음과 같이 나타낼 수 있다(Huxley, 1932).

$$W = \alpha L^\beta$$

전장( $L$ )과 체중( $W$ ) 간의 함수 관계가 비선형이므로 다음과 같이 자연대수를 취하여 선형화하여 최소자승법으로  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 추정하였다.

$$\ln W = \ln \alpha + \beta \ln L$$

암수간의 전장과 체중간의 비교는 공분산분석(ANCOVA)을 이용하였다.

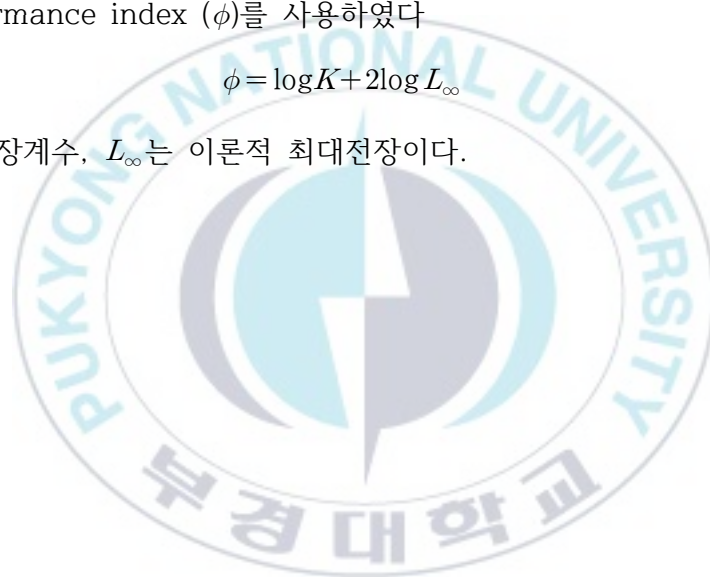
연령에 따른 성장식은 역계산된 연령별 평균 전장으로 von Bertalaffy 성장식을 이용하여 추정하였다.

$$L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})$$

여기서  $L_t$ 는 연령이  $t$ 일 때의 전장,  $L_\infty$ 는 이론적 최대전장,  $K$ 는 성장계수,  $t_0$ 는 전장이 0일 때의 이론적 연령을 의미한다. Walford 정차도법으로  $L_\infty$ ,  $K$ ,  $t_0$ 를 구하여 이 결과를 초기 값으로 비선형회귀분석 방법으로 성장 매개변수를 추정하였다. 추정된 성장계수들을 선행된 연구 결과들과 비교를 위해 Munro and Pauly (1983)의 Growth performance index ( $\phi$ )를 사용하였다

$$\phi = \log K + 2 \log L_\infty$$

여기서  $K$ 는 성장계수,  $L_\infty$ 는 이론적 최대전장이다.



### 3.3 결과

#### 3.3.1 윤문의 대응성

보구치의 이석은 핵을 중심으로 두텁고 크기 때문에 연마보다는 절단하는 방법이 적절하였으며, 수직 방향으로 절단했을 때 핵과 윤문이 선명하게 관찰되었다. 이석의 윤 형성은 성장이 빠르고 느림에 따라 불투명대와 투명대가 교대로 나타나는데 보구치는 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 비교적 명확하여 윤문으로 간주하고 윤경을 측정하였다.

보구치 이석에서 확인된 윤문에 위륜 또는 잘못 판독된 윤이 있는지 가려내기 위하여 각 윤군별 이석경과 윤경 간의 관계를 검토한 결과 각 연륜군별 이석에서 보이는 각각의 윤은 인접한 윤문과 분리되어 있었고, 또 각 윤군별로 이석경이 커지면 윤경 역시 크게 나타났다(Fig. 3.3). 따라서 보구치의 이석에 나타나는 윤경은 이석경과 대응성이 있는 것으로 판단된다.

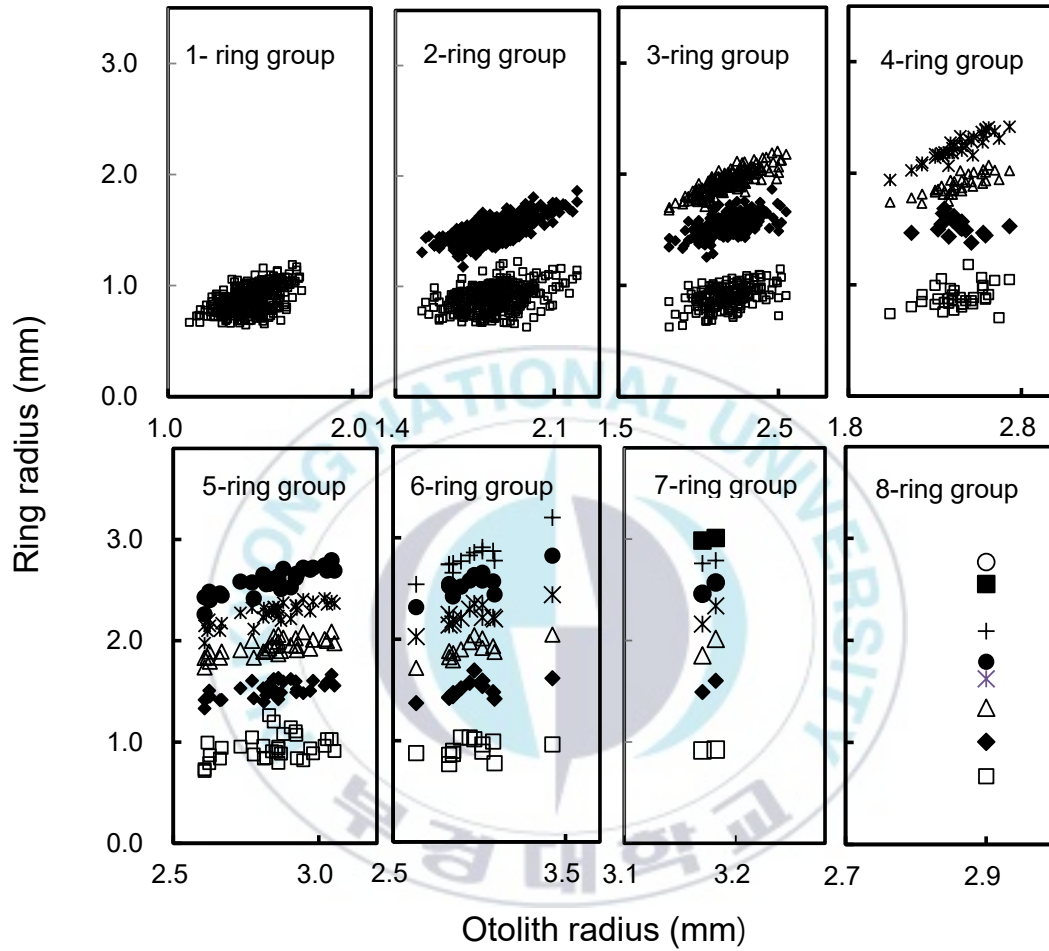


Fig. 3.3. Relationship between otolith radius and ring radius at each ring of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

### 3.3.2 윤문형성시기 및 주기성

윤문 형성 시기와 형성 횟수를 알기 위하여 연역지수의 월별 변화를 살펴본 결과 (Fig. 3.4), 연역지수가 1월부터 7월까지 상승하는 경향을 보이다가 8월에 감소하여 낮은 수준에 머무른다. 연역지수의 월별 평균은 유의한 차가 있는 것으로 나타났다 (ANOVA,  $P < 0.05$ ). 이석 연변부의 투명대와 불투명대의 비율을 월별로 살펴보면 (Fig. 3.5), 1월부터 불투명대가 형성 중인 개체가 출현하여 6월과 7월은 거의 모든 개체의 이석 연변부에 불투명대가 나타났으며 8월부터는 대부분의 개체에서 투명대가 나타났다. 따라서 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 윤문으로 간주했을 때 윤문 형성 시기는 불투명대의 형성이 끝나는 7월로 추정되며 연 1회 형성됨을 알 수 있었다. 보구치의 주 산란기는 앞에서 기술한 결과로부터 6월부터 7월까지로 확인되었으며 윤문이 형성되는 시기는 7월이므로 초륜 형성 되는데 소요되는 기간은 약 1년으로 추정된다.

보구치의 이석에 나타나는 윤문은 연 1회 주기성을 가지고 형성되는 연륜으로 확인하여 이석의 중심에서 각 윤문까지의 평균 윤경을 측정하였다 (Table 3.1). 본 연구에서 연령 사정을 실시한 총 1,003마리 중에서 1세가 368마리, 2세가 360마리로 1세와 2세가 가장 많이 관찰되었으며, 4세 이후로는 개체수가 급격히 줄어들었다. 최대 연령은 암컷에서 8세까지 관찰되었다. 암컷의 윤문별 평균 윤경은 각각  $r_1=0.891$  mm,  $r_2=1.532$  mm,  $r_3=1.929$  mm,  $r_4=2.227$  mm,  $r_5=2.533$  mm,  $r_6=2.764$  mm,  $r_7=2.554$  mm,  $r_8=2.769$  mm였으며, 수컷은  $r_1=0.887$  mm,  $r_2=1.512$  mm,  $r_3=1.920$  mm,  $r_4=2.257$  mm,  $r_5=2.585$  mm,  $r_6=2.758$  mm,  $r_7=3.000$  mm로 나타났다. 암컷은 여섯 번째 윤에서 편차가 가장 컸고 수컷은 다섯 번째 윤에서 편차가 가장 컸다. 암수 모두 고연령에서 편차가 비교적 높게 나타났다.

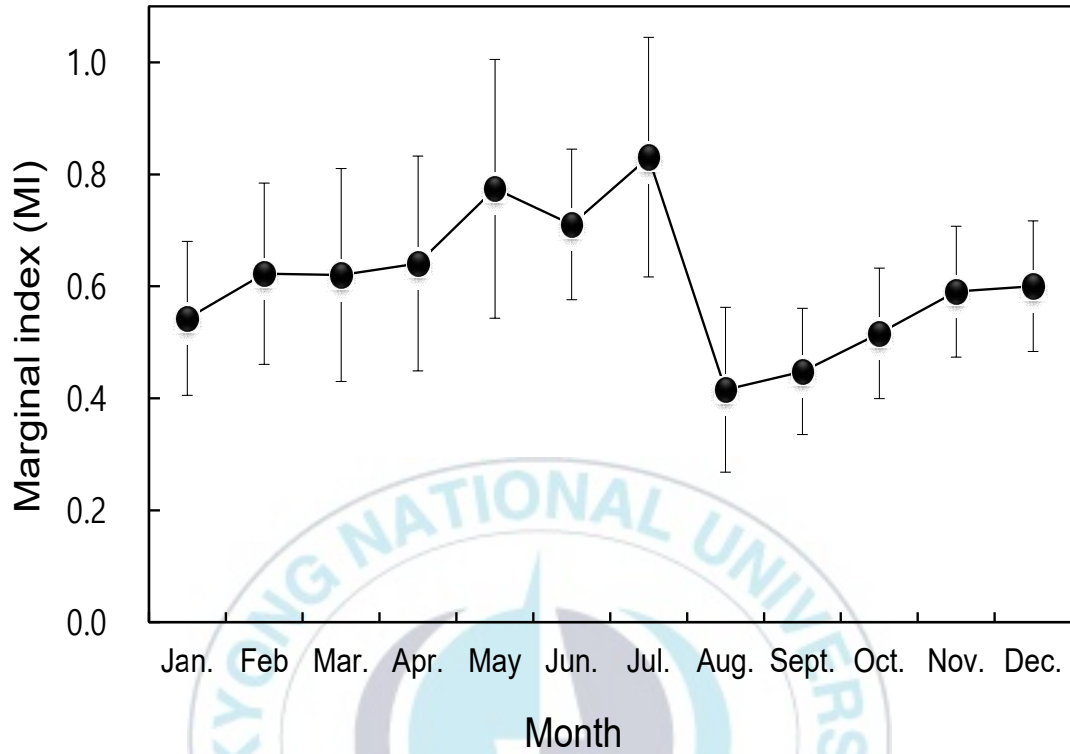


Fig. 3.4. Monthly change in the marginal index(MI) of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea. Vertical bars indicate SD.

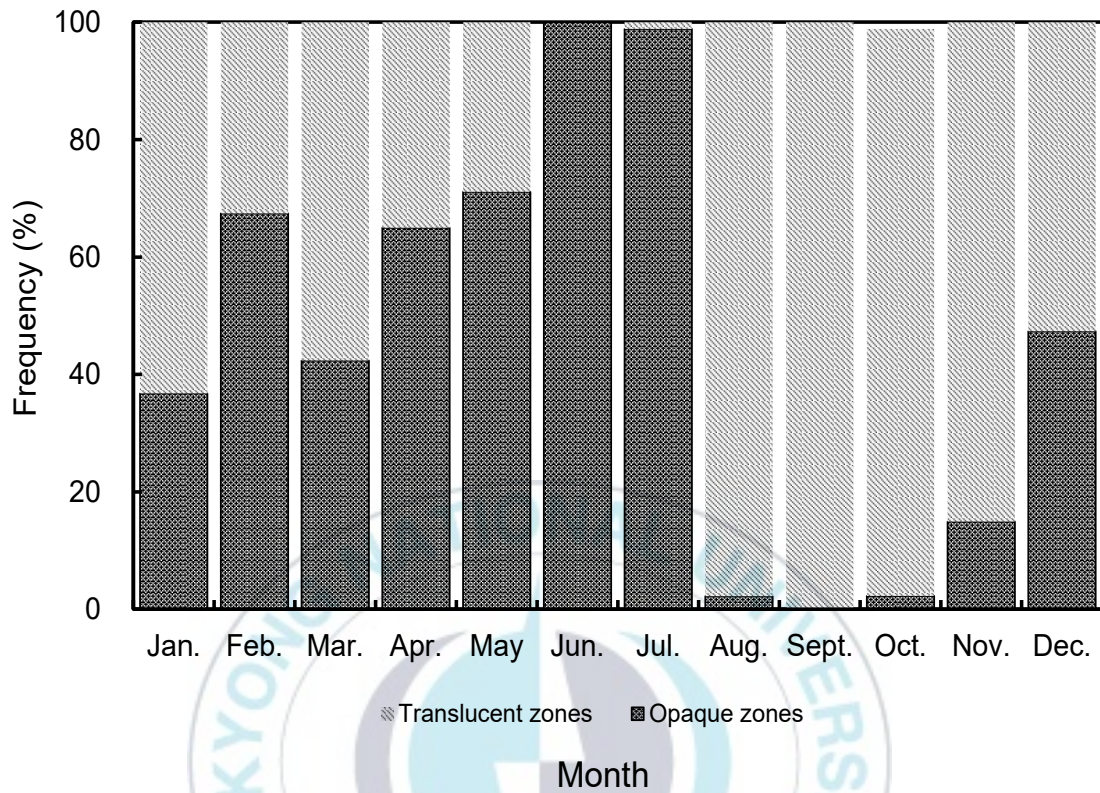


Fig. 3.5. Monthly change in the proportion of each otolith marginal structure of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

Table 3.1. Mean ring radius on the otolith of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Female											
Estimated age	No of samples	Mean otolith ring radius (mm)									
		R	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	
1	203	1.449	0.897								
2	194	1.833	0.898	1.534							
3	104	2.192	0.899	1.539	1.938						
4	17	2.416	0.885	1.499	1.899	2.226					
5	18	2.790	0.943	1.508	1.923	2.238	2.546				
6	3	3.137	0.956	1.634	2.031	2.378	2.704	2.988			
8	1	2.900	0.671	1.008	1.342	1.624	1.792	2.091	2.554	2.769	
Total	540	W.M	0.891	1.532	1.929	2.227	2.533	2.764	2.254	2.769	
		W.SD	0.111	0.106	0.111	0.153	0.214	0.474			
Male											
Estimated age	No of samples	Mean otolith ring radius (mm)									
		R	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	
1	165	1.436	0.874								
2	166	1.840	0.884	1.505							
3	85	2.170	0.902	1.536	1.924						
4	19	2.453	0.893	1.475	1.893	2.237					
5	16	2.910	0.948	1.533	1.961	2.322	2.648				
6	10	2.900	0.907	1.465	1.868	2.190	2.498	2.754			
7	2	3.176	0.920	1.548	1.937	2.253	2.519	2.777	3.000		
Total	463	W.M	0.887	1.512	1.920	2.257	2.585	2.758	3.000		
		W.SD	0.108	0.100	0.103	0.107	0.116	0.090	0.018		

Table 3.1. Continued

Combined		Mean otolith ring radius (mm)									
Estimated age	No of samples	R	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>	r <sub>4</sub>	r <sub>5</sub>	r <sub>6</sub>	r <sub>7</sub>	r <sub>8</sub>	
		1	368	1.443	0.875						
2	360	1.836	0.892	1.521							
3	189	2.182	0.900	1.538	1.931						
4	36	2.436	0.889	1.487	1.896	2.232					
5	34	2.846	0.945	1.520	1.941	2.277	2.594				
6	13	2.955	0.919	1.504	1.905	2.233	2.545	2.808			
7	2	3.176	0.920	1.548	1.937	2.253	2.519	2.777	3.000		
8	1	2.900	0.671	1.008	1.342	1.624	1.792	2.091	2.554	2.769	
Total	1003	W.M	0.889	1.523	1.925	2.243	2.562	2.759	2.851	2.769	
		W.SD	0.110	0.103	0.107	0.130	0.166	0.226	0.258		

### 3.3.3 윤문형성시 역계산 전장의 추정

윤문형성시의 역계산 전장을 구하기 위해 이석경(R)과 전장간(TL)의 관계식을 추정  
한 결과 암컷은  $TL = 8.468R + 10.018$  ( $r^2=0.84$ ,  $n=557$ ,  $p<0.05$ ), 수컷은  
 $TL = 7.828R + 10.418$  ( $r^2=0.81$ ,  $n=480$ ,  $p<0.05$ )로 나타났으며 암수 전체는  
 $TL = 8.1178R + 10.297$  ( $r^2=0.81$ ,  $n=1037$ ,  $p<0.05$ ) 였다(Fig 3.6). 이석경과 전장간의  
상대성장에서 암수 간에 유의한 차가 있어(ANCOVA,  $p<0.05$ ) 암수를 분리하여 나타  
내었다.

윤문형성시의 체중을 추정하기 위해서 전장(TL)과 체중(BW)간의 상대성장식을  
추정하였다. 전장-체중 간의 상대성장식을 구하기 위해 먼저 전장과 체중간의 관계를  
그래프로 나타낸 결과 비선형의 관계임을 알 수 있었다. 따라서 전장과 체중을 대수  
선형화하여 최소자승법으로 관계식을 구하였다(Fig. 3.7). 그 결과 암컷은  
 $BW = 0.0100 TL^{3.0655}$  ( $r^2=0.9672$ ,  $n=1511$ ,  $p<0.05$ ), 수컷은  $BW = 0.0084 TL^{3.1207}$   
( $r^2=0.9752$ ,  $n=1322$ ,  $p<0.05$ )로 나타났으며 암수 전체는  $BW = 0.0094 TL^{3.0864}$   
( $r^2=0.97$ ,  $n=2828$ ,  $p<0.05$ )였다. 전장과 체중과의 상대성장에서 암수가 유의한 차가  
있는 것으로 나타났다(ANCOVA,  $p<0.05$ ).

윤문형성시의 역계산 전장을 추정하기 위해 윤경 측정치로부터(Table 3.1) 이석  
경(R)과 전장간(TL)의 관계식을 사용하여 역계산 전장을 추정하였다(Table 3.2). 이때  
암컷은 7세가 없었고 8세는 1마리가 출현하여 8세를 제외한 역계산 전장을 추정하였  
다.

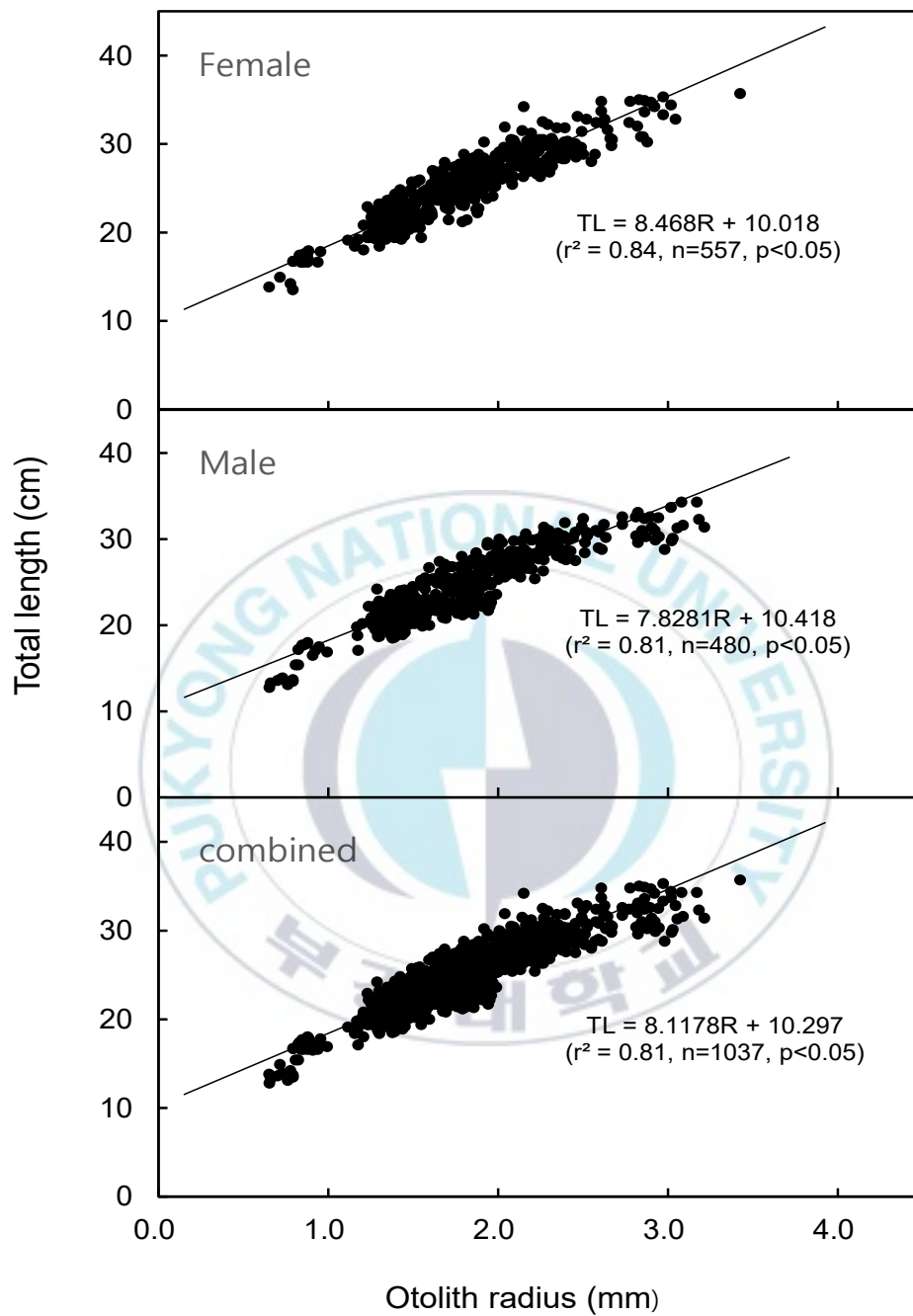


Fig. 3.6. Relationship between otolith radius and total length of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

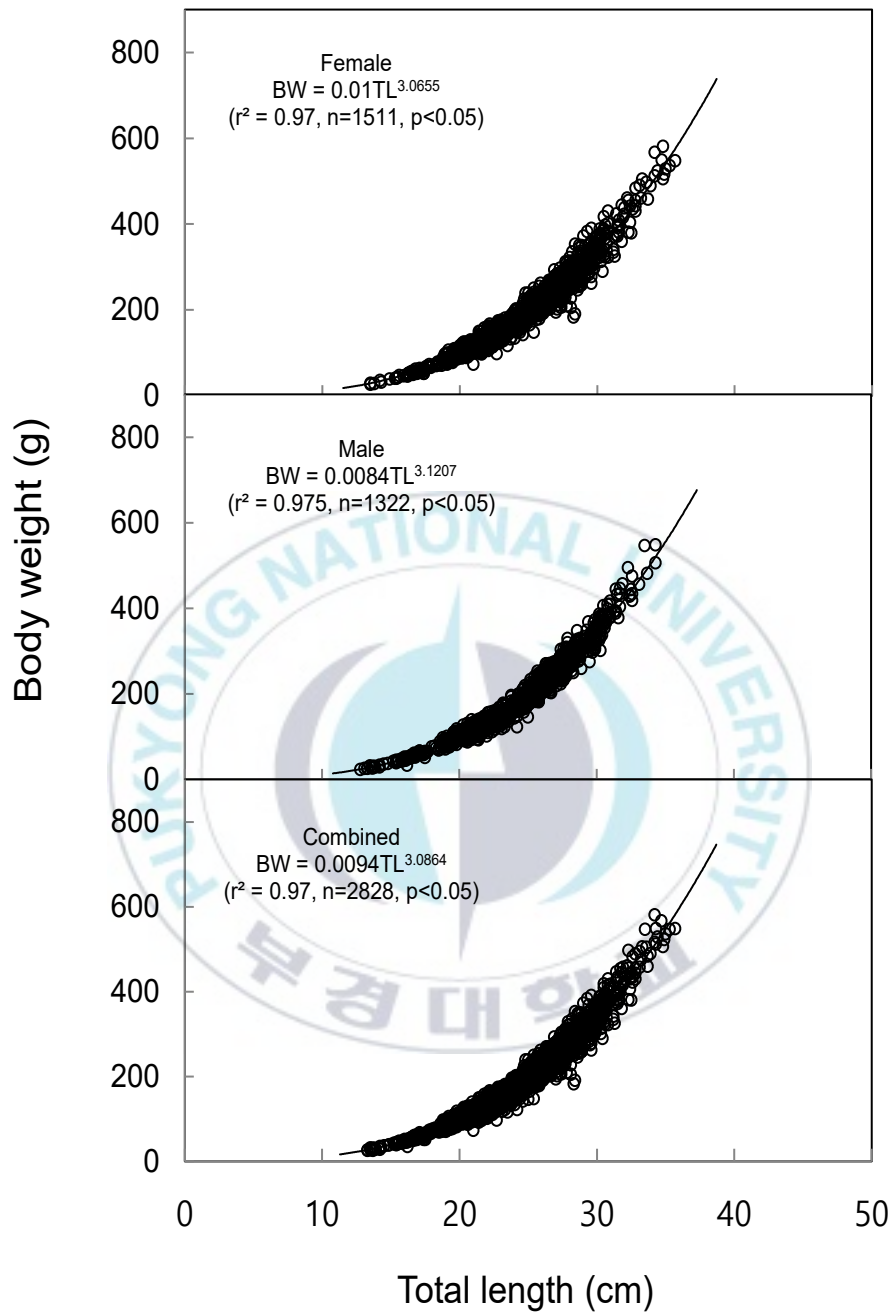


Fig. 3.7. Relationship between total length (cm) and body weight (g) of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

Table 3.2. Back-calculated total length at the formation annuli in otolith of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea,

Female								
Estimated age	No of samples	Back-calculated total length (cm)						
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
1	203	17.4						
2	194	17.6	23.0					
3	104	17.6	23.1	26.4				
4	17	17.5	22.7	26.1	28.9			
5	18	18.0	22.8	26.3	29.0	31.6		
6	3	18.1	23.9	27.2	30.2	32.9	35.3	
	weighted mean	17.6	23.0	26.4	29.0	31.8	35.3	
	weighted S.D.	0.74	1.73	2.09	2.46	3.37	3.80	
Male								
Estimated age	No of samples	Back-calculated total length (cm)						
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
1	165	17.3						
2	166	17.3	22.2					
3	85	17.5	22.4	25.5				
4	19	17.4	22.0	25.2	27.9			
5	16	17.8	22.4	25.8	28.6	31.1		
6	10	17.5	21.9	25.0	27.6	30.0	32.0	
7	2	17.6	22.5	25.6	28.1	30.1	32.2	33.9
	weighted mean	17.4	22.3	25.4	28.1	30.7	32.0	33.9
	weighted S.D.	0.17	0.24	0.26	0.37	0.52	0.09	

Table 3.2. Continued

Combined		Back-calculated total length (cm)						
Estimated age	No of samples	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
		1	368	17.4				
2	360	17.5	22.6					
3	189	17.6	22.8	26.0				
4	36	17.5	22.4	25.7	28.4			
5	34	18.0	22.6	26.1	28.8	31.4		
6	13	17.8	22.5	25.8	28.4	31.0	33.1	
7	2	17.8	22.9	26.0	28.6	30.7	32.8	34.7
	weighted mean	17.5	22.7	25.9	28.6	31.2	33.1	34.7
	weighted S.D.	0.65	1.46	1.76	2.03	2.68	2.69	1.81

### 3.3.4 성장식 추정

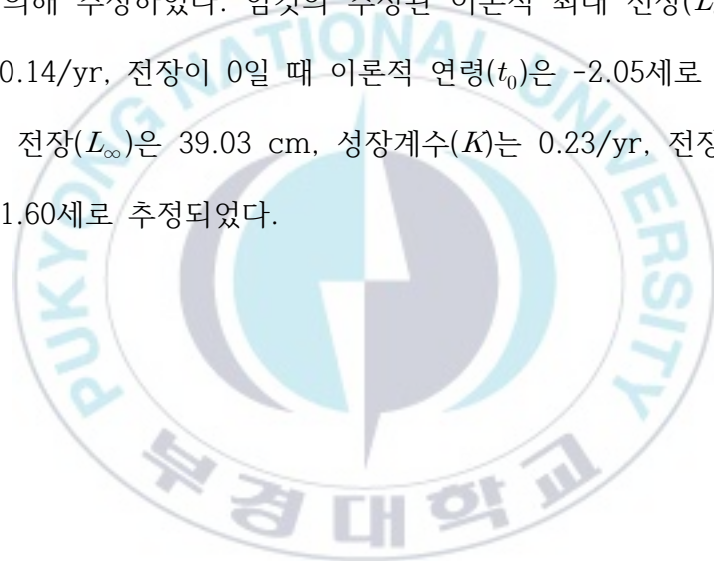
역계산 전장으로부터 von Bertalaffy 성장식을 추정하였으며 그 식은 다음과 같다(Fig.3.7).

$$\text{암컷은 } L_t = 51.18(1 - e^{-0.14(t+2.05)}),$$

$$\text{수컷은 } L_t = 39.03(1 - e^{-0.23(t+1.60)}),$$

암수를 합한 von Bertalaffy 성장식은  $L_t = 40.01(1 - e^{-0.23(t+1.56)})$ 으로 추정되었다.

성장식의 parameter는 Walford의 정차도법에 의해 구한 결과를 초기치로 하여 비선형 회귀분석에 의해 추정하였다. 암컷의 추정된 이론적 최대 전장( $L_\infty$ )은 51.18 cm, 성장계수( $K$ )는 0.14/yr, 전장이 0일 때 이론적 연령( $t_0$ )은 -2.05세로 나타났으며 수컷은 이론적 최대 전장( $L_\infty$ )은 39.03 cm, 성장계수( $K$ )는 0.23/yr, 전장이 0일 때 이론적 연령( $t_0$ )은 -1.60세로 추정되었다.



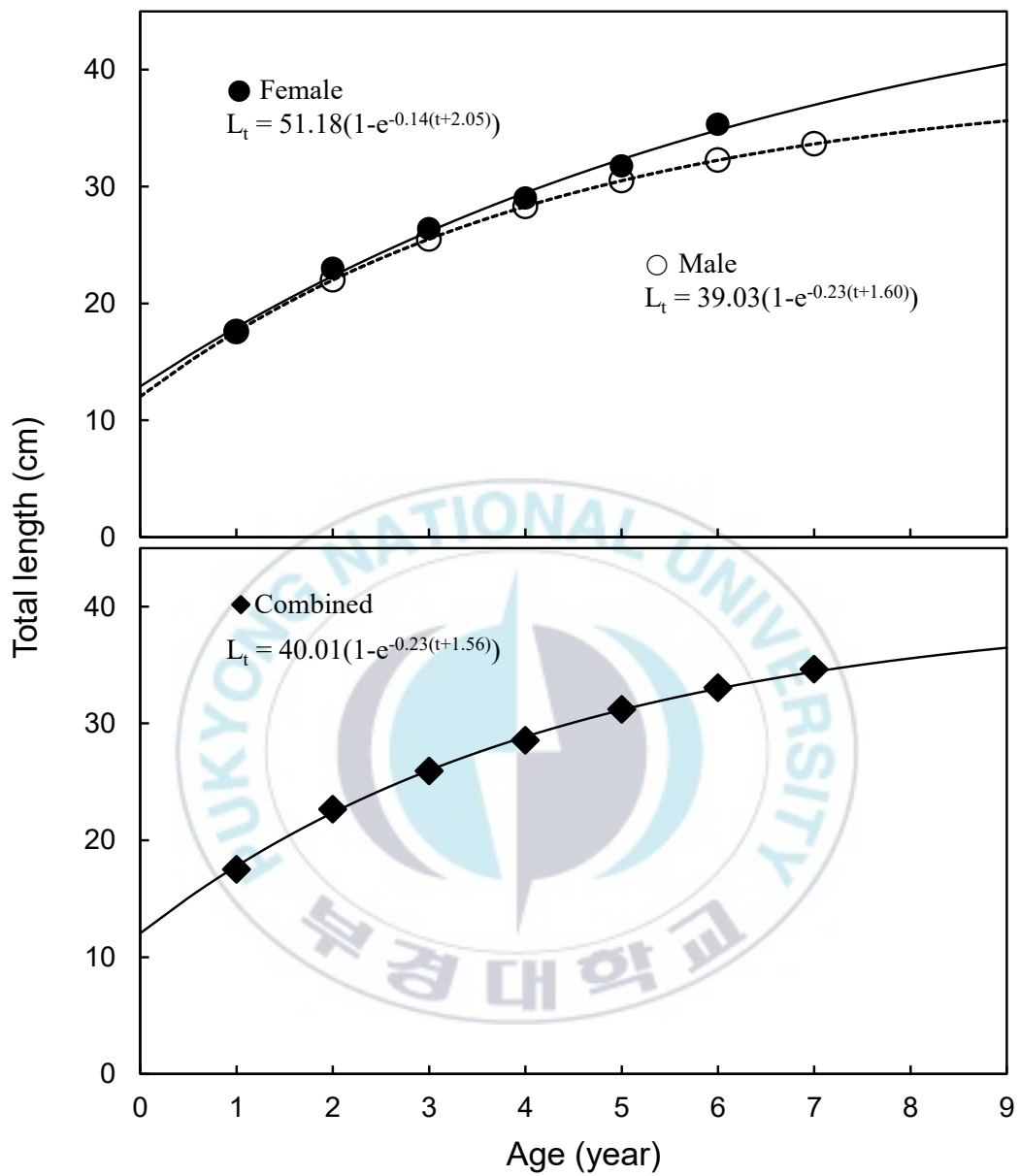


Fig. 3.7. The von Bertalanffy growth curve estimated from the non linear regression method of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

### 3.4 고찰

본 연구에서는 보구치의 연령과 성장을 파악하기 위하여 연령형질로 이석을 사용하였다. 어류의 연령형질로는 이석 또는 비늘을 주로 사용하는데 특히 비늘은 채취가 용이하고 표본 제작 과정이 편리하여, 이전 보구치의 연구에서도 비늘을 연령형질로 사용하여 왔다(Koo, 1971; Tzeng and Liu, 1972a; Kakuda and Matsmoto, 1977; Kwon et al., 1999). 그러나 비늘은 성장 과정에서 탈락하기가 쉽고 재생된 비늘은 그 개체의 생활사 및 전 성장 과정을 반영하지 못하는 단점이 있으며(Secor et al., 1995; Stolarski and Hartman, 2008) 또한 채취 부위에 따라 비늘의 크기나 모양이 달라서 측정하는데 많은 오차를 수반하는 단점이 있다. 또한 Kakuda and Matsmoto(1977)의 연구에 의하면 보구치 비늘에는 윤문이 1년에 2번 형성되며 특히 첫번째 윤은 잘 나타나지 않거나 구분하기가 힘들다고 하였다. 이에 반해 이석은 개체의 생활사 동안 생물학적, 환경적 요인을 잘 반영하여 연령 형질로 이용되고 있으므로 본 연구에서는 보구치의 연령 형질로 이석을 사용하였다.

어류의 성장은 여러 종류의 모델을 이용해 기술되는데 본 연구에서는 일반적으로 이용되는 von Bertalanffy 성장모델을 사용하였다. von Bertalanffy 성장식을 사용함에 있어서 매개변수를 구할 때 역계산한 전장을 사용하였으며 연령별 평균 윤경으로부터 역계산 전장을 추정할 때 가중평균을 적용하였다. 연령별 크기 별 개체수가 균등하지 못할 때는 역계산 체장 및 성장식에 오차를 줄이기 위해 가중 평균을 사용하는 것이 적절하므로(Yang et al., 2017) 본 연구에서도 연령에 따라 개체수의 차이가 커서 가중평균을 적용하였다.

한편 본 연구에서 연령은 실제로 8세까지 관찰되었으나 8세는 암컷에서 1마리 출현하였으며 성장이 매우 느린 개체로 성장식 추정에 있어서 과소평가 되는 경향을

나타내어 8세를 제외하고 성장식을 추정하였다.

각 연구에 사용된 연령 형질이 다르며 매개변수 추정 방법에 있어서도 차이가 있어 직접적인 비교는 불가능하여 성장률지수를 비교하였다(Table 3.3). 성장률지수( $\Phi$ )는 같은 어종에서 유사한 값을 나타내고 최대수명과 성장계수가 높을수록 지수 값이 상승한다(Munro and Pauly, 1983) 일본과 우리나라 인근 해역에서 어획된 보구치의 성장률 지수는 2.477-2.994였으며 성장계수(k)가 가장 크게 나온 Koo(1971)의 연구에서 성장률지수( $\Phi$ )가 2.994로 가장 높게 나왔고 성장계수 및 최대전장이 가장 낮은 Kwon et al.(1999)의 연구에서 가장 낮게 나타났다. 연령형질로 비늘을 사용한 Koo(1971)와 Kwon et al.(1999)의 연구 결과는 1세 때의 전장은 매우 낮고 최대연령 또한 5세까지 나타난 반면, 이석을 연령 형질로 사용한 Higuhi et al.(2003)와 본 연구에서는 1세 때의 전장이 다소 높았다. 최대연령 또한 Higuhi et al.(2003)의 연구에서는 6세, 본 연구에서는 8세까지 나타났으며 일본에서 이석을 이용한 또 다른 연구(Yamaguchi et al., 2004)에서는 10세까지 나타났다.

Zang et al.(1999a)은 보구치의 어획량이 1980년 중반까지 증가하였다가 1990년대에 급격히 감소하였으며 Kwon et al.(1999) 연구에서 소형어들이 많이 어획되고 추정 연령이 낮아 심각한 남획의 징후를 보인다고 보고하였다. 일반적으로 남획상태가 되면 자원이 감소함에 따라 상대적으로 먹이의 이용도가 높아져 성장률이 높고 성숙이 빨라져 연령별 전장이 증가하거나 성숙 연령이 낮아지는 경향이 있다고 한다(Zhang, 2012). 그러나 본 연구가 과거의 연구와 성장에서 나타나는 차이는 남획뿐만 아니라 각 연구의 연령형질에 따른 차이, 본 연구의 시기가 각각 20년 정도의 차이가 있어서 시간의 경과에 따른 어업환경, 어장의 위치 변화 또는 해양환경의 변화 등에 기인한 것으로 판단된다.

Table 3.3. Comparison in growth parameters ( $L_{\infty}$ ,  $K$ ,  $t_0$ ), growth performance indices( $\phi$ ) and total length at age of the white croaker *Pennahia argentata* with previous studies

References	study period	Sex	Remark	$L_{\infty}$ (cm)	$K$ (year <sup>-1</sup> )	$t_0$ (year)	$\Phi$	Age / Total length (cm)						
								1	2	3	4	5	6	7
Koo(1971)	1967-1969	Combined	Scale, back-calculated	34.77	0.816	0.374	2.994	13.9	25.6	30.7	33.0	34.0		
Kwon et al.(1999)	1997-1998	Combined	Scale, back-calculated	33.55	0.267	-0.924	2.477	14.3	18.8	22.3	24.9	26.9		
Higuchi et al. (2003)	2001-2002	Female	Otolith, back-calculated	31.20	0.384	-0.873	2.573	16.0	20.8	24.1	26.4	28.1	28.8	
		Male		29.40	0.360	-1.210	2.493	16.1	20.3	22.9	24.8	26.1	27.4	
Present study	2018	Combined	Otolith, back-calculated	40.01	0.230	-1.557	2.566	17.5	22.7	25.9	28.6	31.2	33.1	34.7
		Female		51.18	0.142	-2.048	2.570	17.6	23.0	26.4	29.0	31.8	35.3	
		Male		39.03	0.231	-1.597	2.546	17.4	22.3	25.4	28.1	30.7	32.0	33.9

## IV. 자원량 추정 및 평가

### 4.1 서론

1990년대부터 2000년대에 이르기까지 국내외 어업환경이 급변하면서 우리나라의 근해저인망어업은 많은 변화를 겪으며 어장이 대폭 축소 재편되고, 대대적인 감척이 있었으며, 특히 쌍끌이대형기선저인망어업의 변화가 가장 심하였다(Kim and Kim, 2004; Lee, 2011). 쌍끌이대형기선저인망어업에 의해 주로 어획되던 보구치의 어장분포도 역시 1990년대 이전에는 서해중부에서 동중국해 중부까지 남북으로 광범위하게 형성되었으나 1990년대에는 동서남북으로 축소되고, 2000년대에는 어장이 더욱 축소되면서 남해안으로 어장이 형성되는 변화를 겪었다(Baik et al., 1999; NIFS, 2017). 또한 어장이 남해안으로 연안 가까이 형성되면서 어업의 특성상 쌍끌이어업보다 외끌이어업에 의한 어획량의 비중이 커지게 되었다. 뿐만아니라 보구치의 어획량 역시 1990년대 이후 지속적으로 감소하였으며 2000년부터 2010년까지 보구치의 어획량은 1,000톤 미만이었다. 그러나 최근 수년간 보구치의 어획량이 증가하는 경향을 나타내고 있다.

한편, 보구치의 자원생태학적 특성치 및 자원평가와 관리방안에 관하여 1993년부터 1995년까지 대형쌍끌이어업에 의한 자료를 이용하여 연구되었으나(Zhang et al, 1999a; Zhang et al, 1999b) 약 20년이 지난 현재 어업환경의 변화에 따른 최근의 보구치 자원에 대한 재평가와 관리방안이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 남해안에서 보구치를 어획하는 어업 중 가장 많은 비중을 차지하는 외끌이대형저인망어업과 서남해구외끌이저인망어업에 의해 어획된 최근 3개년(2018-2020년) 어획 자료를 근거하여 자원생물학적 특성치를 추정하고 생체량을

기초로 한 코호트 분석법에 의한 연도별 연령별 자원량을 추정하였다. 또한 어획통계 자료와 자원생물학적 특성치 그리고 기타 생물학적 자료를 이용하여 보구치의 적정어획노력량, 적정어획개시연령 그리고 생물학적허용어획량 등에 관한 정보를 파악하여 보구치 자원의 합리적인 관리를 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.



## 4.2 재료 및 방법

### 4.2.1 성장파라미터 및 어획물의 연령조성

성장 파라미터는 제3장에서 추정된 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 암수를 합하여 구한 연령별 역계산 전장으로부터 추정하였다. 어획물의 연령조성은 3개년(2018~2020) 체장 조성 자료와 앞서 추정된 von Bertalanffy 성장식으로부터 연령별 평균 전장 그리고 각 연령별 표준편차를 사용하여 추정하였다. 전장조성자료는 2018년 1월부터 2020년 12월까지 외끌이대형저인망어업 또는 서남해구외끌이중형저인망어업에 의해 어획된 보구치를 매월 대,중,소 상자별로 구입하여 측정한 실측치를 각 체급별 체장 조성을 나타내고, 여기에 수협 위판자료를 이용하여 각 체급별 위판된 상자 수를 환산하여 나타낸 것이다(Table 4.1).

### 4.2.2 자원생물학적 특성치 추정

#### 가. 생잔율(S) 및 순간전사망계수(Z)

생잔율을 추정하기 위해 어획물의 연령조성 자료를 사용하였으며, 개체군이 평형상태에 있다는 가정을 전제하므로 인위적인 평형상태를 위해 3개년 연령조성을 산술 평균하여 평균치를 이용하였다. 생잔율 추정에는 어획물곡선법(Pauly, 1984)을 이용하였으며, 완전 가입연령 이상에 해당하는 연령조성자료로부터 추정하였다. 순간전사망계수(Z)는 생잔율 추정치  $S=e^{-Z}$ 을 다음과 같이 변환하여 추정하였다.

$$Z=-\ln S$$

Table 4.1 Length composition of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea (Number of individuals)

Total length (cm)	2018	2019	2020	Mean
12 - 13	2,901	0	0	967
13 - 14	34,809	0	20,913	18,574
14 - 15	20,305	9,847	38,034	22,729
15 - 16	58,014	20,924	50,607	43,182
16 - 17	134,995	64,482	116,480	105,319
17 - 18	88,190	87,447	124,077	99,905
18 - 19	39,494	73,684	131,304	81,494
19 - 20	161,521	100,676	302,457	188,218
20 - 21	330,311	178,300	310,368	272,993
21 - 22	297,579	180,384	176,584	218,182
22 - 23	131,871	107,393	65,776	101,680
23 - 24	39,227	107,766	34,198	60,397
24 - 25	12,006	106,410	13,284	43,900
25 - 26	5,424	67,436	7,125	26,662
26 - 27	3,278	21,771	3,841	9,630
27 - 28	2,649	2,004	2,758	2,470
28 - 29	2,199	1,984	1,265	1,816
29 - 30	1,305	1,209	536	1,017
30 - 31	768	992	414	724
31 - 32	994	569	431	665
32 - 33	167	595	187	316
33 - 34	60	195	161	138
34 - 35	91	90	102	94
35 - 36	25	130	105	86
36 - 37	0	7	20	9
37 - 38	0	2	7	3
38 - 39	0	0	0	0
39 - 40	0	0	10	3

#### 나. 순간자연사망계수(M) 및 순간어획사망계수(F)

순간자연사망계수(M)는 Zhang and Megrey (2006)에 의해 구하였으며 그 식은 다음과 같다.

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

여기서  $t_{mb} = C_i \times t_{max}$  이고  $C_i$  는 계수로서 부어류는 0.302, 저어류는 0.440으로 보구치는 저어류에 속하여 0.440을 사용하였다.  $K$ ,  $t_{max}$  그리고  $t_0$ 는 von Bertalanffy 성장식의 성장계수, 최대연령, 체장이 0일 때의 이론적 연령이며  $\beta$ 는 전장-전중 관계식의 상수이다.

순간전사망계수( $Z$ )와 순간자연사망계수( $M$ )를 이용하여 순간어획사망계수( $F$ )를 추정하였다.

$$F = Z - M$$

#### 다. 어장가입연령( $t_r$ ) 및 어획개시연령( $t_c$ )

어장가입연령은 연구 기간 동안 수집된 어체의 최소 전장을 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 연령으로 환산해서 어장가입연령( $t_r$ )으로 정하였다.

어획개시연령(50% 어구가입연령,  $t_c$ )은 망목시험을 통해서 추정해야 하지만 망목시험에 의한 자료를 사용하는 것이 불가능하여 어획물의 체장조성자료(Table 4.1)와 앞서 추정한 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 변형한 식에서 Pauly method을 적용하여 추정하였다.

#### 4.2.3 연도별 연령별 자원량 추정

보구치의 연도별 연령별 자원량을 추정하기 위해 생체량을 기초로 한 코호트분석

법을 사용하였다. 즉, 마지막 연도의 모든 연령에 대한 자료와 모든 연도의 최고 연령 부터 최소 연령 까지 역추정으로 연도별 연령별 자원중량을 계산하는 방식으로 연도별 연령별 어획량자료와 순간자연사망계수(M), 마지막 순간어획사망계수(terminal F) 추정치가 입력자료로 사용되며 추정식은 다음과 같다(Zhang, 2012; Choi et al., 2004; Sohn et al., 2013).

먼저 마지막 연도의 연령별 자원량은 다음의 식에 의해 추정하였다.

$$B_{ij} = C_{ij} \frac{F_{ij} + M - G_j}{F_{ij} \{1 - \exp(-(F_{ij} + M - G_j))\}} \quad \text{식 (1)}$$

모든 연도별 최고령어의 자원량은 다음과 같다.

$$B_{ij} = \frac{C_{ij} (F_{ij} + M - G_j)}{F_{ij}} \quad \text{식 (2)}$$

식 (1), (2)로부터 구한 마지막 연도의 모든 연령, 모든 연도의 최고 고령어를 제외한 자원 중량은 다음과 같다.

$$B_{ij} = B_{i+1, j+1} \exp(M - G_j) + C_{ij} \exp\left(\frac{M - G_j}{2}\right) \quad \text{식 (3)}$$

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

식 (3)으로 구한 연도별 연령별 자원량으로부터 전 연령에 대한 순간어획사망계수는 아래 식에 의해 추정하였다.

$$F_{ij} = \ln \frac{B_{ij}}{B_{i+1, j+1}} - M + G_j \quad \text{식 (4)}$$

연령별 순간성장률  $G_j$ 는 본 연구에서 추정된 연령별 전장으로부터 전장-체중간의 관계식을 이용하여 연령별 체중을 구한 후, 다음 식으로 구하였다.

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

순간자연사망계수와 마지막 순간어획사망계수는 본 연구에서 추정된 값을 이용하였다. 이때 마지막 어획사망계수의 경우 모두 동일한 값을 사용했으므로, 식 (4)에 의해 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  $F$ 로부터 연령별 선택비  $S(a)$ 를 구해서 마지막 연도의  $F$ 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  $F$ 값으로부터 연도별 어획강도비  $f(t)$ 를 구해서 모든 연도의 마지막 연령의  $F$ 값을 보정하였다. 이와 같이 보정된 값들을 다시 입력자료로 사용하여 연도별 연령별 자원량 및 어획사망계수를 추정하였다.

#### 4.2.4 어획량 동향

보구치의 어획량 동향은 KOSIS(Korean Statical Information Service, 2020)와 국립수산과학원 자료(NIFS, 2017)를 이용하였다.

KOSIS에서 보구치에 대한 통계는 1993년 이후부터 어획량 자료를 확인할 수 있었으며 그 이전의 자료는 국립수산과학원 쌍끌이대형저인망 표본조사에 의한 자료를 확인할 수 있었다. 따라서 1993년 이전은 수산과학원의 자료를 이용하였으며 93년 이후는 KOSIS의 자료를 활용하여 1980년대 이후 연도별 어획량의 변화를 확인하였다. 업종별 어획량은 KOSIS에서는 2006년 부터 확인이 가능하였으며 2005년 이전은

국립수산과학원 자료(NIFS, 2017)를 활용하였다. 월별 어획량의 변화는 KOSIS의 자료를 활용하였다.

#### 4.2.5 최대지속적생산량(MSY)과 MSY시의 어획노력량( $f_{MSY}$ ) 추정

보구치 자원은 외끌이대형저인망어업(LDS), 서남해구외끌이중형저인망어업(SWDS), 쌍끌이대형저인망어업(LPT), 서남해구쌍끌이중형저인망어업(SWPT), 근해자망어업(OGN), 연안자망어업(CGN), 연안복합어업(CCF)외 기타어업(OTH)에 의해 어획되며, 각각 약 20.8%, 10.6%, 5.8%, 6.1%, 9.1%, 9.7%, 11.6%, 26.3%의 비율로 어획된다. CPUE를 구하는데 각 어업별로 어획노력량의 단위가 상이하므로 단일어업으로 가장 큰 비율을 차지하는 외끌이대형저인망어업을 기준으로 환산하였다. 먼저 외끌이대형저인망어업의 연도별 어획량( $C_{LDS}$ )과 마력( $F_{LDS}$ , HP)을 확인한 후 단위노력당어획량( $U_{LDS}$ ,  $MT/HP$ )을 구하였다. 보구치를 어획하는 외끌이대형기선저인망을 제외한 7개 업종의 연도별 어업별 어획량을 외끌이대형저인망어업의 연도별 단위노력당어획량( $U_{LDS}$ )으로 나누어 7개 업종의 노력량(HP)을 구한 후 연도별 외끌이대형저인망어업의 어획노력량과 합한 것을 각 연도별 어획노력량( $F_T$ )으로 하였다. 각 연도별 보구치의 전체 어획량( $C_T$ )을 추정된 어획노력량( $F_T$ )으로 나누어 각 연도별 단위노력당어획량(CPUE,  $U_T$ )를 구하였으며 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$U_{LDS} = \frac{C_{LDS}}{F_{LDS}} \quad (1)$$

$$F_{LDS} = \frac{C_{LDS}}{U_{LDS}}, F_{SWDS} = \frac{C_{SWDS}}{U_{LDS}}, F_{LPT} = \frac{C_{LPT}}{U_{LDS}}, F_{SWPT} = \frac{C_{SWPT}}{U_{LDS}}, F_{OGN} = \frac{C_{OGN}}{U_{LDS}},$$

$$F_{CGN} = \frac{C_{CGN}}{U_{LDS}}, F_{CCF} = \frac{C_{CCF}}{U_{LDS}}, F_{OTH} = \frac{C_{OTH}}{U_{LDS}} \quad (2)$$

$$F_T = F_{LDS} + F_{SWDS} + F_{LPT} + F_{SWPT} + F_{OGN} + F_{CGN} + F_{CCF} + F_{OTH} \quad (3)$$

$$C_T = C_{LDS} + C_{SWDS} + C_{LPT} + C_{SWPT} + C_{OGN} + C_{CGN} + C_{CCF} + C_{OTH} \quad (4)$$

$$U_T = \frac{C_T}{F_T} \quad (5)$$

최대지속적생산량(MSY)과 최대지속어획노력량( $f_{MSY}$ )을 추정하기 위하여 Schaefer(1954)와 Fox(1970)를 사용하였다. 먼저 Schaefer model은 다음과 같다.

$$Y^* = U_\infty \cdot f - (U_\infty \cdot \frac{q}{r}) f^2$$

여기서,  $Y^*$ 는 연간평균생산량,  $U_\infty$ 는 최대단위노력당 어획량,  $q$ 는 어획능력계수,  $r$ 은 자원의 내적증가율,  $f$ 는 어획노력량이다. 위 식을  $f$ 에 대해 미분하면

$$\frac{dY^*}{df} = U_\infty - 2[U_\infty (\frac{q}{r})]f$$

가 되며 최대치를 구하기 위해  $\frac{dY^*}{df} = 0$ 일 때  $f = \frac{r}{2q}$ 이 되고  $Y^* = U_\infty (\frac{r}{4q})$ 이 된다.

이때의  $Y^*$ 가 최대지속적생산량(MSY)이고  $f$ 가 최대지속어획노력량 ( $f_{MSY}$ )이다.

다음으로 Fox model은 다음과 같다.

$$Y^* = U_\infty \exp(-\frac{q}{r})f$$

위 식을  $f$ 에 관해 미분하여 최대치를 구하기 위하여  $\frac{dY^*}{df} = 0$ 으로 놓고, 그때의 어획노력량( $f$ )과 연간평균생산량( $Y^*$ )를 구하면  $f = \frac{r}{q}$ ,  $Y^* = U_\infty \frac{r}{eq}$ 이 되며, 이때의  $Y^*$ 가 최대지속적생산량(MSY)이고  $f$ 가 최대지속어획노력량( $f_{MSY}$ )이다.

#### 4.2.6 적정어획사망계수 및 적정어획개시연령의 추정

##### 가. Beverton and Holt model에 의한 추정

보구치자원의 적정어획사망계수 및 적정어획연령을 추정하기 위하여 Beverton and Holt (1957)을 사용하였으며 그 식은 다음과 같다.

$$\frac{Y}{R} = F e^{-M(t_c - t_r)} W_\infty \sum_{n=0}^3 \frac{U_n e^{-nK(t_c - t_0)}}{F + M + nK} (1 - e^{-(F + M + nK)(t_m - t_c)})$$

여기서,  $\frac{Y}{R}$ : 가입당생산량,  $U_0 = 1$ ,  $U_1 = -3$ ,  $U_2 = 3$ ,  $U_3 = -1$ 이며 von Bertalanffy 성장식의 성장파라미터에서 이론적 최대체중( $W_\infty = 827.80g$ ), 성장계수( $K = 0.230$ ), 체장이 0일 때의 이론적 연령( $t_0 = -1.557$ ), 어장가입연령( $t_r = 0.119$ ), 어구가 입연령( $t_c = 1.188$ ) 및 최고연령( $t_m = 9$ 세)를 사용하였다.

##### 나. $F_{0.1}$ 에 의한 추정

$F_{0.1}$ 은 어획이 없을 때의 가입당생산량곡선에 대한 기울기의 10%에 해당하는 순간 어획사망계수를 의미하며 두 가지 방법으로 추정하였다. 먼저 Beverton and Holt model을 순간어획사망계수에 대해 미분하여 다음 식을 구한 후, 그 결과의 10%에 해당하는 값으로서 추정하였다.

$$\begin{aligned} \frac{d(Y/R)}{R} &= e^{-M(t_c - t_r)} W_\infty \sum_{n=0}^3 \left\{ \frac{U_n (M + nK) e^{-nK(t_c - t_0)}}{(M + F + nK)^2} \right. \\ &+ \left. \frac{e^{-(F + M + nK)(t_L - t_c)}}{(F + M + nK)^2} \cdot [(t_L - t_c)F^2 + (M + nK)(t_L - t_c)F - (M + nK)] \right\} \end{aligned}$$

다음은 Deriso(1987)에 의해 제안된 방법으로,  $F_{0.1}$ 방법을 Beverton and Holt(1957)의 이론에 적용하면 가입당 생산량을 최대화하는 고유의 어획개시 체장이

존재하므로 이와 관련된 두 개의 매개변수(어획개시체장과  $F_{0.1}$ 값)는 각각의 수산자원 생물의 고유 특성치인  $\frac{M}{K}$ (순간자연사망개수와 성장계수의 비)에 따라 결정된다. 따라서 이 값을 사용하여 한 자원의 적정개발률( $E_{0.1}$ )과 적정가입체장 등을 구할 수 있다 (Zhang, 2012). 먼저 적정개발률( $E_{0.1}$ ) 추정식은 다음과 같다.

$$E_{0.1} = \exp(-0.400 - 0.263(\frac{M}{K}) + 0.079(\frac{M}{K})^2 - 0.009(\frac{M}{K})^3)$$

다음으로 적정가입체장( $L_{opt}$ )을 추정하기 위하여 적정가입체장비( $C_{opt} = L_{opt}/L_{\infty}$ )를 다음 수식으로 구한다.

$$C_{opt} = \exp(-0.072 - 0.392(\frac{M}{K}) + 0.063(\frac{M}{K})^2 - 0.006(\frac{M}{K})^3)$$

위의 수식에서 M과 K는 앞에서 추정된 자연사망계수 0.351/year와 성장계수 0.230/year을 사용하였으며,  $F_{0.1}$ 은 다음의 식을 사용하여 추정하였다.

$$F_{0.1} = E_{0.1} \times \frac{M}{1 - E_{0.1}}$$

#### 다. 가입당 산란자원량 모델에 의한 추정

가입당 산란자원량 모델에 의하여 주어진 가입연령에 대해서 어획이 전혀 없을 때 산란자원량을 기준으로 하여, 그 산란자원량의 35%와 40%를 유지할 수 있는 순간어획사망계수의 값  $F_{35\%}$ 와  $F_{40\%}$ 을 추정하였다.

$$\frac{SB}{R} = m_i e^{-M(t_c - t_r)} W_{\infty} \sum_{n=0}^3 \frac{U_n e^{-nK(t_c - t_0)}}{(F + M + nK)} (1 - e^{-(F + M + nK)(t_m - t_c)})$$

여기서, SB (Spent Biomass)는 산란자원량을 의미하며 이 식에 사용된 연령별 성숙비(m) 외 모든 값은 위의 Beverton and Holt model 식에서와 동일한 것을 사

용하였다. 위의 식에서 사용된 연령별 성숙비는 1세 0.28, 2세 0.7, 3세 0.89, 4세 0.96, 5세 이상 1.0을 사용하였다.

#### 라. 생물학적허용어획량(ABC)의 추정

보구치의 생물학적허용어획량을 이용 가능한 정보의 질적 수준에 따른 단계별 ABC의 추정시스템을 이용하여 추정하였다(Zhang and Lee, 2001). 본 연구에서는 보구치의 정보 수준에 따라서 3단계의 관리 수준을 이용하였다. 3단계 추정법은 다음 식과 같다.

$$ABC = \frac{B \times F_{0.1}}{M + F_{0.1}} \times (1 - e^{-(M + F_{0.1})})$$

여기서  $B$ 는 최근년도의 자원량,  $F_{0.1}$ 은 어획이 없을 때의 생산량 곡선의 기울기가 10%가 되는 기울기에 해당되는 어획사망계수,  $M$ 은 순간자연사망계수이다.

## 4.3 결과

### 4.3.1 성장파라미터 및 어획물의 연령조성

보구치의 전장과 전중에 대한 암수 통합된 von Bertalanffy 성장식은 다음과 같으며 이로부터 이론적 최대 전장( $L_{\infty}$ )은 40.01 cm, 이론적 최대체중( $W_{\infty}$ )은 827.80 g, 성장계수(K)는 0.23/year, 체장이 0일 때의 이론적 연령( $t_0$ )은 -1.56세였다(Table 4.2).

$$L_t = 40.01(1 - e^{-0.23(t+1.56)}),$$

$$W_t = 827.80(1 - e^{-0.23(t+1.56)})^{3.0864}$$

2018년부터 2020년까지 3개년의 어획물 전장조성과 앞서 구한 von Bertalanffy 성장식의 매개변수를 이용하여 추정된 연령조성은 Table 4.3과 같으며 개체수가 가장 많은 1세를 전환 연령 0세로 설정하였다.

### 4.3.2 자원생물학적 특성치 추정

#### 가. 생산율(S) 및 순간전사망계수(Z)

2018~2020년까지 3개년 어획물 연령조성자료를 사용하여 Pauly(1984)의 방법으로 생산율(S)을 추정한 결과 생산율은 0.36으로 추정되었다. 생산율의 변환식( $Z = -\ln S$ )에 의해 추정된 순간전사망계수(Z)는 1.019/year 이었다.

#### 나. 순간자연사망계수(M) 및 순간어획사망계수(F)

보구치의 순간자연사망계수(M)는 Zhang and Megrey (2006)에 의해 추정하였으며, 앞서 추정한 von Bertalanffy 성장식의 파라미터와 3장에서 추정한 전장-전중간의 관계식의 상수 3.0864 그리고 최대연령은 9세를 적용한 결과 0.351/year였다

Table 4.2 Results of parameters estimated for growth equation of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Parameters	Female	Male	Pooled
$L_{\infty}$ (cm)	51.18	39.03	40.01
$W_{\infty}$ (g)	1735.28	777.13	827.80
K (year <sup>-1</sup> )	0.14	0.23	0.23
$t_0$ (year)	-2.05	-1.60	-1.56

Table 4.3 Age composition of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Age	Number of individuals			Mean
	2018	2019	2020	
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

(Table 4.4). 순간어획사망계수(F)는  $F = Z - M$  에 의해 0.668/year 였다.

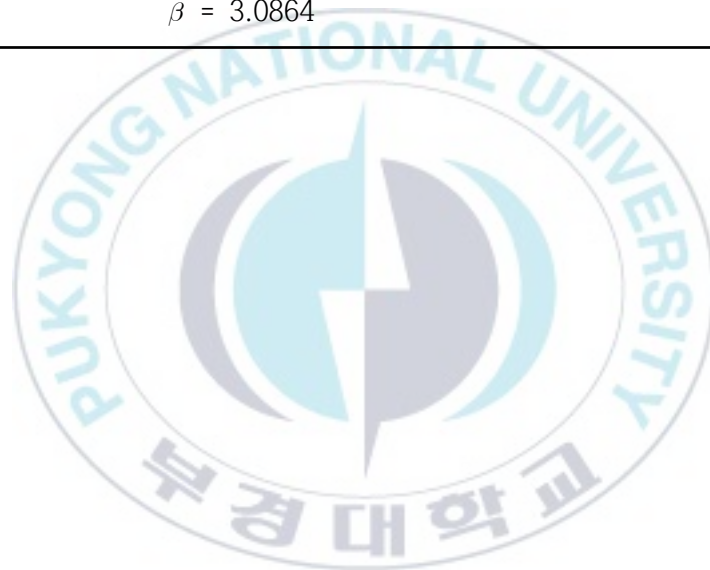
#### 다. 어장가입연령( $t_r$ ) 및 어획개시연령( $t_c$ )

어장가입연령은 본 연구 기간동안 수집된 보구치의 최소 전장은 12.8 cm 였으며 von Bertalanffy 성장식을 이용하여 연령으로 환산한 결과 0.12세였다. 어획개시연령 (또는 50% 어구가입연령,  $t_c$ )은 전장조성 자료(Table 4.1)와 von Bertalanffy 성장식의 매개변수를 이용하여 연령조성으로 변환하여 Pauly의 어획물곡선법으로 추정된 결과 1.19/year 였으며 이때의 전장은 18.7cm 였다(Fig 4.1)



Table 4.4 Estimation of instantaneous coefficient of natural mortality(M) and fishing mortality(F) of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Method	Input date	Estimation of M	Estimation of F
Zhang and Megrey	$K = 0.230$	0.351	0.668
	$t_{\max} = 9$		
	$t_0 = -1.557$		
	$\beta = 3.0864$		



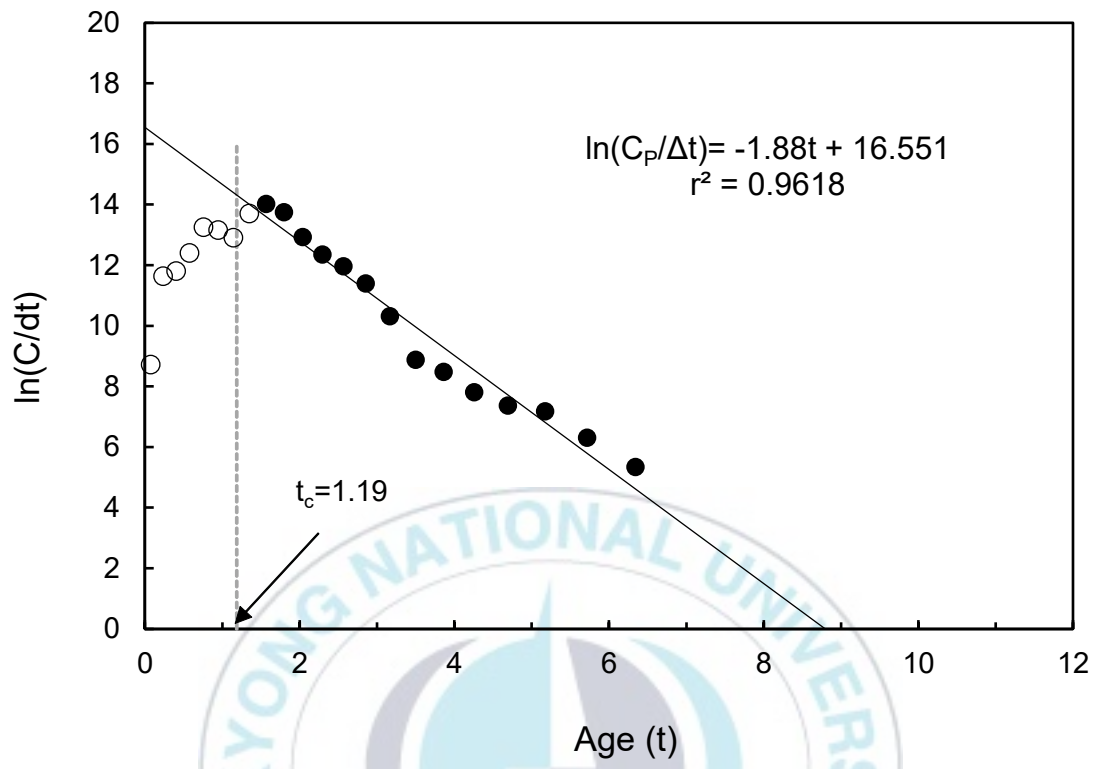


Fig. 4.1 Estimation of the selection ogive of the white croaker *Pennahia argentata* from the length converted catch curve using the Pauly method (1984).

### 4.3.3 연도별 연령별 자원량 추정

보구치의 자원량을 추정하기 위하여 먼저 연령별 순간성장율을 구하였다. 연령별 평균 전장을 전장-체중 관계식을 이용하여 연령별 체중으로 전환한 후 순간성장율을 구하였다(Table 4.5).

1997-2020년 연도별 연령별 마지막 순간어획사망계수를 구하기 위해 먼저 연령별 순간어획사망계수를 구하였다. 1차 추정된 순간어획사망계수로부터 마지막 해의 전 연령을 제외한 연령별 평균  $F(\text{Mean } F'(a))$ 와 이로부터 추정된 연령별 선택비  $(S(a))$ , 연령별로 보정된 마지막  $F$ 를 나타내었다(Table 4.6). 다음은 모든 연도의 마지막 연령을 제외한 연도별  $F(\text{Mean } F_t)$ 와 이로부터 추정된 연도별 어획강도비  $(f(t))$ 와 보정된 마지막 연도별  $F_t$ 를 나타내었다(Table 4.7). 연도별 순간어획사망계수의 변화를 보면(Fig. 4.2), 1999년부터 가파르게 상승하여 2000년에는 1.117/year로 높게 나타났으나 이후 2006년까지 가파르게 감소한 후 다시 약간의 변동은 있으나 비교적 낮은 값을 유지하는 것으로 보인다.

생체량을 기초로한 코호트 분석에 의해 추정된 보구치의 1997년부터 2019년까지 연도별 자원량과 대형외끌이 어업으로 구한 보구치의 마력당 어획량(CPUE) 자료를 나타낸 결과(Fig. 4.3), 보구치 자원량은 1997년부터 1999년까지 3000톤 가까이 머무르다가 2000년 이후 급속히 감소하여 2004년 약 700톤으로 최저로 줄어든 후 다시 서서히 증가하는 경향을 나타내고 있다. 보구치 어획량의 가장 많은 비중을 차지하는 대형외끌이 어업의 연도별 CPUE의 변화와 자원량의 변화 양상은 유사하게 나타났다.

연령별 자원량은 1세가 전체 약 35.7%를 차지하여 가장 많았고 다음으로 2세가 약 34.8%를 차지하였으며 3세는 16.5%로서 1세에서 3세까지 전 연령군의 86.9%를 차지하였다. 특히 1세와 2세는 전체의 70.4%를 차지하였다. 4세부터는 10% 이하의 낮은 수준을 나타내었으며, 특히 고연령어로 갈수록 자원량이 급격히 줄어들어 7, 8

세는 각각 0.7%와 0.1%로 매우 적은 양을 차지하였다(Fig. 4.4). 즉 고 연령어일 수록 생존율은 매우 낮았으며 연령별 자원량에서 탁월연급군은 출현하지 않은 것으로 나타났다.



Table 4.5 Estimated instantaneous growth rate (G) of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Age	$L_i(\text{cm})$	$W_i(\text{g})$	$G_i(/yr)$
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 4.6 Tuned instantaneous rate of fishing mortality by age of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Age	Mean $F_t$	$s(a)$	$F^*(a)$
1	0.3389	0.460	0.3071
2	0.8237	1.117	0.7464
3	0.7944	1.078	0.7198
4	0.5986	0.812	0.5424
5	0.4990	0.677	0.4521
6	0.5877	0.797	0.5325
7	1.5183	2.059	1.3757
8	0.7372	1.000	0.668

Table 4.7 Tuned instantaneous rate of fishing mortality by year of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Year	Mean Ft	f(t)	F`t
1997	0.6876	0.9326	0.6230
1998	0.7245	0.9828	0.6565
1999	0.9835	1.3340	0.8911
2000	1.2332	1.6727	1.1174
2001	1.0392	1.4096	0.9416
2002	1.0885	1.4764	0.9862
2003	0.9315	1.2635	0.8440
2004	0.7209	0.9778	0.6532
2005	0.5736	0.7780	0.5197
2006	0.5031	0.6824	0.4558
2007	0.6361	0.8629	0.5764
2008	0.6747	0.9152	0.6114
2009	0.6057	0.8216	0.5488
2010	0.6266	0.8500	0.5678
2011	0.6387	0.8663	0.5787
2012	0.6401	0.8683	0.5800
2013	0.5282	0.7164	0.4786
2014	0.6263	0.8495	0.5675
2015	0.7230	0.9807	0.6551
2016	0.6970	0.9454	0.6315
2017	0.6476	0.8783	0.5867
2018	0.6537	0.8867	0.5923
2019	0.7733	1.0489	0.7007
2020	0.7372	1.000	0.668

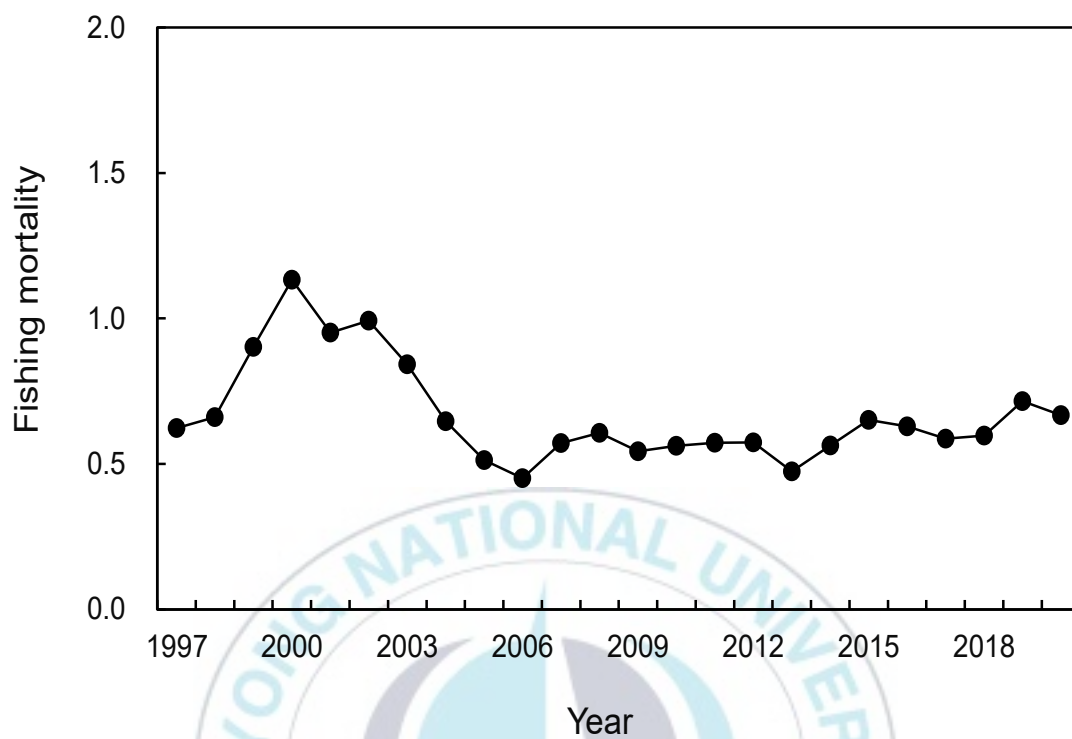


Fig. 4.2 Annual changes in fishing mortality of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

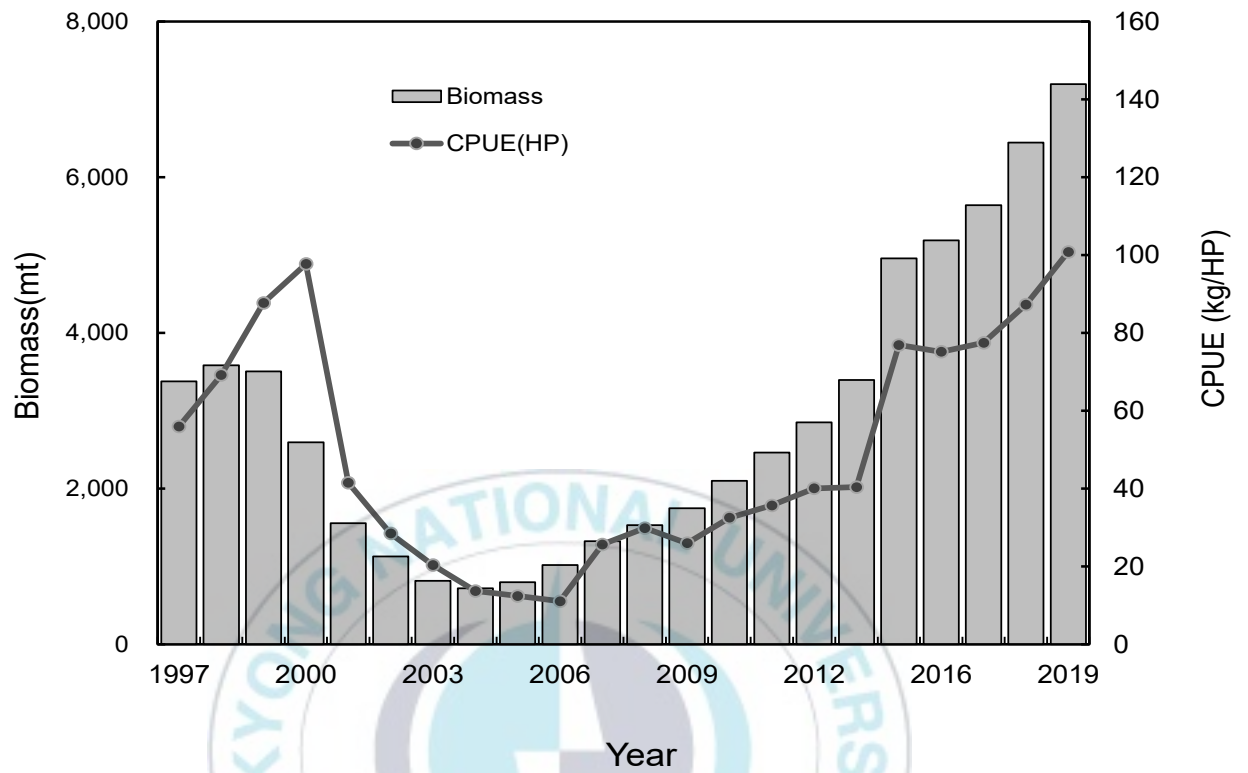


Fig. 4.3 Annual change in biomass(mt) and CPUE of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

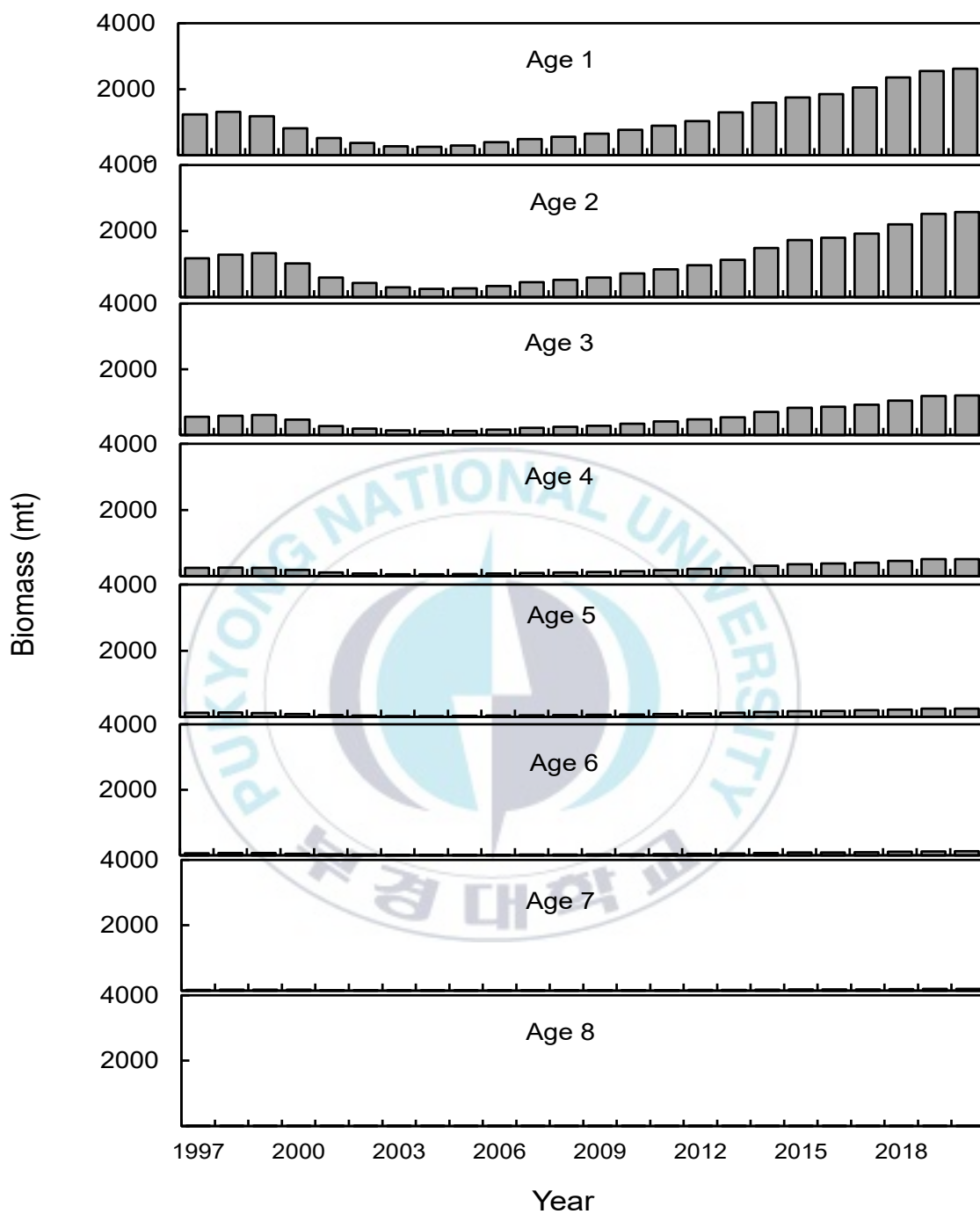


Fig. 4.4 Annual change in biomass by age of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

#### 4.3.4 어획량 동향

보구치의 연도별 어획량 변동을 살펴보면(Fig. 4.5) 1980년대에는 어획량이 급격히 증가하여 1984년 9,492톤으로 최고치를 나타낸 이후 지속적인 감소 추세를 보였으며 2005년에는 287톤으로 최저치를 나타내었다. 2005년 이후부터는 다소 증가하는 추세를 보이며 최근 3,000톤의 수준을 유지하고 있는 상태이다.

보구치의 업종별 연도별 어업 현황을 살펴보면(Fig. 4.6, Table 4.8) 전체 어업 중 저인망어업이 43%를 차지하였다. 특히 저인망어업 중에서 대형외끌이저인망어업이 46%를 차지하였으며 다음으로 서남구중형외끌이저인망어업이 28%를 차지하였다. 저인망어업 외에는 연안복합어업이 15%를 차지하였으며 다음으로 연안자망어업, 근해자망어업 순이었다. 그 외 기타 어업이 15%를 차지하였는데 1997년부터 2019년까지 총 누적 어획량이 1,000톤 미만인 경우 기타 어업으로 간주하였다. 기타 어업에는 다양한 어업이 포함되어 있으나 시기에 따라서 다소 업종에 차이가 있었으며 특히 2007년 이후부터는 정치망, 근해연승, 근해채낚기 어업에서도 보구치 어획량이 증가하였으나 이는 2006년 이전에는 어업별 어획량을 세분화하지 않고 기타 어업으로 기록이 되어있었으며 2006년 이후부터 어업별로 상세하게 세분화되어 어획통계량이 기록되었기 때문인 것으로 판단된다.

월별어획량을 살펴보면(Fig. 4.7) 1997년부터 2019년까지 누적하여 월별로 어획량을 확인하였다. 2월은 어획 일수가 적은 것을 감안한다면 7월과 8월이 가장 어획량이 적었으며 9월부터 어획량이 서서히 상승하여 11월부터 12월 그리고 1월까지 어획량이 가장 많았다. 월별 어획량의 변화를 업종별로 살펴보기 위해 최근 5년간(2016-2020년) 업종별 어획량을 월별로 집계하였다(Fig. 4.8). 1월부터 4월까지 저인망어업의 비율이 약 50%를 차지하였으나 5월부터 저인망 어업의 비율이 줄어들기 시작하여 6월과 7월에 가장 낮아진다. 8월이 되면 다시 저인망어업의 비율이 다소 높아

지기 시작하여 9월 이후 다시 40% 이상을 차지하게 된다. 연안복합어업과 근해자망어업도 저인망어업과 비슷한 양상을 보이는 반면 연안자망어업과 기타어업은 5월부터 어획량이 증가하기 시작하여 6월부터 8월까지 각각 30% 이상을 차지한다. 특히 기타어업에는 정치망어업에 의한 어획량이 많은 부분을 차지하고 있었다. 이러한 결과는 보구치의 산란시기와 일치하는데, 보구치가 산란기가 되면 연안으로 이동하면서 주로 연안에서 어획 활동이 이루어지는 어업에 의해 어획되기 때문인 것으로 판단된다.



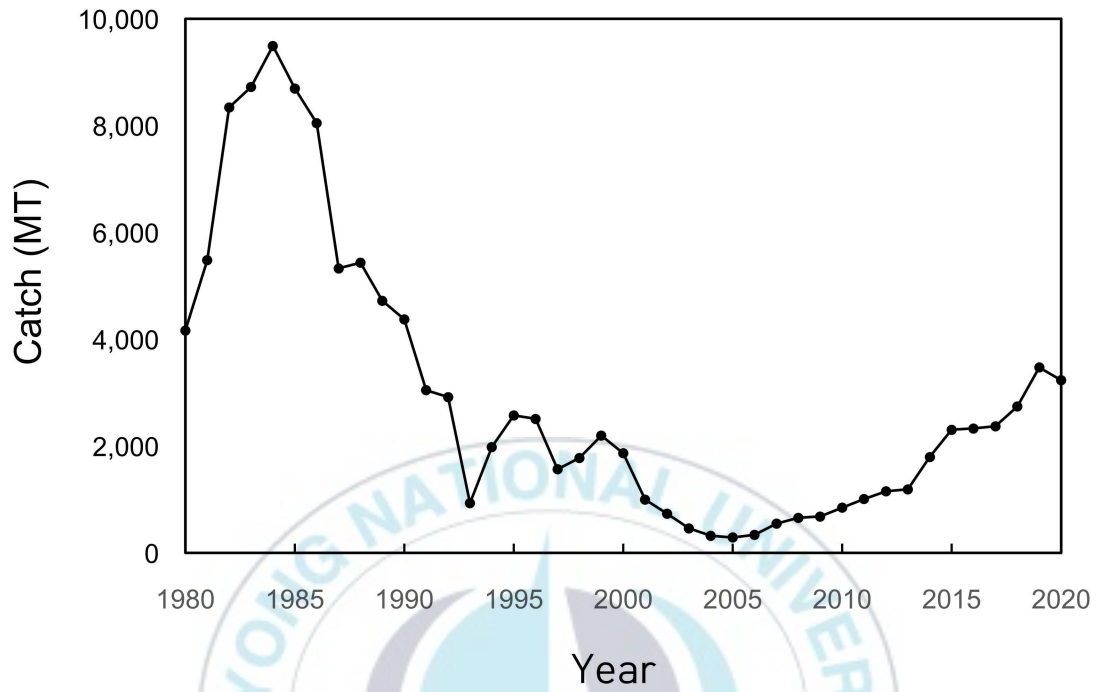


Fig. 4.5 Annual change of the catch of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

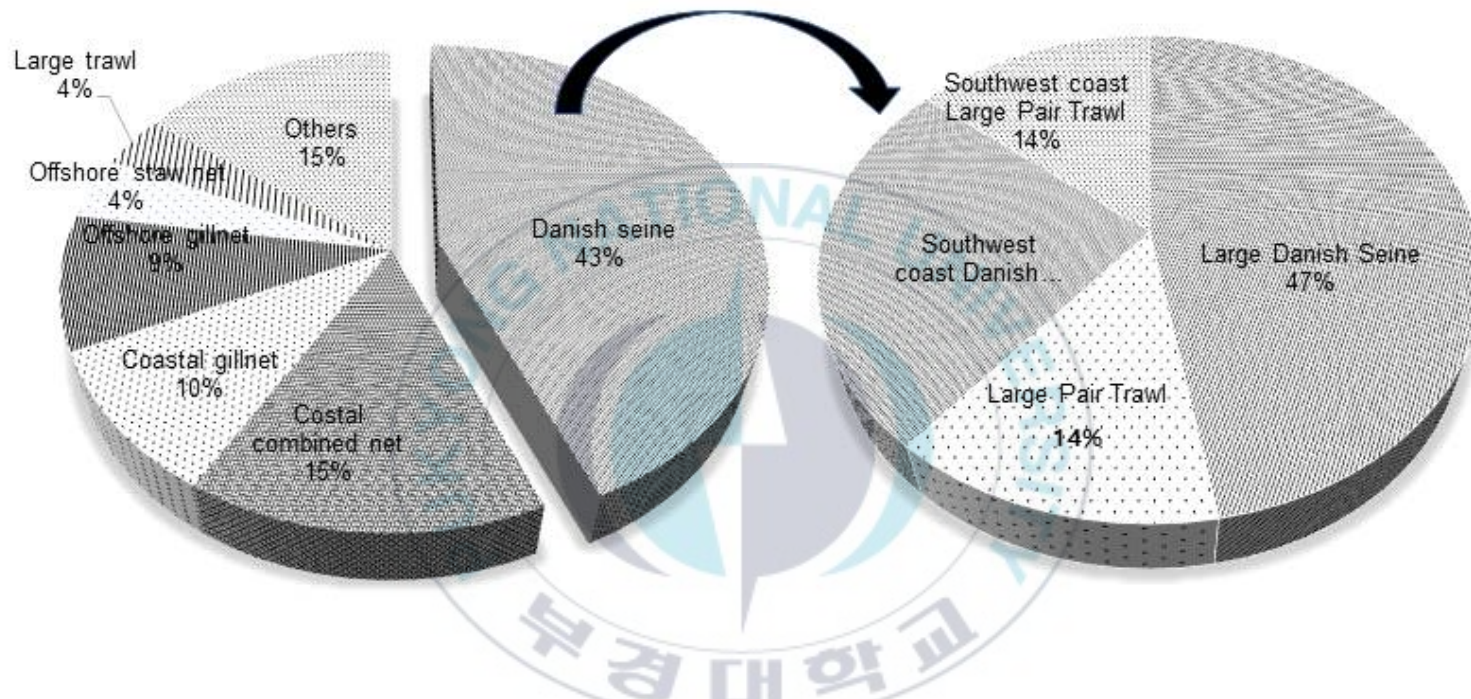


Fig. 4.6 The catch rate by fishery of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

Table 4.8 Annual catches of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Year	Large Danish Seine	Large Pair Trawl	Southwest coast Danish Seine	Southwest coast Pair Trawl	Coastal gillnet	Offshore gillnet	Costal combined fishery	Large trawl	Offshore staw net	Others	Total
1997	355	114	296	50	40	45	308		183	174	1,565
1998	547	62	242	39	109	106	185		222	265	1,777
1999	681	55	306	55	29	328	117		142	483	2,196
2000	645	36	264	44	65	322	145		101	242	1,864
2001	363	10	74	17	24	141	98		51	220	998
2002	300	7	22	8	22	60	100		20	195	734
2003	195	9	21	7	7	23	102		11	85	460
2004	134	11	15	6	2	23	95		0	34	320
2005	94	11	12	7	6	30	105		1	21	287
2006	77	30	13	1	10	36	91	1	3	76	338
2007	58	61	13	3	15	50	221	4	4	118	547
2008	52	61	9	94	81	88	165	9	0	97	656
2009	105	49	42	63	94	51	178	28	4	68	682
2010	99	75	22	160	118	43	168	57	3	101	846
2011	61	150	33	200	240	37	157	26	16	87	1,007
2012	100	135	27	153	318	55	198	9	36	121	1,152
2013	155	206	31	170	162	62	233	5	42	124	1,190
2014	310	143	203	113	173	130	355	95	63	211	1,796
2015	363	194	349	110	281	197	361	121	70	260	2,306
2016	494	209	301	135	203	240	387	42	77	242	2,330
2017	328	181	375	180	260	197	331	185	72	262	2,371
2018	431	36	372	169	479	317	181	156	82	517	2,740
2019	561	24	418	144	341	268	499	406	134	676	3,471

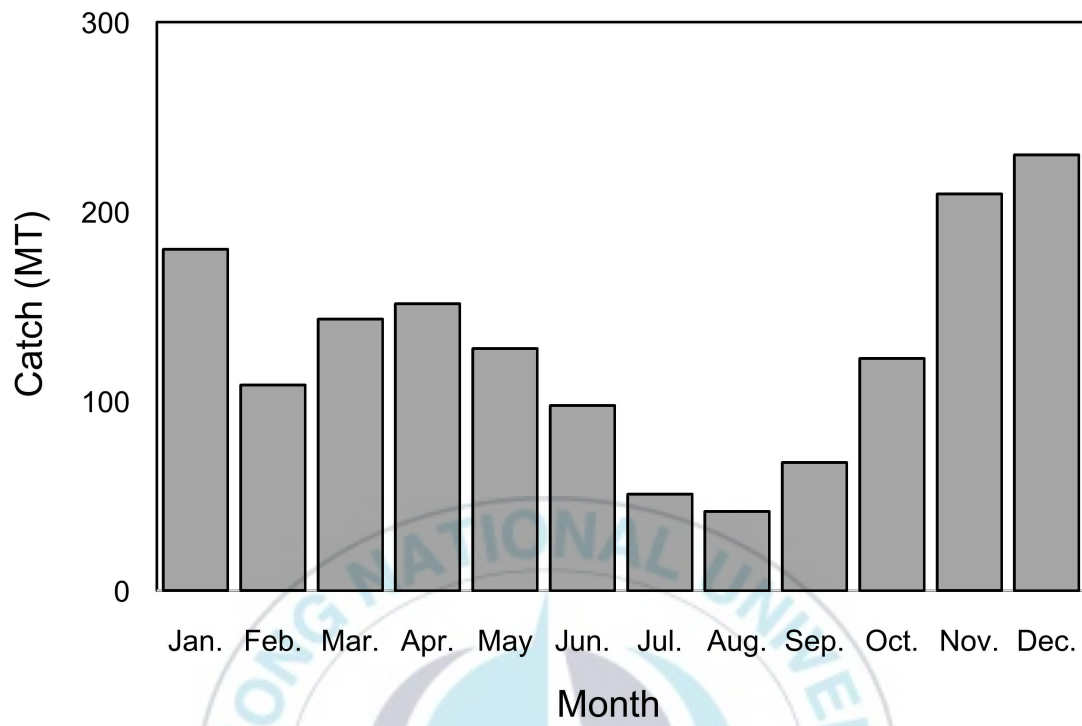


Fig. 4.7 Monthly catches of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

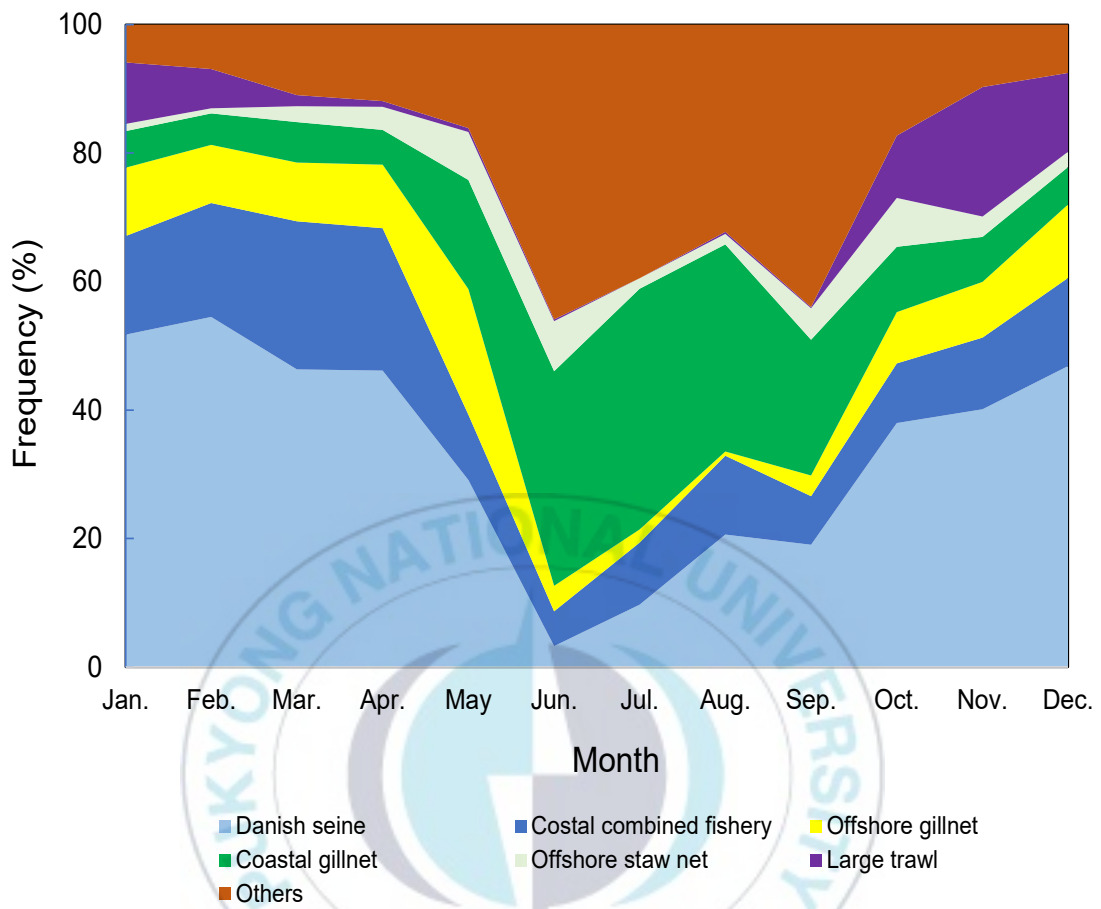


Fig. 4.8 Monthly change of the catch rate by fishery of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

#### 4.3.5 최대지속적생산량(MSY)과 MSY시의 어획노력량( $f_{MSY}$ ) 추정

1997년부터 2019년까지 보구치의 연도별 어획량과 어획노력량(HP)을 이용하여 단위노력당어획량(CPUE)을 추정하였다(Table 4.9). CPUE의 연도별 변화를 살펴보면 1997년부터 2000년까지는 계속 증가하여 33.81 kg/HP로 높은 값을 보이다가 2001년부터 2013년까지는 급격히 감소하였다. 2003년부터 2013년까지는 10kg/HP 이하의 값을 나타내고 있으며 2011년은 2.16kg/HP로 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 이후 2015년부터 다시 상승하는 경향을 나타내었다.

1997년부터 2019년까지 한국 남해안 보구치의 최대지속적생산량(MSY)을 추정하기 위해 Schaefer model과 Fox model을 사용하였다. 먼저 각 model에 적용하기 위해 어획노력량과 단위노력당어획량과의 관계를 분석해 본 결과 음의 직선적 관계로 나타났으며 회귀분석 결과 Schaefer model의 상관계수( $r^2=0.4912$ ,  $p<0.05$ )보다 Fox model의 상관계수( $r^2=0.5653$ ,  $p<0.01$ )가 높은 것으로 나타났다(Fig. 4.9).

Schaefer model에서 최대지속적생산량(MSY)은 1,875 MT, 최대지속어획노력량( $f_{MSY}$ )은 215,932 HP으로 나타났다(Fig. 4.10). Fox model에서 최대지속적생산량은 1,336 MT이고 이때의 최대지속어획노력량은 218,660 HP였다(Fig. 4.11). Schaefer model에 비해 Fox model에 의한 최대지속적생산량이 약 500톤 정도 낮게 나타났다. 최근 2017-2019년의 어획량 및 어획노력량과 추정된 최대지속어획량과 최대지속어획노력량을 비교하여 보면 3개년 모두 어획노력량은 비슷한 수준이나 어획량은 Schaefer model로 추정된 최대지속적생산량의 1.5배~2배 정도 더 많았으며 Fox model로 추정된 최대지속적생산량(MSY)보다 1.5~3배를 상회하는 것으로 나타났다.

Table 4.9 Catch (MT) and CPUE (kg/HP) of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Year	Catch(MT)	CPUE(kg/HP)
1997	1,565	12.69
1998	1,777	21.29
1999	2,196	27.20
2000	1,864	33.81
2001	998	15.09
2002	734	11.64
2003	460	8.63
2004	320	5.73
2005	287	4.07
2006	338	2.52
2007	547	2.72
2008	656	2.37
2009	682	4.00
2010	846	3.81
2011	1,007	2.16
2012	1,152	3.48
2013	1,190	5.26
2015	2,306	12.10
2016	2,330	15.93
2017	2,371	10.72
2018	2,740	13.73
2019	3,471	16.29

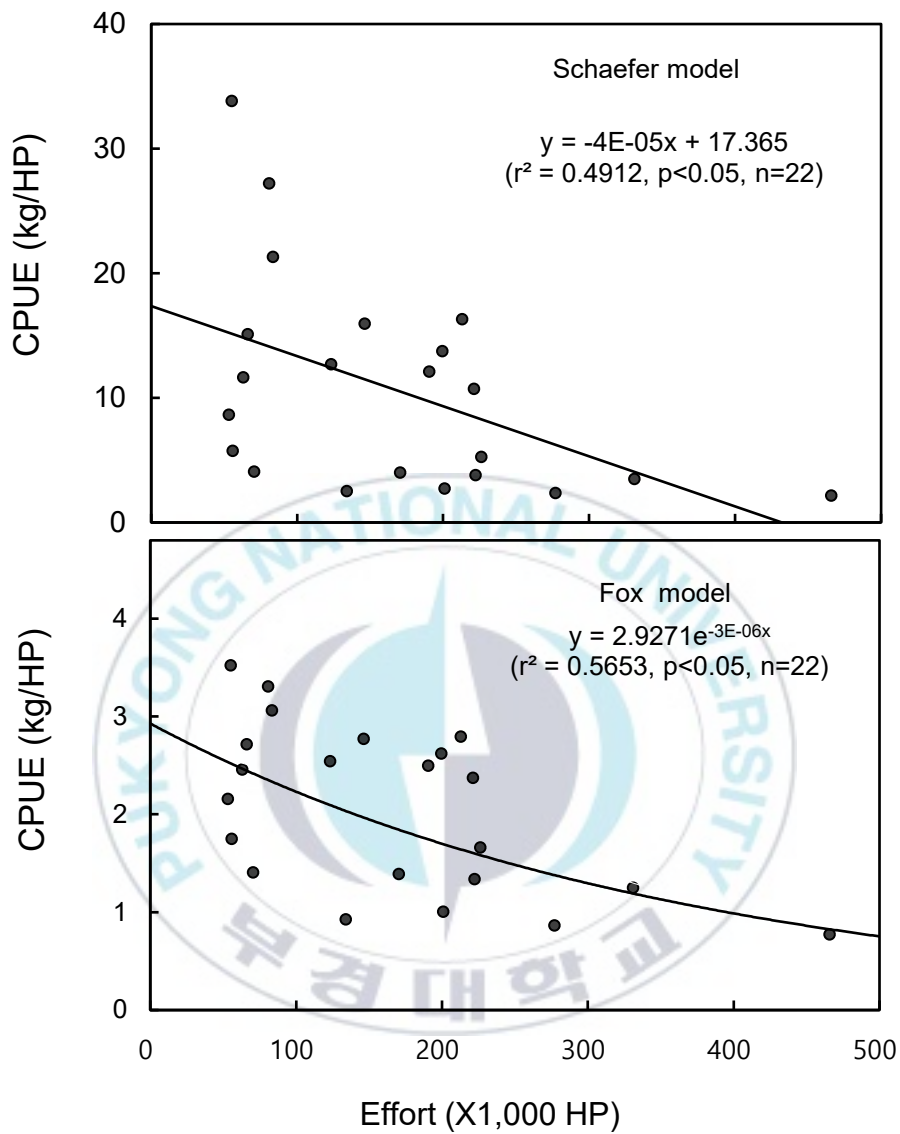


Fig. 4.9 Relationship between fishing effort and catch per HP for the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea.

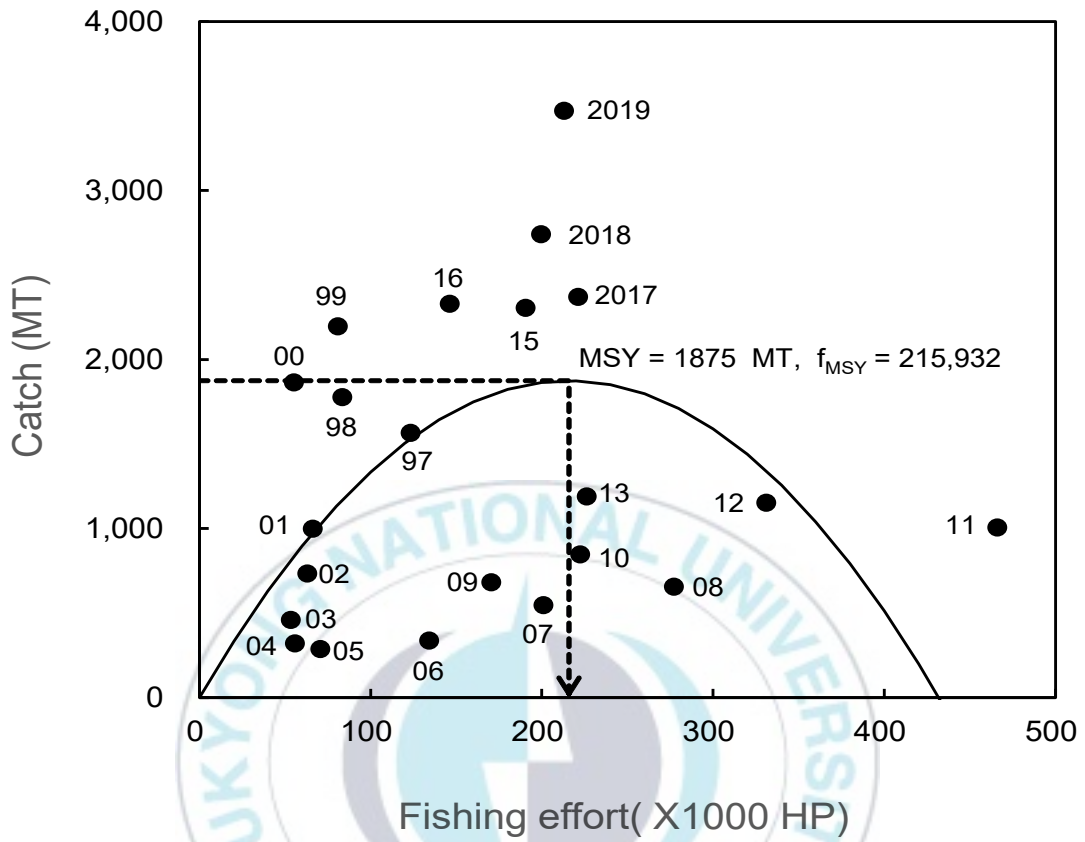


Fig. 4.10 Relationship between yield and fishing effort of the white croaker *Pennahia argentata* by Shaefer model in the Southern Sea of Korea.

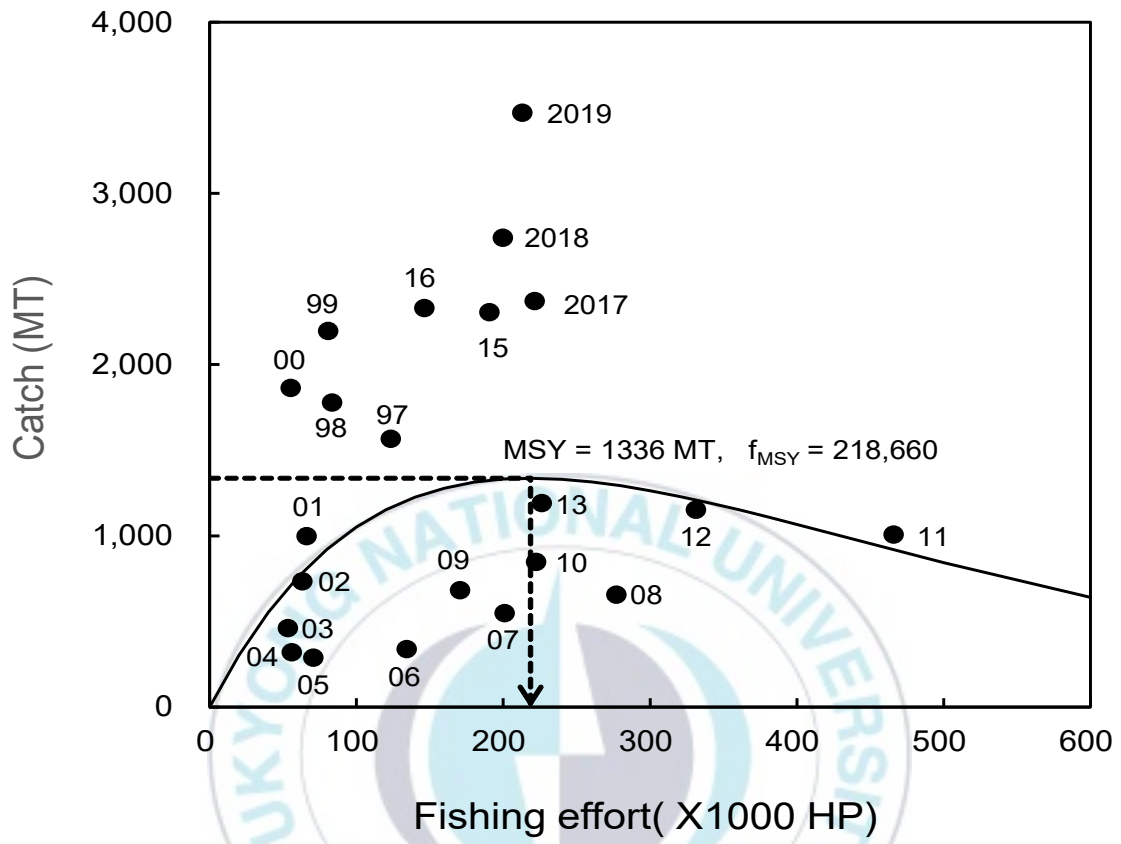


Fig. 4.11 Relationship between yield and fishing effort of the white croaker *Pennahia argentata* by Fox model in the Southern Sea of Korea.

#### 4.3.6. 적정어획사망계수 및 적정어획연령의 추정

##### Beverton and Holt model에 의한 추정

Beverton and Holt model에 의해 여러 수준의 순간어획사망계수(F)에 대한 가입당생산량( $Y/R$ )과 어획개시연령( $t_c$ )과의 관계를 살펴보았다(Fig. 4.12). 현재의 어획개시연령( $t_c$ )이 1.188세이고 순간어획사망계수(F)가 0.668/year일 때 가입당생산량은 71.9g임을 나타내고 있으며 현재의 어획개시연령에서 순간어획사망계수를 높일수록 가입당생산량은 오히려 감소하게 된다. 현재의 순간어획사망계수 0.668/year를 유지하면서 어획개시연령을 1.188에서 2.1세로 높이면 가입당생산량은 75.9g으로 최대의 값을 얻을 수 있다.

여러 수준의 어획개시연령( $t_c$ )에 대한 순간어획사망계수(F)와 가입당생산량( $Y/R$ )간의 관계를 살펴보면(Fig. 4.13). 현재의 순간어획사망계수를 0.668/year를 유지할 때 어획개시연령을 2세로 하면 가입당생산량이 가장 높은 수준을 유지할 수 있으나 어획개시연령을 3세로 높이면 오히려 가입당 생산량은 감소하는 것을 알 수 있다. 현재의 어획개시연령에서는 순간어획사망계수를 줄이더라도 가입당 생산량은 크게 증가하지는 않는 것으로 나타났다.

어획개시연령과 순간어획사망계수간의 변화에 따른 가입당 생산량의 변동을 검토하기 위하여 등생산량곡선을 구하였다(Fig. 4.14). 선 AA'는 주어진  $t_c$ 에 따라 최대의 가입당생산량을 산출하는 점들을 연결한 선이며 BB'는 F 값에 따라 최대 가입당생산량을 산출하는 점들을 연결하는 선으로 적정어획곡선이라 부른다. 점 P는 현재의 어획개시연령과 순간어획사망계수를 나타내고 있으며 어획개시연령이 적정수준 이하에 있는 것으로 나타났다. 현재 수준의 어획강도에서 어획개시연령을 2.1세 정도로 높이면 가입당 생산량은 최대로 증가하게 된다.

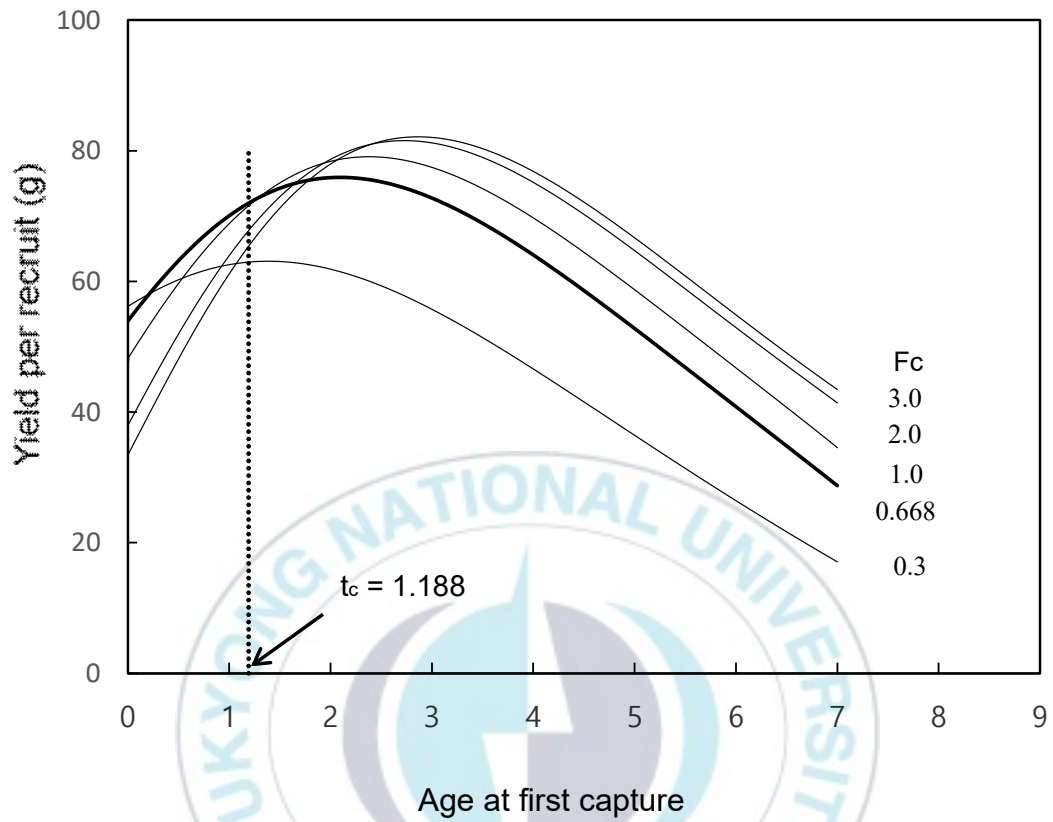


Fig. 4.12 Yield per recruit curve of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea. Y/R against the age at first capture ( $t_c$ ) for various fishing mortalities (F).

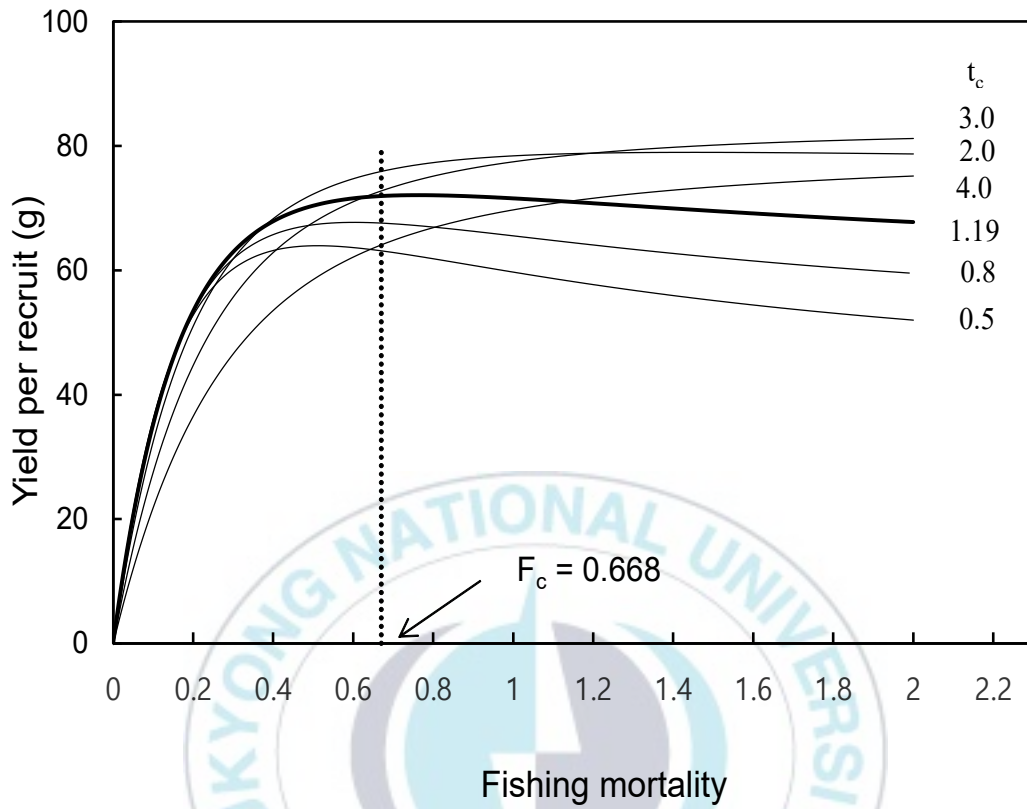


Fig. 4.13 Yield per recruit curve of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea. Y/R against fishing mortalities (F) for various ages at first capture ( $t_c$ ).

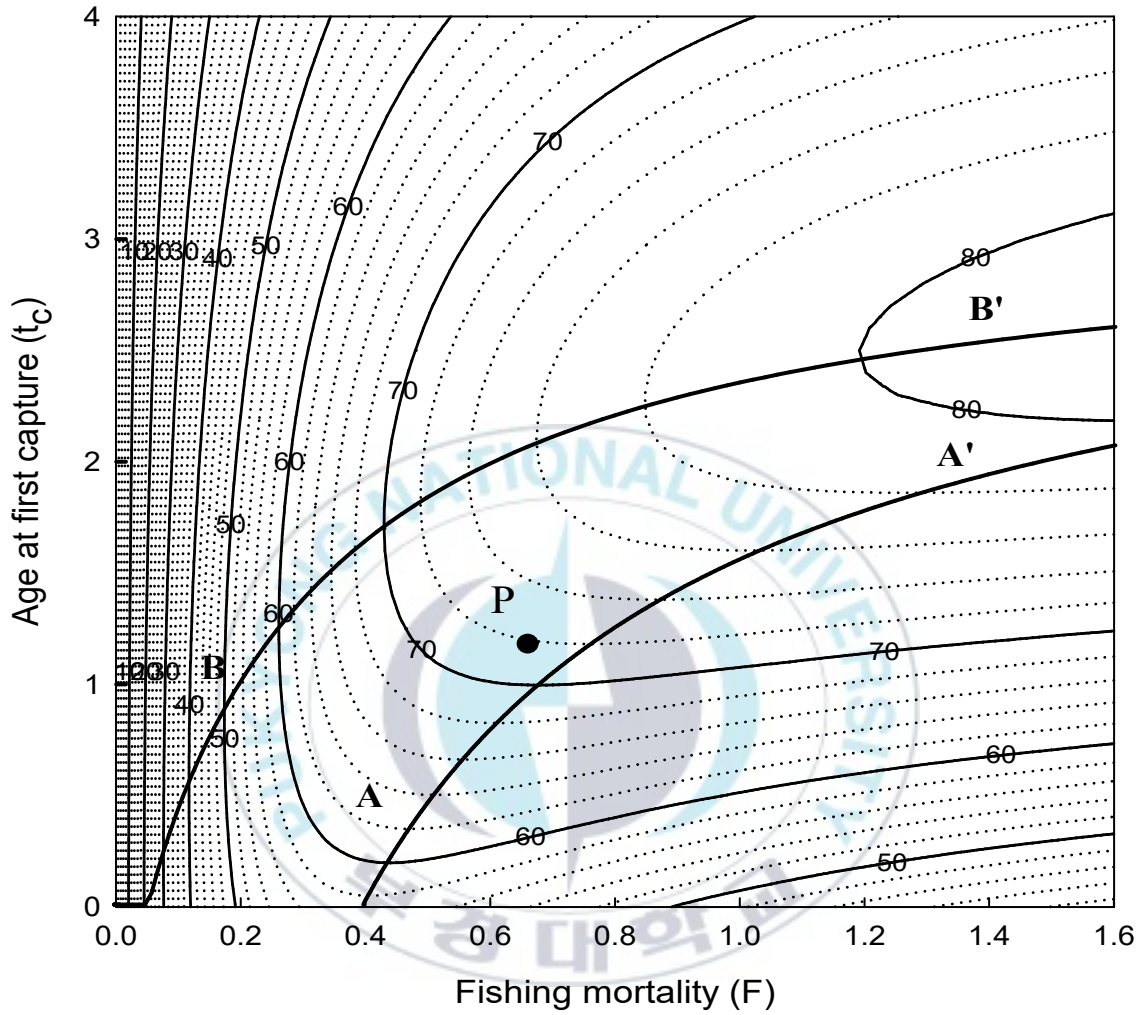


Fig. 4.14 Yield isopleths for white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea. P represents the current state of fishing mortality (F) and age at first capture ( $t_c$ ).

### 적정 $F_{0.1}$ 추정

Beverton and Holt model을 순간어획사망계수에 대해 미분한 식을 이용해서 추정한 1세부터 8세까지의  $F_{0.1}$ 와  $F_{MAX}$ 값을 비교해 보았다(Table 4.11). 추정된 어획 개시연령 약 1세 때의  $F_{0.1}$ 은 0.20/year로 현재의 순간어획사망계수 0.668/year에 비해 상당히 낮은 것으로 나타났다.  $F_{MAX}$ 의 값에 의하면 어획개시연령이 3세 때 가입당생산량이 가장 많은 82.47g 으로 나타났고  $F_{0.1}$ 은 1세 때 가입당생산량이 가장 많은 것으로 추정되었다..

Deriso 모델에 의해 추정된 적정개발율( $E_{0.1}$ ) 0.5224를 이용하여 추정한  $F_{0.1}$ 은 0.38/year로 추정되었으며 현재의 순간어획사망계수보다 낮게 나왔다. 또한  $C_{opt}$ 는 0.580으로  $C_{opt} = L_{opt}/L_{\infty}$  에서 von Bertalanffy growth의  $L_{\infty}$  값 40.01cm를 대입하여 추정된 적정가입체장  $L_{opt}$ 는 23.202cm로 나타났다. 적정가입체장 23.202 cm를 연령으로 환산하면 2.2세에 해당한다.

### 가입당산란자원량 모델에 의한 추정

가입당산란자원량 모델식에서 주어진 가입연령에 대하여 어획이 전혀 없을 때 산란자원량의 35% 및 40%를 유지할 수 있는 순간어획사망계수  $F_{35\%}$ 와  $F_{40\%}$ 를 추정하였다(Table 4.11). 가입당산란자원량은  $F_{35\%}$ ,  $F_{40\%}$  모두 어획개시연령이 높아질수록 증가하여 3세일 때 각각 108.55g, 124.06g 으로 가장 높았으며 3세 이후 부터는 감소하는 경향을 나타냈다.

### 생물학적허용어획량(ABC)의 추정

보구치의 생물학적허용어획량을 ABC추정시스템(Zhang and Lee, 2001)의 3단계

의 관리수준을 이용하였다. 최근 3개년을 제외한 2015~2017년의 평균 자원량 5,202 톤과 현재 어획개시연령의 1세에 해당하는 어획사망계수( $F_{0.1}$ ) 0.20/year를 이용한 생물학적허용어획량은 800mt 이었다(Table 4.12). 한편 Deriso의 방법에 의해 추정된  $F_{0.1}$ 인 0.38/year를 이용한 ABC는 1,414mt 였으며 가입당산란자원량의 35%와 40%에 해당되는 수준의  $F_{40\%}$ ,  $F_{35\%}$  를 이용한 ABC는 각각 1,226mt, 1,419mt 였다.  $F_{0.1}$ ,  $F_{40\%}$ ,  $F_{35\%}$  을 이용하여 ABC를 추정한 결과 800-1,419mt의 범위였으며 최근 3년간(2018-2020) 평균 어획량 3,148mt의 25.4-45.1%정도의 수준이었다.



Table 4.11 Yield and spawning biomass per recruit of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea under harvest strategies on  $F_{MAX}$ ,  $F_{0.1}$ ,  $F_{35\%}$ ,  $F_{40\%}$

Age at first capture	$F_{max}$	$F_{0.1}$	$F_{35\%}$	$F_{40\%}$	Y/R (g)		SB/R (g)	
					$F_{max}$	$F_{0.1}$	$F_{35\%}$	$F_{40\%}$
1	0.68	0.20	0.39	0.32	69.51	49.32	48.33	55.23
2	1.45	0.18	0.48	0.40	78.06	42.81	104.88	119.86
3	>3	0.17	0.58	0.48	82.47	34.85	108.55	124.06
4	>3	0.17	0.69	0.57	79.60	26.67	89.62	102.43
5	>3	0.18	0.84	0.70	70.46	19.14	66.31	75.78
6	>3	0.20	1.07	0.89	58.81	12.66	44.32	50.65
7	>3	0.24	1.52	1.27	47.09	7.37	25.81	29.50
8	>3	0.40	2.85	2.38	36.58	3.20	11.21	12.81

Table 4.12 Estimated ABC of the white croaker *Pennahia argentata* in the Southern Sea of Korea

Model	F	Biomass	M	ABC(MT)	Current catch(mt) 2018-2020	
B/R	$F_{0.1}$	0.20		800		
Deriso	$F_{0.1}$	0.38		1,414		
SB/R 40%	$F_{40\%}$	0.32	5,202	0.351	1,226	3,148
SB/R 35%	$F_{35\%}$	0.39		1,419		



#### 4.4 고찰

보구치의 자원량 추정과 평가를 위한 필수 요소로 먼저 자원생물학적 특성치들을 파악하였다. 생산율을 추정하기 위해서 동일발생군에 대해 전 생활사를 추적해야 하지만 본 연구에 의하면 보구치는 최대 8세까지 생존하므로 현실적으로 무리가 있다. 따라서 본 연구에서는 최근 3개년(2018~2020년) 체장조성 자료를 평균하여 생산율 추정에 사용하였다. 주로 사용되고 있는 6가지의 생산율 추정법(Zhang et al., 1998; Lee et al., 2013; Choi et al., 2014) 중에서 어획물곡선법(Pauly, 1984)을 사용하여 추정한 결과 생산율은 0.36/year 였으며 순간전사망계수는 1.019/year 였다.

순간자연사망계수는 어획의 대상으로 가입 이후 어획에 의한 사망을 제외한 모든 요인에 의한 사망을 의미하므로 자원을 합리적으로 관리하는 데 매우 중요한 요소이다. 자연사망에는 피식, 질병, 해양오염 등 다양한 원인이 있지만 이러한 요소들을 모두 고려하기에는 어려움이 따르므로 본 연구에서는 한 개체군은 지수적으로 감소하며 그에 속한 각각 개체들은 von Bertalanffy 성장을 한다는 가정하에 von Bertalanffy 성장식의 성장계수  $k$ 와 최대연령을 이용하는 Alvenson and Carney's method (1975)를 수정하여 대상 어종의 전장-체중 관계식의 상수  $\beta$ 를 이용하여 어종별 특징을 좀 더 잘 반영한 Zhang and Megrey(2006) 방법에 의해 추정하였다. 추정된 순간자연사망계수는 0.351/year였으며 이로부터 순간어획사망계수는 0.668/year으로 추정되었다.

보구치의 자원량은 1984년 약 11,000톤에서 지속적으로 감소하여 1995년에는 약 4,000톤 수준이며 어획량의 절반 이상이 1세로 구성되어 자원의 심각한 감소가 있음을 시사하였다(Zhang et al.1999a), 본 연구에서 코호트 분석에 의해 추정한 1997년 자원량은 약 3,500톤 이였으며 이후 지속적으로 감소하여 2001년부터 2008년까지

여러 해 동안 약 1,000톤의 수준을 유지하였다. 그러나 2005년부터 소량이지만 자원량이 서서히 증가하는 현상을 보였으며 특히 2015년 이후 보구치의 자원량은 4,000톤에 이르렀고 최근 3개년을 제외하면 2015~2017년 평균 5,200여 톤까지 증가하였다. 연령별 자원량에서 1세가 35.9%, 2세가 34.8%를 차지하였으며 1세에서 3세까지가 전체의 85.7%를 차지하였을 뿐만 아니라 5세 이상의 고연령어가 지속적으로 나타났다. 과거의 연구에서 연령별 자원량의 절반 이상을 1세가 차지한다고 하였으나 (Zhang et al., 1999a) 본 연구에서는 1 세어와 2 세어가 차지하는 비율이 유사하였으며 고연령어의 비율도 증가하는 것으로 나타났다. 이는 곧 자원량이 증가함을 뒷받침하는 것으로 판단된다. 또한 CPUE는 자원밀도에 비례하며 연도별 경향을 통해 상대자원량의 증감의 경향을 파악할 수 있다. 보구치 어획량의 가장 많은 부분을 차지하는 대형외끌이어업의 CPUE의 변화는 자원량의 변화와 유사한 경향을 나타내고 있는데 이는 연도별 자원량이 비교적 정확하게 추정되었음을 나타낸다.

보구치의 적정 어획 수준을 추정하기 위해 가입당생산량 모델을 적용시킨 결과 현재의 어획개시연령과 순간어획사망계수를 나타내는 점 P는 어획개시연령이 기준보다 낮은 것으로 나타났다. 현재의 어획개시연령 1.188세와 순간어획사망계수 0.668/year일 때 가입당 생산량은 71.9g였으며 최대의 가입당 생산량을 위해 현재의 어획개시연령을 유지하며 어획사망계수 F값을 증가시킬 경우 가입당 생산량은 감소하지만 어획개시연령을 2.1세로 높이면 가입당 생산량은 75.9g으로 최대가 된다. Deriso 모델을 적용시켜 구한 적정가입체장인 23.2cm를 연령으로 환산한 결과인 2.2세와 유사하게 나타났다. 또한 재생산을 위한 산란자원량을 고려하여 성어 자원의 회복을 가져올 수 있는  $F_{35\%}$ , 및  $F_{40\%}$  추정에 의하면 현재의 어획개시연령 1세에서 어획개시연령을 3세로 높이면 108.55g, 124.06g으로 최대의 가입당 생산량이 되므로 자원을 크게 증대시킬 수 있다.

한편, 잉여생산량 모델로부터 추정된 MSY는 Shaefer 모델을 적용했을 때 1,875톤, Fox 모델을 적용했을 때는 1,336톤의 수준으로 2015년 이후 최근의 어획량과 비교해 보면 추정된 MSY에 비해 과잉으로 어획되는 상황으로 보인다. Zhang(1989)은 MSY는 최종 목표가 아니라 관리계획수립에 참고가 되는 지표로 MSY보다 낮은 적절한 수준의 전략을 세워야한다고 지적해왔다. 따라서 적절한 어획수준을 마련하기 위한 생물학적허용어획량(ABC)를 추정한 결과 현재의 어획개시연령 약 1세에서  $F_{0.1}$ 에 해당하는 순간어획사망계수 0.20/year에 대한 보구치의 생물학적허용어획량은 800톤이었다. 또한 Deriso 모델에 의한 어획개시연령 2.2세와 이때  $F_{0.1}$ 에 해당하는 순간어획사망계수 0.38/year을 이용하여 계산한 ABC는 1,414톤이었다. 최근 3개년(2018-2020년) 평균 어획량 3,148mt에 비교하면 상당히 낮은 수준이다.

따라서 본 연구에서 보구치 자원이 증가하고 있음을 추정하였으나 대상 자원을 지속가능하게 하고 효율적으로 이용하기 위해서는 현재 어획개시연령 1.188세에서 2세로 증가시키고 어획 강도를 낮추어야 할 것이다.

## V. 종합 고찰

일반적으로 어류의 생식 주기와 산란은 수온과 광주기에 영향을 받는데 어종에 따라서 수온이 하강하는 시기에 난소가 성숙하여 산란에 이르는 반면(Kim et al., 2020; Lee et al., 2006) 보구치의 생식 주기는 수온이 상승하는 5월부터 빠르게 성숙하기 시작하여 6월과 7월에 산란을 하여 평균 수온이 약 23°C에 이르면 산란을 마치는 것으로 나타났다. 월별 수온의 변화와 GSI의 변화는 매우 밀접한 관계를 보였으며 산란 시기의 계절적인 구분에 따르면 춘하계산란형인 것으로 판단된다.

어류의 포란수는 어체의 크기나 영양상태 환경조건에 따라 달라질 수 있으며 일반적으로 성장함에 따라 포란수도 증가한다. 보구치의 포란수는 최소 39,775개 최대 1,754,942개였으며 보구치의 체장이 증가함에 따라 포란수도 증가하였다. 일반적으로 어류가 성장함에 따라 절대포란수는 증가하지만 상대포란수는 어류의 노화에 의해 어느 일정한 크기가 되면 오히려 감소하는 경향이 있다. 그러나 보구치의 상대포란수는 그러한 경향이 뚜렷이 나타나지는 않았다.

보구치의 50% 성숙전장을 각 연도별로 구한 결과 2018년 19.3cm, 2019년 20.9cm, 2020년 20.2cm로 다소 차이가 있었으나 연령으로 환산했을 때 2세 이하였다. 2018-2020년 3개년을 통합한 50% 성숙전장은 20.0cm로서 이때의 연령은 1.46세였으며, Kang et al.(1999)의 연구보다 성숙연령은 저하되고 성숙전장은 높아졌다. 성숙연령 또한 자원량의 변화에 따라 달라지는 경향이 있으며 자원이 감소하면 개체의 영양상태가 좋아지면서 성장률이 높아지고 성숙연령이 저하된다(Zhang, 2012). 보구치에서 나타난 50% 성숙전장과 연령의 변화는 친어의 자원량과 산란량을 증가시켜 자원을 회복하기 위한 생물학적인 적응으로 판단된다.

연령형질로 비늘을 사용하기도 하지만 보구치의 비늘에는 윤문이 1년에 2번 형성되며 첫 번째 윤은 잘 나타나지 않거나 구분하기 힘든 것으로 보고되었다(Kakuda and Matsumoto, 1977). 따라서 연령 판독을 위해 이석을 사용하였으며 최고 연령은 8세까지 관찰되었다. 그러나 8세는 암컷에서 1마리가 관찰되었으며 성장이 매우 느린 개체로 성장식을 추정함에 있어서 과소 평가되는 경향이 나타났다. 따라서 성장식을 추정하는데 있어서는 8세를 제외하였으며 von Bertalanffy 성장식을 추정한 결과 암수 합한 이론적 최대 전장( $L_{\infty}$ )은 40.01cm, 이론적 최대체중( $W_{\infty}$ )은 827.8g, 성장계수(K)는 0.230year, 체장이 0일 때의 이론적 연령( $t_0$ )은 -1.557세였다.

보구치의 어획량 변동의 추세를 보면 1980년대 어선·어구의 발달에 의한 어획성능의 향상으로 어획량이 급격히 증가하다가 1990년대에 들어서 어획량은 지속적으로 감소하며 2000년대에는 장기간 1,000톤 미만의 매우 낮은 어획량을 기록하였다. 2000년대 이후 해양환경의 오염, 기후변화, 과도한 어획으로 우리나라 연근해 어업자원은 심각하게 감소하였으며 보구치 또한 심각한 남획의 징후를 보인다고 보고하였다(Zhang et al., 1999a).

그러나 최근 보구치의 어획량이 증가하여 1980년대의 어획량에는 못 미치지만 약 3,000톤의 수준까지 증가하였다. 이는 2000년대 가장 낮은 어획량을 기록했던 시기의 3배에 달한다. 본 연구에서 코호트 분석에 의한 자원량 추정의 결과 연도별 자원량이 증가하는 경향이 나타났으며 연령구조에서도 1999년 Zhang의 연구 결과에 비해 1세가 차지하는 비율은 낮아지고 2세가 차지하는 비율이 높게 나타났으며, 3세 이후의 고연령어의 비율도 증가한 것으로 나타났다. 뿐만아니라 수산자원은 자율갱신성을 가지고 있어 스스로 자원의 회복을 위한 노력으로 자원이 감소되고 개체군 밀도가 낮아지면서 개체의 성장은 빠르고 성숙 연령은 저하된다. 본 연구에서 추정한

50% 성숙연령은 약 1.46세로서, 1999년 Kang et al.의 연구보다 낮게 나타났으며 von Bertalanffy 성장식에 의한 각 연령별 체장은 Kwon et al.(1999) 연구 결과보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 1980년대 중반 이후 감소되었던 자원이 회복의 상태에 있는 것으로 판단된다.

보구치의 어획량이 증가하는 이유를 추정해보면 다음의 두 가지를 들 수 있다.

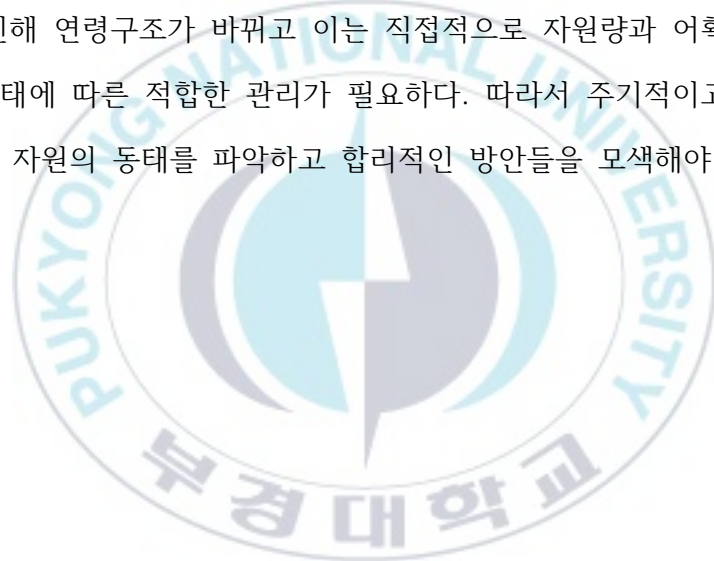
첫째, 1980년대 보구치를 어획하던 주 어업은 대형쌍끌이어업이었으며, 대형쌍끌이어업은 1990년대 유엔해양법발효로 인한 중국측 EEZ 어장을 상실함으로 대대적 감척이 있었다. 따라서 대형쌍끌이어업에 의한 어획량은 크게 줄어들었으며, 이 시기는 보구치 자원이 회복될 수 있는 계기가 되었던 것으로 추정된다.

둘째, 어획량이 증가하는 또 다른 이유로 어업환경의 변화로 서해중부에서 동중국해 중부까지 남북으로 광범위하게 형성되었던 어장이 축소되면서 남해안으로 어장이 형성되어 그동안 잘 이용 개발되지 않았던 보구치 자원이 새롭게 어획의 대상이 되고 있을 가능성이 있는 것으로도 추정할 수 있다.

한편 보구치의 어업별 어획량은 1993년부터 기록을 확인할 수 있었다. 보구치 어획량의 20.6%를 외끌이대형저인망어업이 차지하고 있으며 다음 연안복합어업이 15%, 서남해구중형외끌이어업이 10.9%, 연안자망어업이 9.7%, 근해자망어업이 9%, 기타 어업이 14.8%의 순으로 다수어업이 보구치를 어획하고 있었다. 그러나 각 어업에서 차지하는 보구치의 어획량은 그다지 크지 않은 것으로 이들 어업의 목표 종을 보구치라고 보기는 힘든 것임을 알 수 있다. 이들 어업은 다수의 어종을 어획 대상으로 하며 보구치만 선택적으로 조업을 하지 않는다. 따라서 보구치 자원을 관리하기 위해 총허용어획량을 설정하고 각 어업별 어획량을 할당하는 것은 쉽지않을 것으로 판단된다. 보구치 자원을 합리적이고 효율적으로 관리하게 위해서는 가입당 생산량을 최대로 할 수 있는 어획개시연령, 성숙체장 및 산란기를 근거로 한 포획금지 체장과 금어

기 설정 등에 중점을 두어야 할 것으로 판단된다. 보구치의 적정 어획 수준을 추정하기 위해 가입당생산량 모델을 적용시켰을 때 현재의 어획개시연령을 나타내는 점 P는 적정 수준 이하였으며 특히 어획개시연령이 기준보다 낮은 것으로 나타났다. 따라서 어획개시연령을 현재의 수준에서 안전한 수준인 2세로 올리고, 포획금지체장을 설정할 경우 일반적으로 50% 균성숙체장을 기준으로 하지만 보다 엄격한 기준을 마련하기 위한 개체군의 75%, 100%가 성숙하는 성숙체장을 활용한다면 좀 더 합리적이고 효율적인 생산량을 얻을 수 있을 것이다.

수산자원은 끊임없이 변화한다. 주변 환경 또는 개체군 내의 영향으로 산란과 성장, 사망으로 인해 연령구조가 바뀌고 이는 직접적으로 자원량과 어획량에 영향을 미치므로 자원 동태에 따른 적합한 관리가 필요하다. 따라서 주기적이고 지속적인 연구를 통해 보구치 자원의 동태를 파악하고 합리적인 방안들을 모색해야 할 것이다.



## VI. 요약

보구치는 우리나라와 일본 및 중국에서 상업적 가치가 있는 저서성 어종 중 하나이며, 주로 기선저인망어업, 연안복합어업, 연안자망어업 등에 의해 어획되어 상업적으로 유통되고 있는 어종이다. 연간 어획량은 1980년대 중반에 약 1만 톤까지 증가하였으나 1990년대부터 급격히 감소하여 2000년대에는 1,000톤 미만의 매우 낮은 수준이었으나 최근 다시 어획량이 증가하는 추세이다.

보구치의 생식소는 긴 자루 모양이고 등 쪽 체벽을 따라 길게 신장되어 끝 지점에서 연결되어 있다. 생식소가 비교적 작지만, 산란기가 되면 암수 모두 비대해져서 복강을 가득 채우고 다소 비대칭이 된다.

보구치의 암수 성비는 1:0.89로써 유의한 차이가 있었으며( $\chi^2$ -test,  $p < 0.05$ ) 암컷과 수컷의 체장조성 빈도에서는 유의한 차이가 없었다(K-S test,  $Z = 0.898$ ,  $P = 0.396$ ). 보구치의 GSI는 5월부터 상승하여 6월과 7월에 가장 높으며, 8월에 급격히 감소한다. 암수 모두 GSI의 변화 양상이 같이 나타나며 수온과도 밀접한 관계가 있음을 확인하였다. 보구치의 난모세포 발달양식은 성숙 난소 내에서 각기 다른 크기의 초기 난모세포군과 성숙난모세포군으로 두 무리로 나누어 발달하는 난군동시 발달형(group-synchromus)이다. 포란수는 최소 39,775개(2019년, 17.0cm), 최대 1,754,942개(2020년 34.3cm) 였다. 암컷의 50%가 성숙하는 성숙체장은 20.0cm 였으며, 이때의 나이는 연령-체장 성장식에 의해 1.46세였다.

보구치의 이석은 핵을 중심으로 두텁게 성장하고 바깥쪽으로 한 개의 돌기를 가지고 있다. 종단면을 절단했을 때 투명대와 불투명대가 교대로 나타나며, 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계를 연령형질로 사용하였다. 각 윤은 인접한 윤문과 분리되어 있으며 이석경이 커지면 윤경 역시 크게 나타났다. 윤문형성시기는 연 1

회 8월에 형성되었다. 윤문형성시의 역계산 전장을 구하기 위하여 이석경과 전장간의 관계식을 구한 결과, 암컷은  $TL = 8.468R + 10.018$  ( $r^2=0.8415$ ,  $n=557$ ,  $p<0.05$ ), 수컷은  $TL = 7.828R + 10.418$  ( $r^2=0.8138$ ,  $n=480$ ,  $p<0.05$ )이었으며 암수간에 유의한 차이가 있었다(ANCOVA,  $p<0.05$ ). 체장-체중 상대성장식은 암컷  $BW = 0.0100 TL^{3.0655}$  ( $r^2=0.9672$ ,  $n=1511$ ,  $p<0.05$ ), 수컷은  $BW = 0.0084 TL^{3.12077}$  ( $r^2=0.9752$ ,  $n=1322$ ,  $p<0.05$ ) 였으며, 전장과 전중과의 상대성장에서 암수가 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(ANCOVA,  $p<0.05$ ). 역계산 전장으로부터 von Bertalaffy growth equation 추정된 결과 암컷은  $L_t = 51.18(1 - e^{-0.142(t+2.048)})$ , 수컷은  $L_t = 39.03(1 - e^{-0.23(t+1.60)})$ 이었으며 암수 합한 성장식은  $L_t = 40.01(1 - e^{-0.230(t+1.557)})$ 이었다.

한국 남해안 보구치의 생잔울(S)은 어획물곡선법(Pauly, 1984)에 의해 추정된 결과 0.36였으며 순간전사망계수(Z)는 1.109/year 였다. 순간자연사망계수(M)는 0.351/year이며, 순간어획사망계수는 0.668/year였다. 어장가입연령은 12.8cm였으며, 이때의 나이는 0.12세였다. 어획개시연령은 1.19세였으며 이때의 전장은 18.7cm였다.

코호트 분석에 의한 자원량 추정 결과 1999년에 약 4,000톤 에서 급격히 감소하여 2004년 약 1,000톤 으로 최저치였다. 이후 다시 증가하기 시작하여 최근 약 6,000톤까지 증가하였다. 연령별 자원량은 1세가 35.7%, 2세가 34.8%, 3세는 16.5%였으며 1세부터 3세까지 전연령군의 86.9%를 차지하였다. 연령별 자원량에서 탁월연급군은 출현하지 않았다.

보구치의 주어획대상업종은 저인망어업이었으며, 그 중에서 대형외끌이저인망어업과 서남해구외끌이저인망어업이었다. 저인망어업외에 연안복합어업, 연안자망, 근

해자망어업 순이었다. 특히 2007년 이후부터 정치망, 근해연승, 근해채낚기 어업에서도 보구치의 어획량이 증가하였다.

한국 남해안 보구치의 최대지속적 생산량(MSY)은 Schaefer model에서 1,875톤, 최대지속어획노력량( $f_{MSY}$ )은 215,932HP으로 나타났다. Fox model에서 최대지속적생산량은 1,336톤이고 이때의 최대지속어획노력량은 218,660HP였다. Schaefer model에 비해 Fox model의 결과가 약 500톤 정도 낮게 나타났다.

보구치의 적정 어획 수준을 추정하기 위해 Beverton and Holt Model의 가입당 생산량 모델을 적용시킨 결과 현재의 어획개시연령과 순간어획사망계수를 나타내는 점 P는 어획개시연령에서 적정 수준 이하였으며, 특히 어획개시연령이 기준보다 낮은 것으로 나타났다. 추정된 가입당생산량은 현재의 어획개시연령 1.188세에서 순간어획사망계수 0.668/year일 때 71.9g이었다. 현재의 순간어획사망계수에서 어획개시연령을 2.1세로 올리면 최대의 가입당생산량 75.9g으로 나타났다. 현재의 어획개시연령에서는 어획강도를 높이더라도 가입당생산량은 크게 증가하지 않았다. 최근 자원량을 이용한 3단계 관리 수준에서 생물학적허용량은 800톤이었다. 최근 보구치의 어획량이 증가하고 있으나 지속적이고 효율적인 이용을 위해서는 어획개시연령을 올리고, 어획강도를 줄이는 합리적인 관리가 필요한 것으로 사료된다.

## VII. 인용 문헌

- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Bull Inst Zool Acad Sinica Monogr 16, 173-187.
- 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.
- Cha SS and Park KJ. 1994. Distribution of the ichthyoplankton in Kwangyang Bay. J Kor Ichthyol 6, 60-70.
- Cha SS and Park KJ. 2001. Feeding selective of postlarvae of white croaker *Argyrosomus argentatus* in Kwangyang Bay, Korea. J Kor Fish Soc 34, 27-31.
- 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.
- Chung EY, Bae JS, Kang HW, Lee HB and Lee KY. 2008. Reproductive ecology of the silver pomfret *Pampus argenteus* on the west coast of Korea. Dev Reprod 12, 169-181.
- De vlaming, V.L. 1972. The effects of temperature and photoperiod on reproductive cycling in estuarine gobiidfish, *Gillichthys mirabilis*. Fish. Bull., 70, 1137-1152.
- Deriso RB. 1987. Optimal  $F_{0.1}$  criteria and their relationship to maximum sustainable yield. Can J Fish Aquat Sci 44, 339-348.

- Fox WW Jr. 1970. An experimental surplus yield model for optimizing exploited fish population. *Trans Ame Fish Soc* 90, 80-88.
- Han IW, Oh WS, Park GC, Yoon EA and Lee KH. 2019. Biomass estimation with a hydroacoustic survey and the shrimp beam trawl fishery in Gwangyang bay in summer. *Kor J Fish Aquat Sci* 52, 288-297.
- Han KH, Yu TS and Lee SH. 2020. Community structure and species composition of fish collected by a small otter trawl in the mouth of Yeoja bay. *J Fish Tech Inst* 13, 43-49.
- Han ZQ, Gao TX, Yanagimoto TS and Sakurai YN. 2008. Deep phylogeographic break among white croaker *Pennahia argentata* (Sciaenidae, Perciformes) population in North-western Pacific. *Jap Fish Sci* 74, 770-780.
- Han ZQ, Shui BN, Wang ZY, Miao ZQ and Gao TX. 2009. Analysis of genetic structure of white croaker using amplified fragment length polymorphism (AFLP). *Afri J Biotech* 8, 4308-4315.
- Higuhi T, Yamaguchi A and Takita T. 2003. Age and growth of white croaker *Pennahia argentata*, in Ariake sound, Japan. *Japn Facult Fish Nagasaki Univ* 84, 47-51.
- Huxley JS. 1932. Problems of relative growth 2nd ed. Dover publishing, New York, NY, U.S.A., 312.
- Kakuda S and Naki. 1981. On the maturity and spawning of *Nibea albiflora*. *Bull Jap Soc Sci Fish* 47, 17-25.
- Kakuda SP and Matsmoto KJ. 1977. On the age and growth of the white

- croaker *Argyrosomus argentatus*. J Fac Fish Anim Hub Hiroshma Univ 16, 115-122.
- Kang YJ, Kwon DH and Zhang CI. 1999. A Population ecological study of white croaker *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. III. Maturation and spawning. J Kor Soc Fish Res 2, 61-67.
- Kang DY, Cho KC, Lee JH, Kang HW, Kim GH and Kim HC. 2009. Annual reproductive cycle of Korean yellow croaker *Larimichthys polyactis*. J Aqua 22 (1), 5-10.
- Kauda SP and Matsmoto KJ. 1978. On the food habits of the white croaker *Argyrosomus argentatus*. J Fac Fish Anim Hub. Hiroshima Univ 17, 133-142.
- 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.
- Kim YU, Myoung JG, Kim YS, Han KH, Kang CB, Kim JK and Ryu JH. 2006. Marine fishes of Korea. Hangl graphic Press, Korea. 194-199.
- Kim HY, Han IW, Oh WS, Choi JH and Lee KH. 2018. Distribution and seasonal changes of fisheries resources in the Gwangyang bay. J Fish Mar Sci Educ 30, 2163-2175.
- Kim SR, Kim JB, Lee SJ and Yang JH. 2020. Maturity and spawning of pacific san eels *Ammodytes japonicus* in coastal water near Donghae, Gangwon-do. Kor J fish Aquat Sci 53, 19-26.

- KODC (Korea Oceanographic Data Center). 2021. Coastal oceanographic observation. Retrieved from [www.kodc.nifs.go.kr](http://www.kodc.nifs.go.kr) on Mar 01, 2021.
- Koh EH, An YS, Baek GW and Jang CS. 2014. Feeding habits of white croaker *Pennahia argentata* in the coastal waters off Sejon island, Korea. J Kor Soc Tech 50, 139-146.
- KOSIS (Korean Statical Information Service). 2020. Statical database for fisheries production. Retrieved from <http://kosis.kr/statHtml/on> Mar 16, 2020.
- Koo JH. 1971. Age and growth of white croaker *Argyrosomus argentatus* Houttuyn, in the southern sea of Korea. Bull Nat Fish Res Dev Inst 7, 67-77.
- Kwon DH, Kang YJ and Lee DW. 1999. A Population ecological study of white croaker *Argyrosomus argentatus* Houttuyn in Korean waters. II. Age and growth. J Kor Soc Fish Res 2, 54-60.
- Kwon HC, Lee HB, Zhang CI, Lee DW and Choi YM. 2011. Maturation and spawning of filefish, *Stephanolepis cirrhifer* in the east sea of Korea. Kor J Ichthyol 23 (2), 111-118.
- Lee CL and Park MH. 1992. Taxonomic Revision of the Family Sciaenidae (Pisces, Perciformes) from Korea. Kor J Ichthyol. 4 (2), 29~53.
- Lee DW, 2011. Resource utilization and management of large pair-trawl fishery in Korea. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea. 1-104.
- Lee HW, Kim JH and Kang YJ. 2006. Sexual maturation and spawning in the

- sandfish *Arctoscopus japonicus* in the east sea of korea. J kor Fish Soc 39, 349-356.
- Lee JS, Kim JW, Kang JC, Shin YK and Chin P. 2000. Reproductive cycle and gonadal development of the naked-headed goby, *Favonigobius gymnauchen* (Teleostei : Gobiidae)
- Lee JS, An CM and Huh SH. 1998. Reproductive cycle of the goldeye rockfish *Sebastes thompsoni* (Teleostei: Scorpaenidae). J Kor fish Soc 31, 8-16
- Lee SJ, Go YB, Lee YD, Jung JH and Han CH. 2000. Annual reproductive cycle of the filefish, *Thamnaconus modestus*, on the southern coast of Cheju island. Kor J Ichthyol 12, 71-84.
- 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 .
- Lee SH, Chung SD, Kim YH and Yoo JT. 2017. Maturity and spawning of brown croaker *Miichthys miiuy* in the south western water Korea. Kor J Ichthyol 29 (2), 109-116.
- Lim HK, Lee MH, An CM, Kim SY, Park MS and Chang YJ. 2010. Reproductive cycle of yellow croaker *Larimichthys polyactis* in southern water off Korea. Fish Sci 76, 971-980
- Lim SG, Kim KS, Kim CW and KIM JW. 2011. Reproductive cycle of the red marbled rockfish *Sebastes tertius*. Kor J Fish Aquat Sci 44, 701-708.
- Lowerre-Barbieri SK, Chittenden Jr ME and Jones CM. 1994. A comparison

- of a validated otolith method to age weakfish, *Cynoscion regalis* with the traditional scale method. Fish Bull 92, 555-568.
- Munro JL and Pauly D. 1983. A simple method for comparing the growth of fish and invertebrates. Fishbyte 1, 5-6.
- Na HC, Lee SH, Yu TS and Han KH. 2019. Seasonal fluctuations in abundance and species composition of fishes collected by a bottom trawl in Gangjin bay. J Fish Tech Inst 12, 38-44.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore water in Korea. NFRDI, Busan, Korea.
- 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. Thesis, Chonnam National University, Yeosu, Korea. 1-151.
- Park JW, Park KY and Kwak IS. 2020. Phylogenetic analysis using cytochrome c oxidase subunit I of silver croaker *Pennahia argentata* mitochondria DNA. KJEE 53(3), 265-274.
- Pauly. 1984 Length-converted catch curves. A powerful tool for fisheries research in the tropics. Fishbyte 2, 9-10.
- Saishu K, Nakashima K and Kojima k. 1954. On the reproduction of the “Shiroguchi” (*Nibea argentata*) In the East china and the Yellow seas.

- Bull Seikai Reg Fish Res Lab 4, 1-34.
- Secor DH, Dean JM and Laban EH. 1992. Otolith removal and preparation for microstructural examination. Otolith microstructure examination and analysis. Can Fish Aquat Sci 117, 19-57.
- Secor DH, Trice TM and Hornick HT. 1995. Validation of otolith-based ageing and a comparison of otolith and scalebased ageing in mark-recaptured Chesapeake Bay striped bass, *Morone saxatilis*. Fish Bull 93, 186-190.
- Seo YI, Joo H, Lee SK, Kim HY, Ko JC, Choi MS, Kim JI and Oh TY. 2010. Maturity and spawning of marbled sole *Pleuronectes yokohamae* in the southern sea of Korea. Kor J Ichthyol 22, 83-89.
- Shaefer KB. 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of commercial marine fisheries. Inter Ame Trop Tuna Comm. Bull, 1, 25-56.
- Sohn MH, Yang JH, Park JH, Lee HW, Choi YM and Lee JB. 2013. Stock assessment and optimal catch of blackfin flounder *Glyptocephalus stelleri* in the East Sea, Korea. Kor J Fish Aquat Sci 46, 598-606.
- Song JJ, Dou SZ, Cao LA and Liu JH. 2020. Sulcus and otolith outline analyses: complementary tools for stock discrimination in white croaker, *Pennahia argentata* in northern Chinese coastal waters. J Oceanol Limnol 38, 1559-1571.
- Stolarski JT and Hartman KJ. 2008. An evaluation of the precision of fin ray, otolith, and scale age determinations for brook trout. N Am J Fish

- Manag 28, 1790-1795.
- Tzeng WN and Liu HC. 1972a. Maturity and fecundity of white croaker *Argyrosomus argentatus* in the southern part of the east China sea and Taiwan strait. J Fish Soc Taiwan 1, 20-30.
- Tzeng WN and Liu HC. 1972b. Age and growth of the white croaker *Argyrosomus argentatus* in the southern part of the east China sea and Taiwan strait. J Fish Soc Taiwan 1, 31-38.
- Tzeng WN and Liu HC. 1973. Morphometric study of white croaker *Argyrosomus argentatus* in the southern part of the east China sea and Taiwan strait. J Fish Soc Taiwan 2, 7-15.
- Wallace RA and Selman K. 1981. Cellular and dynamic aspects of oocyte growth in teleosts. Am Zool, 21, 325-343.
- Yamaguchi A, Kume G, Higuchi T and Takita T. 2004. Geographic variation in the growth of white croaker, *Pennahia argentata*, of the coast of northwest Kyushu, Jap Environ Biol Fish 71, 179-188.
- Yamaguchi A, Takita T and Kume G. 2006. Reproductive cycle, sexual maturity and diel reproductive periodicity of *Pennahia argentata*, in Ariake sound, Japan. Jap Fish Res 82, 95-100.
- Yang WS, Lee JB, Heo YW, Kwon DH, Choi SG, Chung SD and An DH. 2017. The study on the improvement of estimating back-calculated fish growth equation by weighted average method. J Kor Soc Fish Technol 53, 471-475.
- Zhang CI 1989. An analysis of MSY as a fisheries management objective.

Oce Res 11, 59-67.

Zhang CI 2012. Marine Fisheries Resource Ecology. Pukyong National University Press, Busan, Korea, 153-159.

Zhang CI and Lee JB. 2011. Stock assessment and management implications of horse mackerel *Trachurus japonicus* in Korea water, based on the relationship between recruitment and the ocean environment. Progress in Oce 49, 513-337.

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.

Zhang CI, Baik CI and Lee SI. 1999b. 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. 1999a. 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.

## 감사의 글

오랜 공백을 깨고 박사학위 논문을 시작할 때 흔쾌히 지도교수를 맡아주시고 논문이 완성될 때까지 많은 도움을 주신 오철웅 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

논문을 상세히 검토해주시고 많은 조언을 해주신 김진구 교수님, 먼 거리에도 불구하고 오셔서 조언과 세밀한 검토를 해주신 국립수산과학원 서영일 박사님, 수산자원센터에 계실 때부터 지금까지 논문을 시작하고 완성할 수 있도록 배려해주시고 상세한 검토와 조언을 해주신 임양재 박사님, 학교에 가면 언제나 웃으시면서 맞아주시고 격려와 응원 그리고 논문에 대한 조언을 해주신 백혜자 교수님께 감사드립니다. 다시 한번 더 심사위원님들의 조언과 지도에 대해서 감사드립니다.

가까이서 언제나 따뜻한 응원과 조언을 아낌없이 베풀어준 이해원 박사님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 늦깎이 동기생이 학위논문을 다시 시작하도록 격려와 도움을 준 박원규 교수님, 멀리 강원도에서 시시때때로 응원과 격려를 아끼지 않았던 김재원 교수님, 질문과 도움을 요청할 때 언제든지 상세하게 답해주며 도움을 주었던 권대현 박사님, 도움의 손을 내밀 때 언제나 잡아주셨던 김영혜 박사님께 무한한 감사를 드립니다. 또한 10여 년이 훌쩍 넘는 오랜 공백에도 불구하고 다시 학문의 길로 들어서는 계기를 마련해준 최정화 박사님, 김정년 박사님께도 감사드립니다.

언제나 좋은 말씀과 따뜻한 격려를 해주신 김두남 과장님, 항상 존중해주시고 격려해주시는 강수경 센터장님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 학위논문을 작성하는데 도움과 격려를 해주신 오택운 연구관님, 이승종 연구관님, 정재묵 연구사님, 지환성 연구사님, 이형빈 연구사님, 신동훈 연구사님, 유효재 연구사님, 윤은아 연구사님, 김현지 연구사님, 김한주 연구사님 그리고 함께 해주신 모든 연구원분들에게 감사드립니다. 무엇보다 보구치 실험을 할 수 있도록 매달 시료를 보내주신 국립수

산과학원 김철범 주무관님께 진심으로 감사드립니다. 실험을 시작할 때부터 지금까지 많은 시간을 함께 하면서 큰 도움과 힘이 되어준 허정현님, 이성욱님, 송순화님, 유미선님, 이현숙님, 천영화님, 김정아님 그리고 도움을 요청하면 언제든지 달려와 주신 허유심님, 소소한 질문에도 성의껏 답해주셨던 이보람 박사님, 같이 박사논문을 쓰며 위로와 많은 도움을 주었던 박종혁님, 바쁜 와중에도 부탁하는 참고문헌들을 찾아준 윤문주님께 진심으로 감사의 말씀을 전하고 싶습니다.

돌이켜 보면 정말 많은 분들의 배려와 응원 그리고 도움이 있었기에 가능했습니다. 머리 숙여 감사드립니다.

마지막으로 든든한 버팀목이 되어 응원해준 남편 김민석씨, 멋진 아들 규동이, 예쁜 딸 나영이에게 고맙고 사랑한다는 말 전하고 싶습니다. 그리고 동생이 박사학위를 마무리할 수 있기를 간절히 기원했던 나의 언니들과 오빠, 조카들에게 이 논문이 좋은 선물이 되기를 바라며, 생전에 보셨으며 너무도 좋아하셨을 시부모님, 친정 부모님 영전에 바칩니다.