

태안 연안에서 이각망에 의해 채집된 송어의 연령과 성장

홍지민 · 윤재선 · 이태원*

충남대학교 해양환경과학과

Age and Growth of Flathead Grey Mullet *Mugil cephalus* Collected by a Two-side Fyke Net in the Coastal Water off Taeon, Korea by Jimin Hong, Jae Seon Yoon and Tae Won Lee* (Department of Oceanography, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

ABSTRACT Age and growth of flathead grey mullet *Mugil cephalus* were estimated using samples collected by a two-side fyke net in the coastal water off Taeon in 2008. Age was determined by examination of annuli in otoliths and total lengths at ages were back-calculated from otolith-body size relationship. Total length ranged from 239 to 605 mm and mainly between 400 and 550 mm. Observed ages ranged from 1 to 7 years old and mainly between 3 and 5 years old. Total length (L, mm) was linearly related to otolith radius (R, mm); $L=15.3+87.9 R$. Total lengths at the annulus formation in otolith were back-calculated by Frazer-Lee method. Estimated length at the age 1 was 316 ± 40.6 mm (mean \pm SD) showing a fast growth rate during the early growth stage. Total length at each age (t) showed a wide range indicating the big difference in growth rate among individuals. Growth in total length can be expressed by a Von Bertalanffy growth curve as $L_t=542 [1 - \exp \{-0.493 (t+0.769)\}]$.

Key words : Flathead grey mullet, *Mugil cephalus*, age, growth, otolith

서 론

송어 (flathead grey mullet, *Mugil cephalus*)는 전 세계 온대 및 열대지역과 우리나라 전 연안에 분포한다 (www.fishbase.org). 송어는 외해에서 산란하고 자치어가 연안으로 이동하여 바닥의 유기물이나 미세조류를 먹으며 자라고 성숙하면 외해로 회유하여 산란하는 것으로 알려져 있다 (Yamada *et al.*, 1986). 동아시아 수역에 분포하는 송어는 유전학적으로 동중국해 계군과 남중국해 계군으로 분리되며, 대만 연안과 황해에는 동중국해 계군이 분포하고 일본 연안에는 두 계군이 혼재하는 것으로 보고되었다 (Jamandre *et al.*, 2009). 이 연구에 의하면 한국 연안의 송어도 동중국해 계군으로 추정된다. 대만 연안 송어는 정착성과 회유성으로 구분되며 유전적으로도 구분되는데 (Huang *et al.*, 2001), 정착성은 대만 연안 염하구에 자라고 12월에서 1월 사이에 외해로 이동하여 산란한다. 회유성은 10월에서 12월에 외해에서 산란

하여 중국 대륙 연안으로 이동하는 것으로 알려져 있다 (Liu, 1986; Chang *et al.*, 2004).

한국 연안에는 5종의 송어과 어류가 보고되었으며 (Lee and Joo, 1994; Kwun *et al.*, 2012a, b), 그 중 송어는 수산경제적으로 중요한 어종으로 특히 양식과 관련하여 초기 성장, 질병, 생리 등에 대하여 많은 연구가 수행되었다 (허와 장, 1999; 장 등, 2001; 박 등, 2006). 생태에 대해서는 여수 연안 송망 어장에서 송어의 이동 분포 (Kim *et al.*, 2005)와 여수 연안 송어의 연령과 성장에 대하여 연구되었다 (장 등, 2011). 이상의 연구 결과에서 남해안 송어는 늦가을에 연안 수온이 낮아지면 외해로 이동하여 11월에서 1월 사이 산란하고 다음해 3월 수온이 상승하면 다시 연안으로 이동하는 것으로 보고된 바 있다. 이 이외에 연안이나 하구의 어류 종 조성 연구에서 송어의 계절에 따른 출현 양상이 보고되었을 뿐 (허와 안, 2002; 황 등, 2003, 2005; 황 등, 2008; 황과 노, 2010; 황과 이, 2011; 황 등, 2010, 2012) 서해 연안 송어의 생태에 대해서는 연구가 더 요구된다. 제주 하구와 순천 하구에서는 송어 치어들이 소상하지만 (황 등, 2008; 예 등, 2014), 남해나 하구나 서해 연안이나 하구에서는 대부분 성장한 개

*Corresponding author: Tae Won Lee Tel: 82-42-821-6433
Fax: 82-42-822-8173, E-mail: twlee@cnu.ac.kr

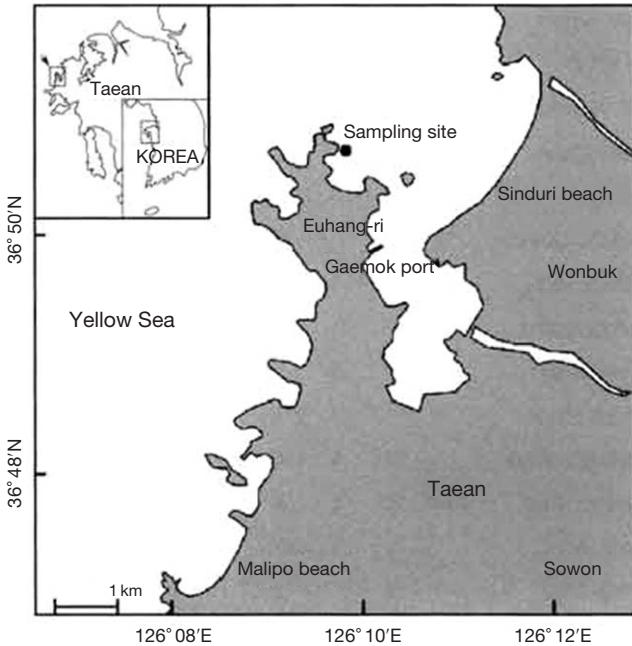


Fig. 1. Map showing the sampling site (black dot) off Taean of the Yellow Sea (from Hwang and Lee, 2011).

체들이 출현하고(황 등, 2005; 장 등, 2011; 황과 이, 2011), 서해 연안과 하구의 송어는 한 해역의 전반적인 어류 종조성의 계절 변동 연구에서 출현 양상이 보고되었을 뿐 연령과 성장을 포함한 생태에 대한 자료는 미비한 편이다. 특히 서해 하구에서 작은 치어들이 채집될 수 있는 망목이 작은 어구에 송어와 생태나 형태가 비슷한 가송어 치어들은 채집되었지만 송어 치어들이 채집되지 않고 대형어들만 소수 채집되어(황 등, 1998; 이 등, 2003; 황 등, 2005; 황 등, 2012), 서해 중부해역의 송어는 전 생활사를 이 해역에서 보내지 않는 것으로 보여 이에 대한 연구가 요구된다.

본 연구에서는 태안 연안 이각망에 채집된 송어의 이석을 관찰하여 연령을 추정한 후 성장양상을 파악하였다. 또 서해 중부 하구를 포함한 국내 다른 해역의 송어의 계절별 출현 빈도 및 체장 조성을 비교 분석하여 서해 중부 연안 송어의 출현 특징을 분석하였다.

재료 및 방법

송어 표본은 태안군 소원면 의항리 만입구(북위 36° 50' 47", 동경 126° 09' 49")의 이각망(two-side fyke net)에 어획된 어획물(황과 이, 2011) 중에서 2008년 2월, 3월, 4월과 11월 표본을 분석하였다(Fig. 1). 이각망은 이동 중인 어류가 길그물을 따라 그물로 들어오게 하여 잡는 수동어구로, 채집에 이용된 이각망은 길그물의 길이가 약 50 m, 4각형의

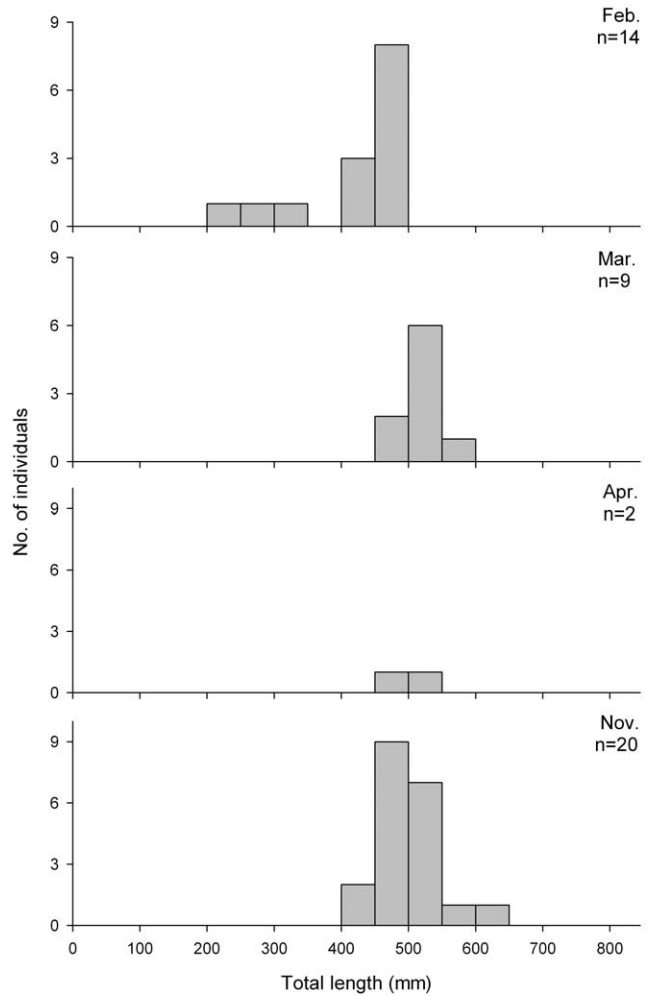


Fig. 2. Monthly length frequency distribution of *Mugil cephalus* collected by a two-side fyke net in the coastal water off Taean in February, March, April and November 2008. n=number of individuals.

허통 그물의 한 변이 약 10 m, 그 뒤 물고기가 모이는 자루 그물 부분은 약 3 m였고, 자루그물의 당긴 망목은 3 cm였다.

채집한 시료는 냉장 보관하여 실험실에서 전장(L, mm)과 무게(W, g)를 측정하였고, 이석을 추출하였다. 채취한 이석은 Lee and Lee (1989)와 Lee and Byun (1996)의 방법에 따라 인공수지(castolite resin)에 고화시켜 취급이 쉽도록 한 후, 사포(silicon carbide paper)로 시상면(sagittal plane)까지 연마하고 alumina powder로 광택을 낸 후 현미경으로 관찰하였다. 이석의 연륜은 결과에 서술한 것과 같이 불투명대 끝의 성장정지선을 기준으로 하였으며, 이석 장반경(R, mm)은 핵으로부터 이석 후반부까지를 측정하였다. 각 연륜까지의 반경(Ri)은 이석 장반경 측을 따라 측정하였다.

측정된 전장과 이석장반경으로부터 1차 회귀직선 $L=a+bR$ 을 구하였다. 각 연륜이 형성되었을 때의 전장(Li)은 Fraser-Lee의 역추산식,

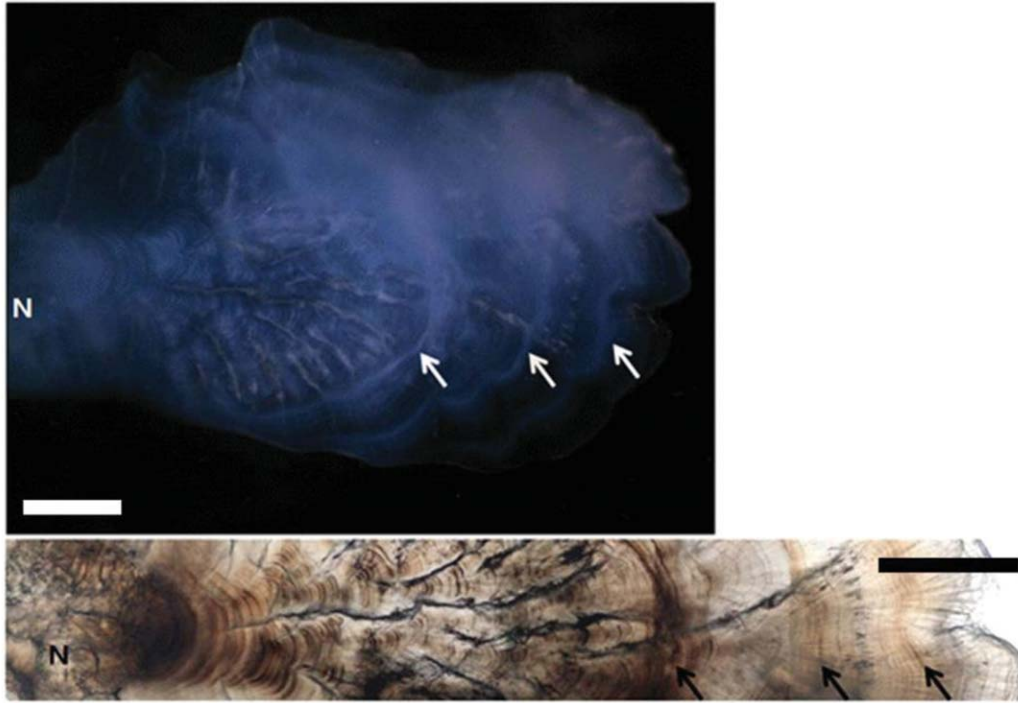


Fig. 3. Microphotograph of *Mugil cephalus* otolith viewed under the dark-field illumination (upper) and under the transmitted illumination (lower). N: nucleus, arrows: annuli. Scale bar: 100 μ m

$$L_i - a = (R/R_i) \times (L - a)$$

를 이용하여 추정하였다.

일본 연안에서 송어는 10~2월 사이 산란하며 주 산란기는 10~11월 (Yamada *et al.*, 1986), 남해안에서는 11~1월로 조사되어 (장 등, 2011), 한반도 연안 송어의 주 산란기는 12월로 보고, 각 조사 시기 나이를 연 단위로 환산하였다. 즉, 이석에 연륜이 1개인 경우, 2월 채집된 개체는 1+2/12세, 4월의 채집된 개체는 1+4/12세, 11월의 개체는 1+11/12세로 하였다.

체장의 성장은 각 개체의 연륜 형성 때의 역추산한 전장 혹은 조사한 달을 연 단위로 환산한 나이에 측정된 전장을 이용하여 von Bertalanffy (1938) 성장식을 구하였으며, 두 추정 방법의 차이는 토의에서 구체적으로 서술하였다.

$$L_t = L_{\infty} (1 - \exp(-K(t - t_0)))$$

여기서, L_{∞} 는 이론적 최대 전장, K 는 성장률과 관련된 상수, t 는 연령, t_0 는 이론상 $L_t=0$ 일 때의 t 값이다.

결 과

1. 월별 전장분포

본 연구에 이용된 송어의 전장은 239 mm에서 605 mm의

범위였다 (Fig. 2). 전장 400 mm 미만의 개체는 2월에만 소수 채집되었고, 전장 400~550 mm 크기의 개체가 주를 이루었다.

2. 이석의 미세 구조

송어 이석은 타원형으로 핵은 중앙보다 앞쪽에 위치하여 후단부의 성장이 빨랐다. 박편으로 제작한 이석의 핵 주위는 불투명하였으며, 이를 둘러싸고 투명대 (translucent zone)와 불투명대 (opaque zone)가 교차되었다 (Fig. 3). 핵 주변은 비교적 균질한 불투명대였고 이를 둘러싼 부분은 약간 투명하고 방사상의 골들이 불연속적으로 분포하였으며 이 골들 사이에 성장선들이 물결 모양으로 배치되었다. 핵으로부터 불연속적으로 분포한 방사상의 골들이 첫 번째 불투명대 부근에서 단절되며 동심원상의 불투명대 띠를 이루었다. 이 첫 번째 불투명대와 두 번째 불투명대 사이의 투명대에서는 다시 몇 개의 방사상 골들이 관찰되었으나 그 수는 핵 주변부 첫 번째 투명대에서보다 적었다. 동심원상의 불투명대 가장 자리에 뚜렷한 성장정지선이 관찰되어 본 연구에서는 이 성장정지선을 연륜으로 판독하였다. 본 연구의 표본은 2월, 3월과 4월의 당년 성장을 시작하기 이전과 11월의 성장이 끝난 시기에 채집되어, 이석 가장자리를 연륜으로 보고 나이를 추정하였다.

Table 1. Mean radii (\pm SD, mm) of *Mugil cephalus* otoliths collected in the coastal water off Taean in 2008, when the *i*-th annulus was formed

Age	No. of fish	Otolith radius (mm) to the <i>i</i> -th annulus						
		r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇
1	1	3.20						
2	2	2.99 \pm 0.41	4.04 \pm 0.48					
3	9	3.16 \pm 0.45	4.33 \pm 0.42	5.02 \pm 0.46				
4	23	3.14 \pm 0.43	4.29 \pm 0.47	5.06 \pm 0.43	5.42 \pm 0.41			
5	6	2.91 \pm 0.33	4.07 \pm 0.29	4.82 \pm 0.41	5.26 \pm 0.49	5.52 \pm 0.53		
6	3	3.00 \pm 0.09	4.00 \pm 0.37	4.57 \pm 0.72	5.17 \pm 0.49	5.57 \pm 0.35	5.83 \pm 0.35	
7	1	2.70	4.00	4.70	5.20	5.52	5.84	6.04
Mean \pm SD	45	3.09 \pm 0.39	4.23 \pm 0.43	4.97 \pm 0.46	5.37 \pm 0.42	5.53 \pm 0.43	5.83 \pm 0.28	6.04

Table 2. Back-calculated total length (\pm SD, mm) of *Mugil cephalus* collected in the coastal water off Taean in 2008, when the *i*-th annulus in otolith was formed. Total lengths at age were estimated by Frazer-Lee method from otolith radii

Age	No. of fish	Total length (mm) at the <i>i</i> -th otolith annulus formation						
		L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇
1	1	262						
2	2	289 \pm 129.1	359 \pm 169.7					
3	9	320 \pm 38.7	406 \pm 43.3	457 \pm 45.7				
4	23	323 \pm 34.6	410 \pm 41.2	467 \pm 42.0	495 \pm 39.9			
5	6	303 \pm 33.3	388 \pm 35.3	442 \pm 36.0	474 \pm 43.1	494 \pm 44.5		
6	3	334 \pm 31.5	416 \pm 44.7	464 \pm 80.6	511 \pm 59.6	544 \pm 58.7	565 \pm 62.7	
7	1	268	354	401	434	455	477	490
Mean \pm SD	45	316 \pm 40.6	403 \pm 48.3	460 \pm 44.6	491 \pm 42.5	505 \pm 52.2	543 \pm 67.7	490

3. 성장

이석을 관찰한 45마리의 연령은 1세에서 7세 범위로, 4세가 23마리로 약 50%를 차지하였다(Table 1). 각 개체에서 각 연륜까지의 장반경을 측정 후 연령별로 평균값을 계산하여 Table 1에 정리하였다. 제1연륜까지의 평균 장반경(r₁)은 3.09 \pm 0.39 mm (mean \pm SD)로 가장 폭이 컸고, 나이에 따라 폭은 감소경향을 보였다.

이석 장반경은 전장에 대하여 유의하게 일차 비례하였다(Fig. 4).

$$L = 15.3 + 87.9R \quad (r^2 = 0.66)$$

이 식을 이용하여 Fraser-Lee의 방법에 의하여 각 연륜이 형성되었을 때의 전장을 역추산하였다(Table 2). 역추산한 각 개체의 연륜 형성 때 전장을 이용하여 Von Bertalanffy의 성장식을 계산한 결과는 다음과 같았다(Fig. 5의 upper panel).

$$L_t = 542 [1 - \exp \{-0.493 (t + 0.769)\}] \quad (r^2 = 0.71)$$

조사한 달을 연 단위로 환산한 나이에 측정된 전장을 이용하여 계산한 Von Bertalanffy의 성장식은 다음과 같았다(Fig. 5의 lower panel).

$$L_t = 539 [1 - \exp \{-0.622 (t + 0.142)\}] \quad (r^2 = 0.46)$$

대수 변환한 전장(L)과 체중(W)은 유의하게 1차식으로

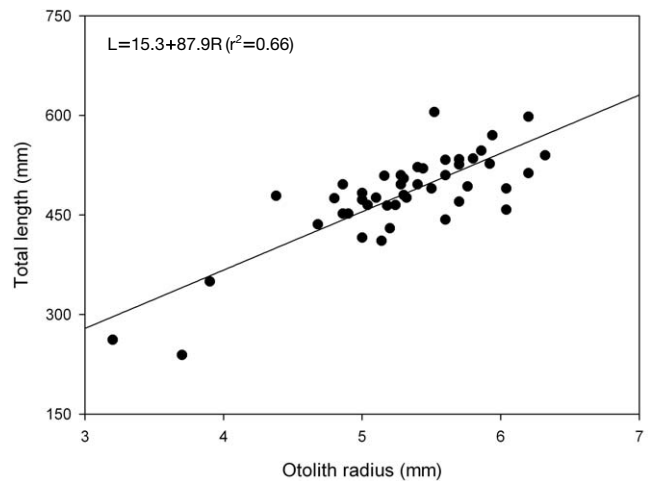


Fig. 4. Scattered diagram of total length versus otolith radius of *Mugil cephalus* collected in the coastal water off Taean in 2008. Sloped line represents a least square fit of linear equation.

회귀되었다(Fig. 6)

$$\log W = 3.19 \log L - 5.58 \quad (r^2 = 0.96)$$

관찰된 체중은 99~2,330 g이었고, 2월에 채집된 3마리를 제외한 개체들은 500 g을 넘었으며, 각 연령의 체중 범위가 매우 넓었다(Fig. 7). 위의 전장 체중의 관계식에 역추산한

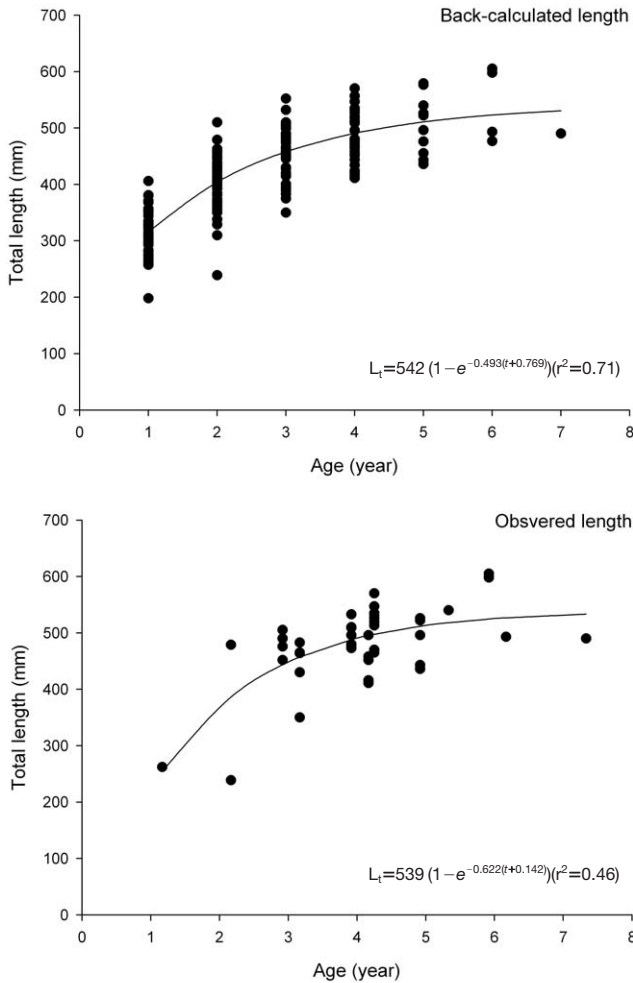


Fig. 5. Von Bertalanffy growth curves fitted to the plot of back-calculated lengths at ages (upper) and observed lengths at monthly ages converted into yearly age (lower) of *Mugil cephalus* collected in the coastal water off Taean in 2008.

전장을 이용한 성장식을 대입하여 구한 나이에 따른 체중의 성장식은 다음과 같았다(Fig. 7).

$$W_t = 1371 [1 - \exp \{-0.493 (t + 0.769)\}]^{3.19}$$

고 찰

본 연구에 사용된 송어는 대부분 전장 400 mm가 넘는 3세 이상의 개체였다(Table 1, Fig. 2). 송어의 최소 성숙 체장은 암컷이 35 cm, 수컷이 31 cm로 보고된 바에 따르면(Yamada *et al.*, 1986), 태안 연안에서 채집된 송어들은 대부분 성어들이다. 우리나라 연안에서 송어 치어는 제주 하구와 순천만에서만 보고되었고(황 등, 2008; 예 등, 2014), 다른 남서 연안과 하구에서도 성어가 주를 이루었으며(허와 안, 2002;

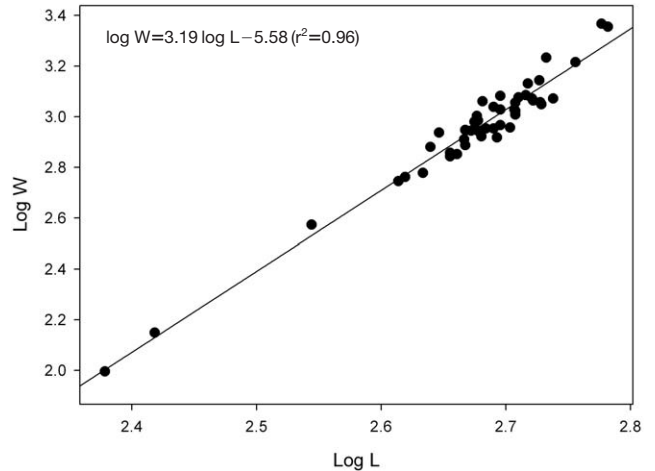


Fig. 6. Relationship between total length (L, mm) and body weight (W, g) of *Mugil cephalus* plotted on logarithmic axes.

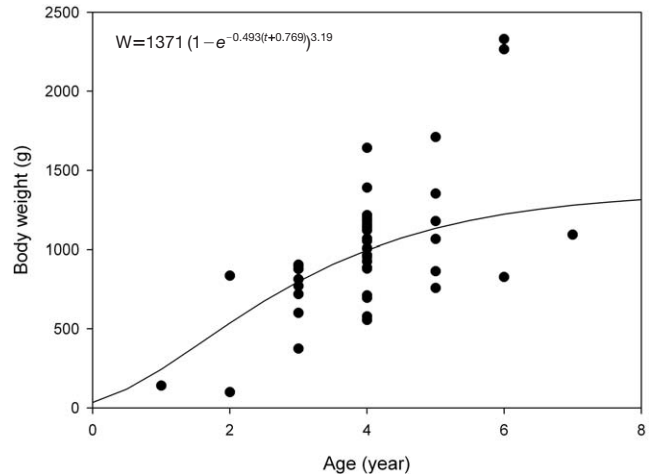


Fig. 7. Scattered diagram of observed body weights at age and fitted growth curve of *Mugil cephalus*.

황 등, 2003, 2005; 황 등, 2010, 2012; 장 등, 2011; 황과 이, 2011), 가덕도 주변 해역에서만 소수의 미성어 출현이 보고되었다(허와 안, 2002). 서해의 한강하구(황 등, 2012), 금강하구(황 등, 2005), 만경강 하구(이 등, 2003) 및 영광 연안(황 등, 1998)에서 작은 유어들이 채집되는 망목이 작은(망목 < 2.5 cm) 정치어구에 채집된 어류 종조성에서 송어와 유사한 생태를 보이는 가송어를 포함한 소형어들이 다수 채집되었지만 송어는 성어들만이 채집되었다. 황과 노(2010)의 한강 하구 어류 조사에서만 송어 유어들이 보고되었는데, 가송어가 채집되지 않은 달에만 가송어와 크기가 비슷한 개체들이 나타나 분류학적 재검토가 요구되어 논의에서 제외하였다. 본 연구 채집에 이용된 이각망은 자루그물 망목은 3 cm였으며, 채집된 어류 가운데 송어와 체형이 비슷

한 가송어는 전장 100~200 mm인 작은 개체들이 다수 채집되었지만 송어는 대부분 전장 300 mm 이상의 성어들만 채집되었다(황과 이, 2011). 이와 같이 서해 하구에서 망목이 작은 어구에도 송어 유어들이 채집되지 않고 성어들만 채집되는 것은 망목 선택 때문이 아니고 이 해역에는 주로 성어들만이 서식하였기 때문으로 추정된다. 위의 송어 관련 연구 결과를 종합하면, 제주도나 남해에서는 치어를 포함한 전 생활사의 송어들이 살아가지만, 서해 중부 연안에는 치어들은 출현하지 않고 다른 해역에서 성장한 후 성어 일부가 서해 연안으로 이동하는 것으로 추정되며, 이를 구체적으로 확인하기 위해서는 앞으로 추가의 연구가 요구된다.

일본 연안에서 송어는 10~2월 사이 산란하며 주 산란기는 10~11월(Yamada *et al.*, 1986), 남해안에서는 11~1월로 조사되었다(장 등, 2011), 제주 하구에서 송어 치어들이 1~3월에 대량 출현하여 7월까지도 소상하였고(황 등, 2008), 순천만 갯골에서는 4월에 4cm 미만의 송어 치어들이 다수 출현하여 6월까지 채집되었다. 위 자료를 종합하면 한반도 연안 송어의 주산란기는 12월로 볼 수 있어, 연령의 기준을 12월로 하였다. 역추산한 전장 자료를 이용할 때는 계절에 따른 성장을 고려하였다. 즉, 2~4월 채집된 송어 이석 가장자리에는 당년의 성장 흔적이 보이지 않아 4월까지의 겨울에 성장이 멈춘 후 당년 성장이 시작되지 않은 것으로 보여 마지막 성장 정지선까지의 수를 나이로 보았다. 11월 표본은 만 나이가 되기 위해서는 1~2개월이 모자라지만 당년 전장의 성장을 마쳤기 때문에 맨 가장자리 연륜 수까지 포함하여 그 개체의 나이로 보았다.

Frazer-Lee 식으로 역추산한 각 연령의 전장을 이용한 Von Bertalanffy 성장식에 비하여 실측 나이-전장 자료로 추정된 성장식에서, L_{∞} 값은 비슷하였으나 K 값($0.493 < 0.622$)과 t_0 값($-0.769 < -0.142$)은 컸다(Fig. 5). Frazer-Lee 식으로 역추산한 전장은 어린 나이에서는 조사 시기 실측값보다 컸으나 나이가 커짐에 따라 각 연령의 전장 차이가 적어졌다. 이에 따라 Frazer-Lee 식으로 역추산한 전장 자료를 이용하면 초기 나이의 상대 성장이 느려 K 값이 작아지고, L_{∞} 값이 비슷하기 때문에 t_0 값도 작아진다. 이 현상에 대하여 Hwang *et al.* (2008)에 구체적으로 서술되었다. Table 2에서와 같이 고연령어 표본으로부터 역추정한 어린 나이 전장이 저연령어 표본에서 역추정한 전장보다 작아지는 Lee 현상이 나타나지 않았고 역추산한 전장이 과소 추정(underestimate)되지도 않았을 경우(Campana, 1990), 전장-이석상관식이 1차식일 때는 Frazer-Lee 식으로 역추산한 전장이 각 나이 실제 전장과 오차가 가장 적은 것으로 알려져 있어(Schirripa, 2002), 본 연구에서는 역추산한 전장 자료를 이용한 전장과 체중의 성장식을 사용하였다.

이석-전장 성장으로부터 역추산한 각 연령의 전장 범위가

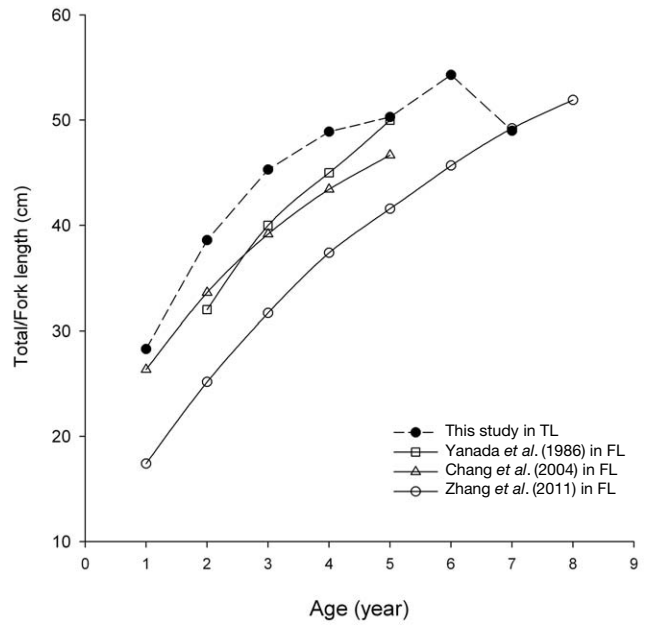


Fig. 8. Comparison of Von Bertalanffy curves of *Mugil cephalus* in Japan (Yamada *et al.*, 1986), in Taiwan (Chang *et al.*, 2004), in the water off Yeosu (Zhang *et al.*, 2011) to our study. Total length (TL) was measured in our study and fork length (FL) in other studies.

넓어, 1~2세에는 최대 최소의 차이가 2배 이상으로(Fig. 5) 개체에 따른 성장 차이가 큰 것을 알 수 있다. 역추산한 1세어의 평균 전장은 316 ± 40.6 cm로 채집된 고령어 6~7세어 크기의 50% 이상에 달하여(Table 2) 부화 후 첫 1년에 매우 빠른 성장률을 보였다. 이와 같은 경향은 일본이나 대만 송어에서도 관찰되었다(Yamada *et al.*, 1986; Chang *et al.*, 2004). 위의 두 연구의 각 연령의 평균 크기는 본 연구보다 약간 컸으나, 이 두 연구에서는 꼬미체장(folk length)를 측정하였고 본 연구에서는 전장(total length)을 측정하였으며, 각 연령 넓은 전장 범위를 고려하면 각 연령의 실제 체장은 유의한 차이가 없을 것으로 보인다(Fig. 8). 그러나 장 등(2011)의 남해안 송어는 각 연령 평균 체장(꼬미체장 측정)이 본 연구를 포함한 다른 연구의 체장에 비하여 상당히 작았다. 이 결과는 남해안 송어 개체군이 다른 해역 송어 개체군에 비하여 성장이 느릴 가능성도 있지만 장 등의 자료에서 2세 이상을 1세씩 낮춘 후 나이-체장을 투영하면 비교대상 다른 자료와 비슷하여 이석 연륜 판독 차이에 따른 결과일 수도 있다. 그러나 본 연구의 관찰 표본수가 적어 앞으로 서해와 남해의 표본을 같이 수집하여 비교 분석하면 남해와 서해 송어의 성장 차이를 구체적으로 파악할 수 있을 것이다.

Von Bertalanffy 성장식에서 추정된 최대전장(L_{∞})이 일부 고연령어 표본의 측정값보다 작았는데(Fig. 5), 이것은 각 연령 송어의 전장 범위가 넓어 성장식 추정 과정에서 모델(성장식)과 관찰치의 편차의 제곱 합(잔차)을 최소화할 때 성

장식은 각 연령 무게중심(평균값) 부근을 지나기 때문으로 볼 수 있다. 특히 송어와 같이 초기 성장 빠른 경우 성장식은 빠르게 점근선(L_{∞})에 이르기 때문에 일부 큰 관찰값보다 낮은 L_{∞} 가 도출될 수 있다. 이 전장 성장식으로부터 추정된 체중의 성장식의 경우, 각 연령의 관찰 체중의 편차는 더 크기 때문에 체중 성장식의 W_{∞} 는 일부 고연령어의 관찰값보다 작게 된다(Fig. 7). Von Bertalanffy 식의 L_{∞} 를 포함한 계수들은 모델과 관찰값과의 잔차를 최소화하여 추정된 이론값들로, 본 연구에서와 같이 일부 계수들의 생물학적 의미를 논하기 어려운 경우도 생긴다.

이상의 자료를 종합하면 송어는 초기 성장이 빨라 1세에 평생 성장의 거의 반 정도를 자라고 그 이후에는 성장률이 느려졌다. 서해 중부 연안 송어는 외해에서 산란하여 다른 해역에서 자란 후 일부 성어들만이 서해 연안으로 이동하는 것으로 추정된다.

요 약

태안 연안에서 이각망에 어획된 송어 이석을 관찰하여 연령을 사정하고, 이석 윤문의 폭으로부터 체장을 역추정하여 성장을 추정하였다. 태안 연안 송어는 외해에서 산란하여 유어기를 보낸 후 성어가 연안으로 들어온 것으로 보이며, 관찰한 송어의 전장은 239~605 mm 범위였으며, 400~550 mm 크기의 개체가 주를 이루었다. 나이는 1~7세 범위였고 3~5세어가 가장 많았다. 전장(L, mm)은 이석의 장반경(R, μm)에 유의하게 일차 비례하였다($L=15.3+87.9R$). Frazer-Lee의 방법으로 추정된 각 연령이 형성되었을 때의 전장은 1세어의 평균(\pm SD)은 316 ± 40.6 mm로 초기 성장이 빨랐으며, 각 나이에서 그 범위가 넓어 개체에 따른 성장률 차이가 큰 것으로 보인다. 역추산한 전장은 Von Bertalanffy의 성장식 $L_t=542[1-\exp\{-0.493(t+0.769)\}]$ 로 유의하게 회귀되었다.

인 용 문 헌

박성우 · 유진하 · 이천희. 2006. 육상 수조에서 사육 중인 송어(*Mugil cephalus*)의 *Amylodinium* sp. 감염. 한국어병학회지, 19: 7-16.
 예상진 · 정재목 · 김현지 · 박주면 · 허성희 · 백근욱. 2014. 순천 상내리 갯골에 출현하는 어류군집. 한국어류학회지, 26: 74-80.
 이태원 · 문형태 · 김광천. 2003. 방조제 건설 중인 2001~2002년 새만금 하구역 어류 종조성의 계절 변동. 한국수산학회지, 36: 298-305.
 장영진 · 허준욱 · 임한규. 2001. 순환여과 사육시스템에서 해수와

담수에 사육한 송어(*Mugil cephalus*) 치어의 성장과 생존율. 한국양식학회지, 14: 29-33.
 장창익 · 박희원 · 권혁찬. 2011. 여수 연안 송어(*Mugil cephalus*)의 연령과 성장 연구. 한국어업기술학회지, 43: 203-213.
 허성희 · 안용락. 2002. 가덕도 주변 해역 어류의 종조성과 계절 변동. 한국수산학회지, 35: 66-379.
 허준욱 · 장영진. 1999. 사육수의 단계적인 염분변화에 따른 송어(*Mugil cephalus*)와 틸라피아(*Oreochromis niloticus*)의 생리적 반응. 한국양식학회지, 12: 283-292.
 황선도 · 임양재 · 김용철 · 차형기 · 최승호. 1998. 서해 영광 연안 수산자원 I. 주목망 어획자원의 종조성. 한국수산과학회지, 31: 727-738.
 황선도 · 노진구. 2010. 한강 하구역 유영생물의 종조성과 계절 변동. 한국해양학회지-바다, 15: 72-85.
 황선도 · 노진구 · 이선미 · 박지영 · 황학진 · 임양재. 2010. 한강 하구역 강화 갯벌 조간대 건간망에 어획된 유영생물 군집구조. 한국해양학회지 바다, 15: 166-175.
 황선도 · 이우주 · 임양재. 2012. 서해 하구역과 연안역 유영생물의 군집구조 비교. 한국해양학회지-바다, 17: 149-159.
 황선완 · 김종관 · 이태원. 2003. 강화도 갯벌 천해의 건간망 어획 어류의 계절변동. 한국수산학회지, 36: 676-685.
 황선완 · 황학빈 · 노형수 · 이태원. 2005. 개량안강망에 채집된 금강하구 어류 종조성의 계절변동. 한국수산학회지, 38: 39-54.
 황학빈 · 이태원 · 황선완 · 김병직. 2008. 제주 천제연 하구 소상 어류의 월별 종조성. 한국어류학회지, 20: 210-219.
 황학빈 · 이태원. 2011. 이각망에 채집된 2008년 태안 연안 어류 종조성. 한국수산학회지, 44: 173-178.
 Bertalanffy, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol., 10: 181-213.
 Campana, S.E. 1990. How reliable are growth back-calculation based on otoliths? Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47: 2219-2227.
 Chang, C.W., Y. Lizuka and W.N. Tzeng. 2004. Migratory environmental history of the grey mullet *Mugil cephalus* as revealed by otolith Sr: Ca ratio. Mar. Ecol. Prog. Ser., 269: 277-288.
 Huang, C.S., C.F. Weng and S.C. Lee. 2001. Distinguishing two types of gray mullet, *Mugil cephalus* L. (Mugiliformes: Mugilidae), by using glucose-6-phosphate isomerase (GPI) allozymes with special reference to enzyme activities. J. Comp. Physiol., B 171: 387-394.
 Hwang, S.D., T.W. Lee and J.Y. Kim. 2008. Age, Growth and Maturity of chub mackerel off Korea. North American J. Fish Manag., 28: 1414-1425.
 Jamandre, B.W., J.D. Durand and W.N. Tzeng. 2009. Phylogeography of the flathead mullet *Mugil cephalus* in the north-west Pacific as inferred from the mtDNA control region. J. Fish Biol., 75: 393-407.
 Kim, D.S., C.S. Joo and J.S. Park. 2005. A study on the movement distribution of common grey mullet, *Mugil cephalus* in funnel net fishing ground of the Yeosu coastal sea. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 41: 1-8.
 Kwun, H.J., B.J. Kim, C.S. Lee, C.L. Lee and J.K. Kim. 2012a. First

- record of large scale mullet, *Chelon macrolepis* (Mugiliformes: Mugilidae) from Jeju Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 135-138.
- Kwun, H.J., J.K. Kim and S.M. Kweon. 2012b. First record of blue spot mullet, *Moolgarda seheli* (Mugiliformes: Mugilidae) from Jeju Island, Korea. Korean J. Ichthyol., 24: 297-301.
- Lee, C.L. and D.S. Joo. 1994. Synopsis of Family Mugilidae (Perciformes) from Korea. J. Kor. Fish. Soc., 27: 814-824.
- Lee, T.W. and J.S. Byun. 1996. Microstructural growth in otoliths of conger eel (*Conger myriaster*) leptocephali during the metamorphic stage. Mar. Biol., 125: 259-268.
- Lee, T.W. and K.S. Lee. 1989. Daily growth increments and lunar pattern in otolith of the eel, *Anguilla japonica*, in freshwater. Bull. Korea Fish. Soc., 22: 36-40.
- Liu, C.H. 1986. Survey of the spawning grounds of gray mullet. In Study on the Resource of Gray Mullet in Taiwan 1983 ~ 1985 (Su, W.C. ed.), Kaohsiung: Taiwan Fisheries Research Institute, pp. 63-72.
- Schirripa, M.J. 2002. An evaluation of back-caluculation methodology using simulated otolith data. Fish. Bull., 100: 789-799.
- Yamada, U., M. Tagawa, S. Kishida and K. Honjo. 1986. Fishes of the East China Sea and the Yellow Sea. Sekai reg. Fish. Res. Lab., Japan. 501pp. (in Japanese)