

한국 남해 참조기의 연령과 성장

김영혜^{1,*} · 이선길^{1,2} · 이재봉¹ · 이동우¹ · 김영섭¹

¹국립수산과학원, ²부경대학교 수산해양학연합동과정

Age and Growth of Small Yellow Croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea

Yeong Hye Kim^{1,*}, Sun Kil Lee^{1,2}, Jae Bong Lee¹,
Dong Woo Lee¹ and Young Seop Kim¹

¹National Fisheries Research and Development Institute, Busan, Korea

²URIP of Fisheries and Oceanography, Pukyong National University, Busan, Korea

Age and growth of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* were estimated using right sagittal otoliths of 506 fish specimens from March to December, 2002 and from January to February, 2005 in the South Sea, part of the East China Sea of Korea. Examination of outer margins of the otolith showed that the opaque zone was formed once a year. Marginal increment of the otolith formed annual rings from May and June at the beginning of spawning season. In the relationship between total length and body weight, a multiplicative error structure was assumed because variability in growth increased as a function of the length, and the estimated equation was $BW=0.0044 TL^{3.2502}$ ($R^2=0.97$). The relative growth as body weight at total length has significant difference between females and males ($P<0.05$). For describing growth of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* a von Bertalanffy growth model was adopted. The von Bertalanffy growth curve had an additive error structure and the growth parameters estimated from non-linear regression were $L_{\infty}=33.88$ cm, $K=0.20$ /year and $t_0=-2.39$ year. Growth at age of males and females shows no significant difference ($P>0.05$). Most examined fish were 1, 2 and 3 years old, although the oldest fish were 7 old for males and 8 for females.

Key words : small yellow croaker (*Larimichthys polyactis*), age and growth, otolith, marginal index (MI), multiplicative/ additive error structure

서 론

참조기 (Small yellow croaker, *Larimichthys polyactis*)는 농어목 (Order Perciformes) 민어과 (Family Sciaenidae)에 속하는 종으로 한국 연근해 어업의 어민소득에

있어서 중요한 위치를 차지하고 있는 어종으로서 황해 및 동지나해에 널리 분포하고 있으며, 절강군, 강소군, 한국군, 발해군 등 네 개의 계군이 있는 것으로 알려져 있다(국립수산진흥원, 1979).

참조기 어업의 중심 어장은 1960년대까지 연평도를 중심으로 한 서해안 일대였으나 1970년대에는 흑산도 근해를 포함한 제주도 서부해역으로 이동하였다. 그 후 점차 동지나해로 주 어장이 남하하여 최근에는 제주도

*Corresponding author: yhkim@nfrdi.re.kr

남부의 동지나해에서 연간 어획량의 70% 이상이 어획되고 있다. 어선세력은 계속 증가되어 왔으나 참조기의 과도한 어획으로 인하여 총어획량의 감소, 주 산란장의 남하, 소형어 비율의 증가 등 뚜렷한 자원의 감소 징후가 나타나고 있다(국립수산진흥원, 1988).

참조기의 연대별 평균어획량은 1950년대에 약 2만 8천 톤을 기록하였고, 60년대와 70년대에는 약 3만 3천 톤이었다. 1974년에는 약 5만 4천 톤으로 최고치를 기록하였으나 1980년대를 접어들면서 감소하기 시작하여 1984년에는 약 7천 톤으로 최저치를 기록하였다. 1990년대 초 약 4만 톤으로 증가하였으나 다시 감소하기 시작하여 2004년에는 1만 7천 톤을 기록하였다(MOMAF, 1950~2004; Fig. 1).

참조기에 관한 연구는 배 (1960), Ikeda (1964), 정 (1970), 황과 최 (1980), 이 등 (2000)의 연령과 성장, 이 (1977)의 생산을 추정에 관한 연구, 박 (1981)의 성숙과 산란에 관한 연구, 장 등 (1992a, b, c)의 한국 연근해 참조기 자원의 자원량 변동, 자원생태학적 특성치 추정, 그리고 자원관리방안 연구 등이 있다. 또한 국립수산진흥원의 연근해 어업자원조사 보고서 (1988, 1990, 1993)에 참조기 자원에 관한 생물학적, 생태학적 특성 및 자원상태에 관한 연구, 양과 조 (1982)의 참조기 어장의 분포와 해황 간의 연구, Kim *et al.* (1997)의 참조기 개체군의 가입에 미치는 환경요인을 규명한 연구, 그리고 최근 백 등 (2004)에 의한 참조기 어장의 해황 특성에 관한 연구가 있다.

이처럼 참조기의 중요성에 의해 활발한 연구가 이루어져 왔지만 참조기 자원의 평가 및 관리에 관한 연구가 과거에 밝혀진 생물학적 특성치를 근거로 하고 있어 현재의 참조기 자원의 구조와 자원진단 및 평가와 관리를 하는데 있어 많은 차이가 있으리라 생각된다. 참조기의 연령과 성장에 관한 연구에 있어서 이 등 (2000)의 연구를 제외한 대부분의 연구에서는 연령형질로 이석이

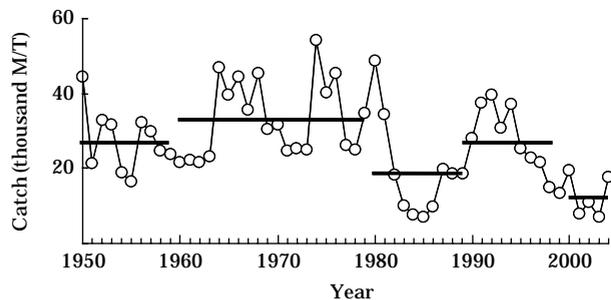


Fig. 1. Annual catch and decadal mean catch of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea (MOMAF, 1950~2004).

아닌 비늘을 사용하였다. Secor *et al.* (1995)에 의하면 비늘보다는 이석에 의한 연령사정의 결과가 개체의 생활사동안 생물학적 그리고 환경적인 요인을 더욱 반영한다고 한다.

본 연구에서는 2002년과 2005년 참조기의 이석 표본을 사용하여 연령과 성장에 관한 성장매개변수를 추정하였다. 본 연구의 결과가 감소하고 있는 참조기 자원의 정확한 평가 및 자원관리 더 나아가 자원회복에 관한 연구에 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 시료 채집

본 연구에 사용된 참조기는 쌍끌이대형기선저인망어업에 의해 어획된 것으로서 부산공동어시장에서 위판된 어획물 중 국립수산과학원에서 생물학적 조사를 위해 2002년부터 매월 표본 한 자료를 이용하였으며, 자료의 수집이 어려울 때는 목포에서 수집하기도 하였다. 어획된 참조기의 어장 위치는 제주도 근해, 즉 북서부, 남부 그리고 남서부를 중심으로 한 어장이었다 (Fig. 2). 시료는 총 1,175마리 채장과 체중을 측정하였으며, 그 중에서 506마리 정밀측정 (채장, 체중, 생식소무게, 암·수구분) 및 이석을 추출하여 연령사정에 사용하였다.

2. 연령사정

1) 이석 추출

2002년 2월부터 채집한 참조기 중에서 매월 30~90 마리씩 무작위 샘플링 하여 이석추출 및 정밀측정을 하

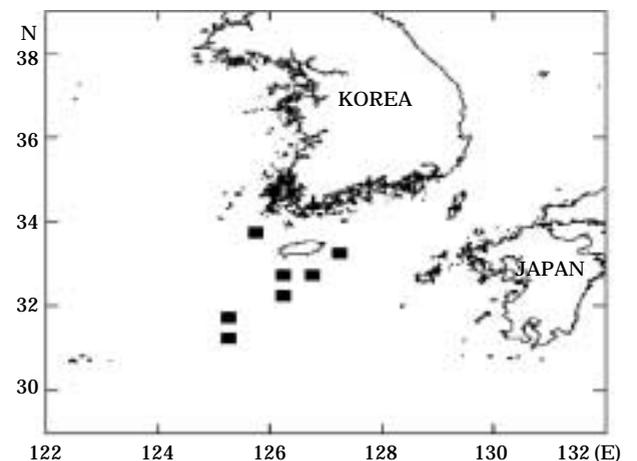


Fig. 2. Map showing the sampling sites of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea.

였으며, 나머지 시료들은 모두 체장과 체중을 측정하였다 (Table 1). 이석을 추출할 때 눈을 기준으로 하여 머리 윗부분을 절개하면 좌우로 이석 한 쌍이 보인다 (Fig. 3a). 어체에서 이석을 꺼낸 후 표면에 붙어 있는 이석낭과 이물질 제거한 후 시료의 통일성을 위해 우측 이석을 선택하여 연령사정에 이용하였다.

2) 몰딩 작업 (Molding)

몰딩 작업에 앞서 실리콘 탱크에 silicon mold release 를 충분히 뿌린 후 말린다. 실리콘 탱크 당 이석 3개를 고정시킨 후 Castolite Resin과 Castolite Hardener를 섞어 부은 후 48시간 정도 고정하였다 (Fig. 3b).

3) 절단하기 (Cutting)

몰딩된 이석을 동결조직절편기 (ISOMET 11, BUEHLER Co.)를 이용하여 몰딩된 면에서 1 mm 정도의 두께가 되도록 절편하였다 (Fig. 3c).

4) 연마하기 (Polishing)

절편된 참조기의 이석은 어느 정도 연륜 (annuli)이 보이기는 하나 더 선명하게 보기 위해서는 연마과정을 거쳐야 한다. 연마기 (Ecomet 4000, BUEHLER Co.)를 이용하여 연마를 하는데 3종류의 연마 종이 (Grit 400, 600, 800)를 단계별로 사용하였다 (Fig. 3d). 마지막으로 polishing clean paper로 마무리를 하면 윤이 아주 선명하게 나타난다.

5) 연령 사정

이석의 윤문은 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계

를 기준으로 하였으며, 이석의 반경은 핵으로부터 후단부 끝까지의 직선거리를, 윤경은 이석 중심으로부터 불투명대 끝까지의 직선거리를 저배율의 입체현미경 (SV-11, ZEISS Co.)과 컴퓨터의 영상분석 시스템 (IMAGE ANALYZER)을 이용하여 μm 단위로 측정하였다 (Fig. 3e and 3f). 이때 광원은 반사광 (2,800~3,000 Lux)을 사용하였다. 본 연구에 사용된 참조기 이석의 개수는 506개였고, 각 개체의 성별을 구분하였다.

3. 윤문의 대응성

이석에 나타나는 윤문이 연륜으로 적합한가를 확인하고 윤문 판독의 정확성을 검토하기 위해 각 윤문별로 윤경 간의 관계를 비교하여 윤문의 대응성을 검토하였다. 또한 윤문의 형성시기 및 형성회수를 추정하기 위해 연역지수 (Marginal Index, MI)의 월 변화를 조사하였고, 연역지수는 아래의 식 (1)을 이용하여 계산하였다.

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

여기서, R 은 이석의 중심부 초점에서 가장자리까지의 거리이고, r_n 은 초점에서 n 번째 윤경까지의 거리이다.

4. 체장 · 체중 관계

참조기의 체장과 체중 간의 관계를 알아보기에 앞서 자료의 오차구조 (error structure)를 확인하였다. 오차구조는 함수의 독립변수에 대하여 성장변이가 일정하면 합의 오차구조 (additive error structure)를 가지게 되고, 성장변이가 증가하면 곱의 오차구조 (multiplicative error structure)를 가지게 된다 (Quinn and Deriso, 1999). 체장에 대한 체중 간의 합의 오차구조와 곱의 오차구조 식은 아래와 같다.

$$BW = \alpha TL^\beta + \epsilon_i \tag{2}$$

$$BW = \alpha TL^\beta \cdot e^{\epsilon_i} \tag{3}$$

여기서, α 와 β 는 매개변수이고, ϵ_i 는 평균이 0이고 분산이 σ^2 인 임의의 오차항이다. 매개변수 추정은 합의 오차구조일 때는 비선형최소자승법 (nonlinear least squares)을 사용하고, 곱의 오차구조일 때는 식 (3)을 대수선형화시킨 후 선형최소자승법 (linear least squares)으로 추정한다.

5. 성장식 추정

참조기의 성장은 일반적으로 동물의 성장을 나타내는

Table 1. Number of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* randomly sampled for age determination in the South Sea of Korea in 2002 and 2005

Year	Month	No.	Mean TL±SE (cm)	Range of TL (cm)		
				Min.	Max.	
2002	Mar.	40	18.64±0.41	14.2	22.0	
	Apr.	*	*	*	*	
	May	22	17.05±0.41	14.4	20.8	
	Jun.	39	16.31±0.22	14.0	18.9	
	Jul.	27	17.81±0.29	15.4	20.6	
	Aug.	92	19.82±0.23	15.1	24.2	
	Sep.	81	20.14±0.26	15.2	23.8	
	Oct.	40	21.37±0.20	18.5	24.0	
	Nov.	29	19.98±0.50	17.4	25.7	
	Dec.	32	21.04±0.25	19.0	24.3	
	2005	Jan.	60	26.02±0.18	23.6	30.5
		Feb.	44	26.96±0.34	22.2	33.0
Total		506				

* No sampling

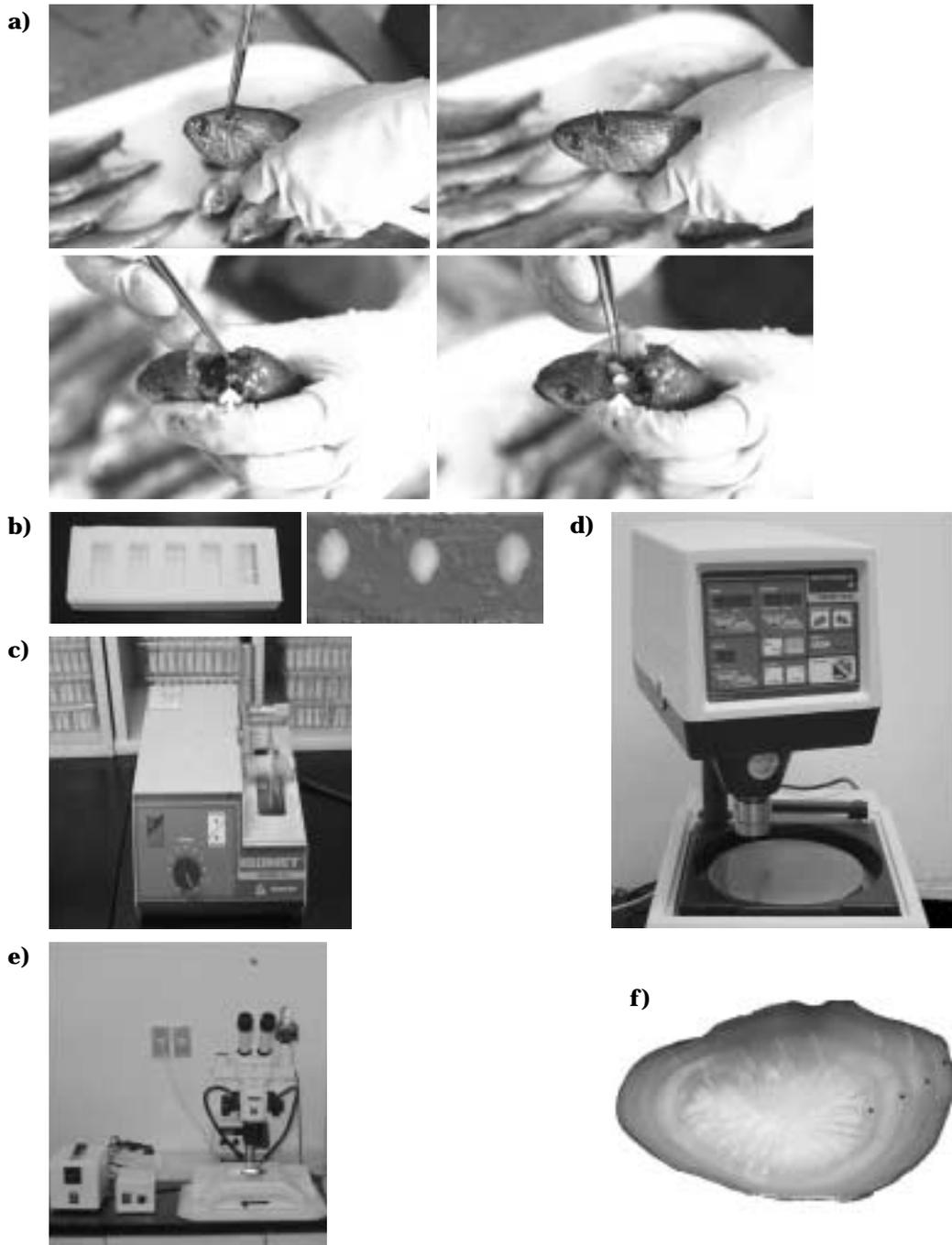


Fig. 3. Process of aging analysis of the small yellow coraker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea. a) Extracting process of the otolith, b) Silicone tank and molded otolith, c) Cutting machine, d) Grinder, e) Low magnification microscope and computer image analysis system., f) Reading otolith.

von Bertalanffy (1938) 성장식을 이용하여 추정하였다. von Bertalanffy 성장모델 역시 연령별 체장 측정치의 오차구조를 수반하는데 체장·체중 관계에서처럼 합의 오차구조와 곱의 오차구조를 가진다. 각각의 오차구조 모델 식은 다음과 같다.

$$L_i = L_\infty (1 - e^{-K(t_i - t_0)}) + \varepsilon_i \quad (4)$$

$$L_i = L_\infty (1 - e^{-K(t_i - t_0)}) \cdot e^{\varepsilon_i} \quad (5)$$

여기서, L_i 는 i 개체의 연령이 t 일 때의 체장이고, t_i 는 i 개체의 연령, L_∞ 는 이론적 최대체장, K 는 성장계수, t_0 는

체장이 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다. ϵ_i 는 평균이 0 이고 분산이 σ^2 인 임의오차항이다. von Bertalanffy 성장식의 매개변수 (L_∞ , K , t_0) 추정은 압·수로 구분하여 Walford 정착도법에 의해 추정한 각각 매개변수 값들을 초기값으로 사용하여 비선형최소자승법 (nonlinear least squares method)에 의해 성장매개변수들을 추정하였다.

결 과

1. 윤문의 대응성과 윤형성시기

참조기 이석에 나타난 윤문이 연륜으로 적합한가를 알아보기 위하여 각 연령별로 윤경 간의 관계를 검토하였다 (Fig. 4). 이석에 나타난 각 윤경은 인접한 윤경과

서로 중복됨이 없이 분리가 잘 되었고, 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 커짐에 따라 윤경 역시 크게 나타났다. 따라서 이석에 나타난 이석경과 윤경 간에 대응성이 있었다.

윤문이 형성되는 시기와 형성되는 횟수를 추정하기 위한 연역지수의 월 변화는 Fig. 5와 같다. 2월 이후 감소하기 시작하여 6월에 가장 낮은 값을 보였기에 이석의 윤문형성 시기는 5~6월이며, 주 형성 시기는 6월로 추정되었다. 윤문은 연 1회 형성됨을 알 수 있었다.

2. 체장과 체중 관계

참조기의 체장에 대한 체중의 오차구조를 알아보기 위해 1,175마리의 체장 (TL)과 체중 (BW) 간의 그래프를 통해 알아본 결과, 독립변수인 체장이 커짐에 따라 종속

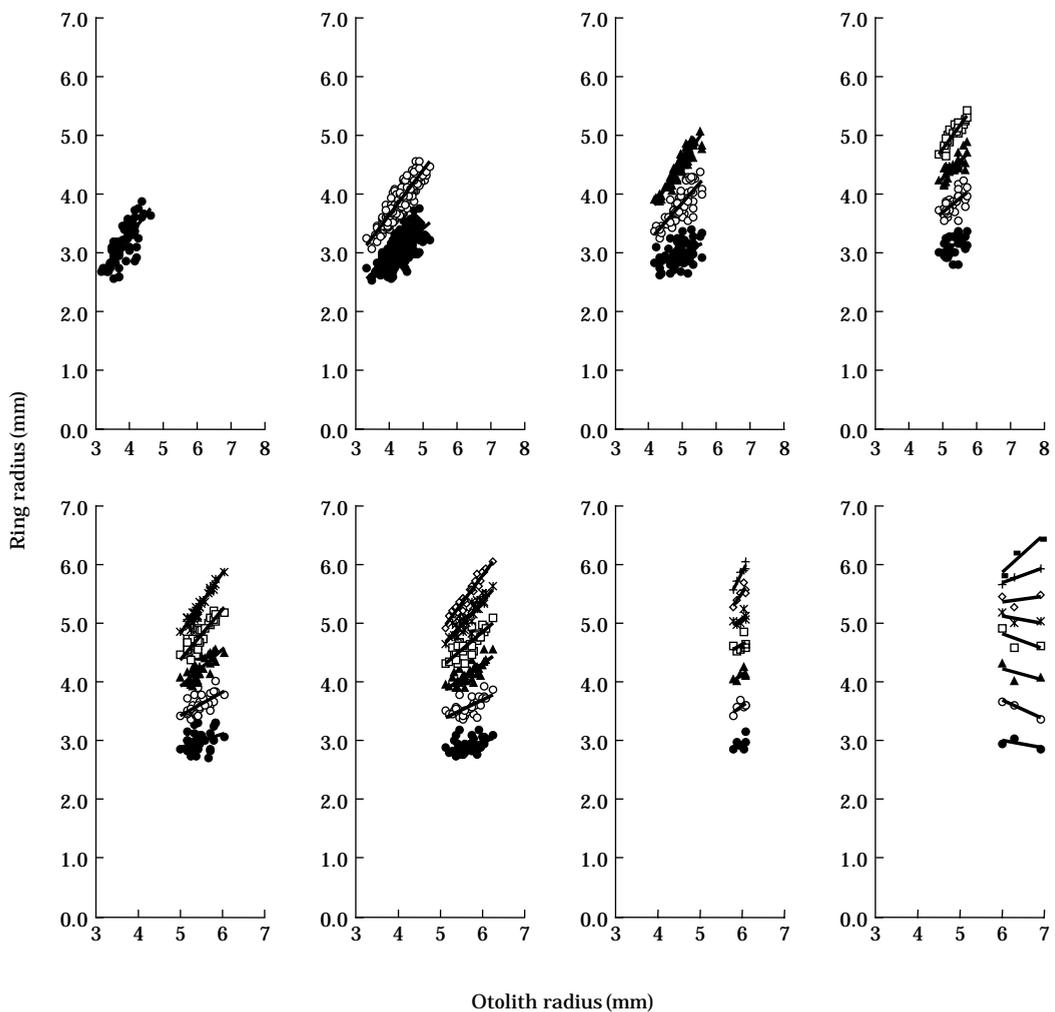


Fig. 4. Relationship between otolith radius and ring radius of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea.

변수인 체중변이가 점점 증가하는 곱의 오차구조 (multiplicative error structure)였다 (Fig. 6a). 따라서 식 (3)을 대수선형화 시킨 후 선형최소자승법으로 추정한 참조기의 체장과 체중 간의 상대성장식은 식 (6)과 같았다 (Fig. 6b).

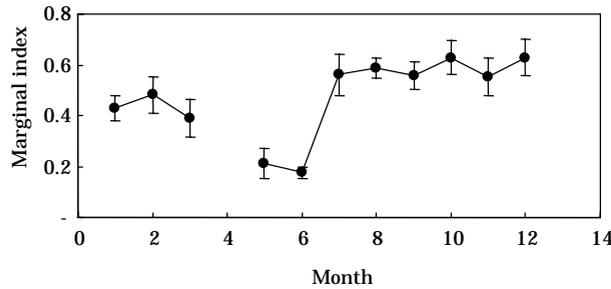


Fig. 5. Monthly change in the otolith marginal index (MI) of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea. Vertical bar presents 95% confidence interval.

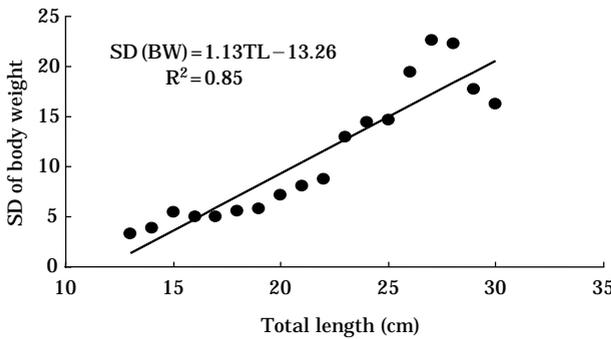


Fig. 6a. Relationship between total length and standard deviation (SD) of body weight of the small yellow croaker, *Larimichthys polyacties* in the South Sea of Korea.

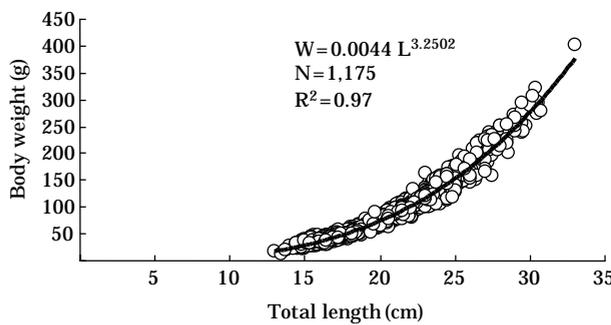


Fig. 6b. Relationship between total length and body weight of the small yellow croaker, *Larimichthys polyacties* in the South Sea of Korea.

$$BW=0.0044 TL^{3.2505} \cdot e^{\epsilon_i} \tag{6}$$

또한 참조기의 암·수의 체장과 체중 간의 상대성장식은 식 (7), (8)과 같았다.

$$\text{Female : } BW=0.0040 TL^{3.2783} \cdot e^{\epsilon_i} \tag{7}$$

$$\text{Male : } BW=0.0061 TL^{3.1369} \cdot e^{\epsilon_i} \tag{8}$$

5. 성장식 추정

506미의 참조기 이석을 연령사정한 결과 각 율문별 율문경은 Table 2와 같고, 최고연령은 수컷이 7세, 암컷은 8세까지 나타났다 (Table 3a). 참조기 시료의 율문경으로부터 추정된 연령조성 및 연령별 평균 체장은 Table 3b와 같고, 2세의 개체수가 가장 많아 표본 전체의 약 48%를 차지하였다.

참조기의 성장식을 구하기에 앞서 사용된 자료의 오차구조를 확인한 결과 연령에 따른 체장의 변이가 거의 일정한 합의 오차구조 (additive error structure)였다. von Bertalanffy 성장식의 매개변수 (L_{∞} , K , t_0)를 구하기

Table 2. Mean ring radius on the otolith of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea

Ring group (mm)	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈	No.	
1	3.81	3.16							88	
2	4.31	3.07	3.88						243	
3	4.88	2.98	3.78	4.46					68	
4	5.30	3.12	3.84	4.46	5.02				30	
5	5.45	3.00	3.60	4.20	4.77	5.27			36	
6	5.67	2.93	3.58	4.14	4.65	5.11	5.48		31	
7	5.96	2.95	3.57	4.12	4.63	5.07	5.49	5.84	7	
8	6.40	2.95	3.55	4.15	4.71	5.08	5.41	5.80	6.14	3
Sum									506	

Table 3a. Age composition of male and female of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea

Age	Male		Female	
	Mean TL	No.	Mean TL	No.
1	16.57	39	17.10	34
2	18.67	84	20.14	155
3	21.55	17	22.44	50
4	22.83	6	25.30	24
5	24.01	8	26.21	28
6	24.90	1	26.96	30
7	25.10	1	28.42	6
8			30.40	3
Sum		156		330

위해 연령별 평균체장자료를 이용하여 Walford의 정차도법에 의해 구한 결과를 초기값으로 하여 비선형최소자승법으로 추정된 참조기의 von Bertalanffy 성장식은 식 (9)와 같았고 (Table 4; Fig. 7), 암·수별 성장식은 다음 식 (10), (11)과 같았다 (Table 4; Fig. 8).

$$L_t = 33.88 (1 - e^{-0.20(t+2.39)}) + \epsilon_i \quad (9)$$

Table 3b. Combined age composition of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea. S.E. denotes standard error

Age	Mean TL (cm)	S.E. of TL	Range of TL (cm)		No.	Percentage (%)
			Min.	Max.		
1	16.61	0.18	14.0	21.9	88	17.93
2	19.60	0.13	14.8	24.8	243	48.02
3	22.24	0.16	19.3	25.7	68	13.44
4	25.24	0.27	20.0	27.8	30	5.93
5	26.04	0.26	23.6	30.5	36	7.11
6	26.90	0.34	24.0	30.5	31	6.13
7	27.91	0.70	24.9	31.1	7	1.38
8	30.40	1.45	28.0	33.0	3	0.59
Sum					506	100.00

Table 4. Estimated parameters of von Bertalanffy growth equation of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea

Sex	Method	L_∞	K	t_0	N	R^2
Combined	Walford	35.18	0.17	-2.70	8	0.95
	Non-linear	33.88	0.20	-2.39	506	0.77
Female	Walford	35.88	0.17	-2.61	8	0.97
	Non-linear	34.09	0.19	-2.60	330	0.79
Male	Walford	26.40	0.39	-1.89	7	0.85
	Non-linear	26.95	0.38	-1.44	156	0.62
Sex unidentified					20	

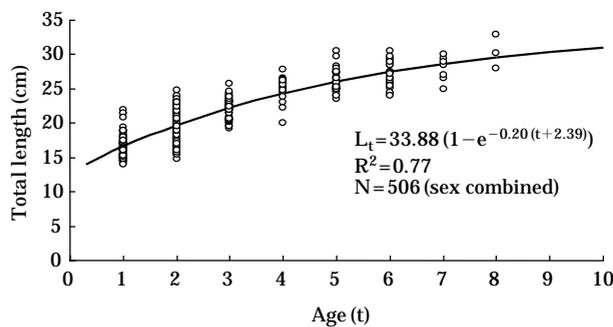


Fig. 7. The von Bertalanffy growth curve estimated by non-linear regression method of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea.

$$\text{Female : } L_t = 34.09 (1 - e^{-0.19(t+2.60)}) + \epsilon_i \quad (10)$$

$$\text{Male : } L_t = 26.95 (1 - e^{-0.38(t+1.44)}) + \epsilon_i \quad (11)$$

연령별 성장에 있어 암·수간의 차이가 있는 지를 알아보기 위해 회귀계수를 검정하였으나 유의한 차이가 없었으며 ($P > 0.05$), 위치차 (elevation)를 검정하였으나 역시 차이가 없는 것으로 나타났다 ($P > 0.05$; Table 5). 따라서 암·수간의 연령별 성장에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

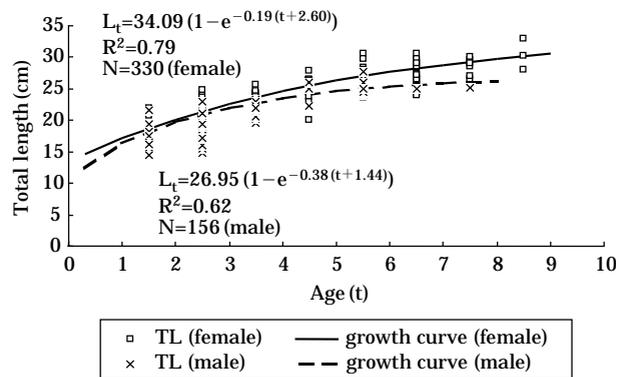


Fig. 8. The comparison of growth curves between female and male of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea.

Table 5. Test for the difference of regression coefficients and elevations between female and male of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the South Sea of Korea

Test	Statistics	Values
Regression coefficient	b_1	0.272
	b_2	0.255
	$S_{b_1-b_2}$	0.0176
	t	0.9645
	ν	482
	$t_{0.05(2),482}$	1.965
Elevation	P	> 0.05
	Ac	123.4
	Bc	33.0
	Cc	12.5
	SSc	3.6677
	DFc	483
	t	0.6737
	$t_{0.05(2),483}$	1.965
	P	> 0.05

b_i : Slope of i equation, $S_{b_1-b_2}$: Standard error of the difference between regression coefficients, Ac: Sum of squares of X, Bc: Sum of crossproducts, Cc: Sum of squares of Y, SSc: Residual SS, ν : Degrees of freedom, t : Test statistic value

고 찰

우리나라 서해안으로 회유해 오는 어군은 겨울철에 제주도 남서쪽 및 중국 상해 동남쪽에서 월동하고 봄이 되면 난류세력을 따라 북상하여 5월경 주 산란장인 연평도 근해에서 산란하고 산란을 마친 어군은 계속 북상하거나 황해의 가장 깊은 중심 해역으로 이동하여 활발한 먹이 섭취 활동을 하다가 가을이 되면 남하하기 시작한다(국립수산과학원, 2004). 참조기의 월별 어획량을 살펴보면 참조기가 남하하기 시작하는 8월부터 본격적인 어업이 시작되어 12월까지 전체 어획량의 약 80%를 어획한다(MOMAF, 2002).

수산자원 생물의 자원량을 추정하고 자원평가를 정확히 하기 위해서는 그 자원의 연령을 얼마나 정확히 추정하는가에 달려 있다고 해도 과언이 아닐 것이다. 그만큼 연령 사정은 중요한 것이며 한 수산자원을 연구하는데 있어서의 출발점인 것이다. 얼마 전까지만 해도 대부분의 연령사정은 작업의 편리성과 수집의 용이성 그리고 시간절약 등의 이유로 비늘(scale)을 이용하여 수행되어 왔다. 그러나 Secor *et al.* (1995)에 의하면 비늘을 이용한 연령사정은 몇 가지 문제점이 있다. 우선, 개체의 성장과정 중 비늘의 탈락이 발생할 가능성이 있고, 다시 생성되는 비늘은 실질적인 개체의 연령형질이 못된다는 것이다. 또한 한 개체의 비늘이라 하더라도 채취 부위에 따라 모양과 크기가 달라서 성장을 나타내는 데에 많은 오차를 수반한다는 것이다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 개체의 생활사 동안 생물학적 요인과 환경적인 요인을 반영하는 이석(otolith)을 이용한 연령사정이 일반적인 방법으로 이용되고 있다.

이 등(2000)은 이석의 윤문을 판독함에 있어서 이석의 초점을 중심으로 세로로 절단하여 판독하였지만 본 연구에서는 이석을 수평으로 몰딩한 후 불규칙한 윗부분과 아래의 볼록한 부분을 조금씩 절단하여 이석의 초점과 윤이 선명하게 나타날 때까지 계속 갈아서 윤문을 판독하였다. 이 방법은 시간이 다소 걸리는 단점이 있으나 이석의 핵이 보일 때까지 갈기 때문에 정확한 윤문

을 판독할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서 참조기의 체장과 체중 간의 관계를 알아보기 위하여 체장별 체중을 plotting하여 자료의 오차구조를 확인한 결과 체장이 증가할수록 체중의 변이가 커지는 곱의 오차구조(multiplicative error structure)를 가지고 있었다. 매개변수는 선형최소자승법(linear least squares)을 사용하여 추정하였고, 추정된 β 의 95% 신뢰구간이 3.2171~3.2830으로 상대성장모델(allometric model, $\beta \neq 3$)을 따름을 알 수 있었다. 참조기의 체장별 체중의 상대성장에 있어서 암·수간에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 회귀계수를 검정한 결과 유의한 차이가 있었지만($P < 0.001$), 연령별 성장에 있어서는 회귀계수 검정과 위상차 검정을 한 결과 각각 암·수간에 차이가 없는 것으로 나타났다($P > 0.05$).

수산생물의 성장을 나타내는 데는 여러 종류의 모델이 사용되지만 본 연구에서는 일반적으로 수산자원연구에 이용되는 von Bertalanffy 성장모델을 이용하여 성장매개변수들을 추정하였다. 연령별 체장을 plotting한 결과 합적의 오차구조(additive error structure)를 보였으며, 비선형최소자승법(non-linear least squares)을 사용하여 매개변수들을 계산하였다. 본 연구에서는 전통적 방법인 연령별 평균체장을 사용하여 성장식을 추정하지 않고, 모든 개체에 대한 연령별 체장 자료를 사용하여 자료들의 오차구조를 먼저 밝힌 다음 성장매개변수들을 추정함에 따라 이전보다 더 정확하고 실질적인 매개변수 값들을 추정할 수 있었다. 연령별 평균체장만을 사용하여 성장매개변수들을 추정할 경우 평균체장에 대한 편차들이 전혀 고려되지 않으므로 여기서 구해진 통계치들, 예로 결정계수(R^2) 값은 일반적으로 0.99에 가까운 매우 높은 값을 나타내게 되는데 이러한 값들은 실제 값이 될 수 없다(이와 장, 2000).

참조기의 연령별 평균체장을 비교하기 위해서는 같은 연령 형질을 사용했어야 하나 배(1960), 정(1970) 그리고 황과 최(1980)는 비늘을 사용하였고, 이 등(2000)과 본 연구에서는 이석을 사용하였다. 1세를 제외한 각 연령별 평균체장은 감소하였고, 이전 연구에서는 9세 이상의 고연령어가 나타났으나 본 연구에서는 최고연령이 8

Table 6. Comparison of mean total length (cm) at age of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in Korean waters

Author\Age	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Remark
Bae (1960)		16.7	22.2	26.1	29.5	32.3	34.9	37.3	39.5				Scale
Chung (1970)		15.7	22.4	25.8	28.6	30.6	31.8	32.7	33.4	33.8	34.1	34.3	"
Hwang & Choi (1980)		14.9	20.9	25.2	28.3	30.5	32.1	33.3	34.1	34.7	35.1	35.4	"
Lee <i>et al.</i> (2000)	14.0	16.1	20.5	23.3	25.8	27.8	28.8	31.2	32.2	33.3	-	31.8	Otolith
This study (2005)		16.6	19.6	22.2	25.2	26.0	26.9	27.9	30.4				"

Table 7. Comparison of growth parameters of the small yellow croaker, *Larimichthys polyactis* in the Korean waters

Authors	L_{∞} (cm)	K	K/L_{∞}	t_0	Remark
Bae (1960)	49.77	0.166	0.003	-0.59	Scale
Chung (1970)	34.69	0.376	0.011	-0.61	"
Hwang & Choi (1980)	36.20	0.332	0.009	-1.43	"
Lee <i>et al.</i> (2004)	37.11	0.201	0.005	-1.88	Otolith
This study (2005)	33.54	0.207	0.006	-2.30	"

세로 나타냈다 (Table 6).

마지막으로 이석을 사용하여 성장매개변수를 추정한 이 등 (2000)과 본 연구의 연구 결과를 비교해 볼 때, 이론적 최대체장 (L_{∞})은 37.11에서 33.54로 감소하였고, 성장계수 (K)는 0.201에서 0.207로 증가하였다. 즉, 참조기는 계속해서 소형화가 되어가고 성장은 빨라짐을 알 수 있다 (Table 7). 이러한 이유는 어획물의 대부분이 미성어, 즉 산란에 한번도 참여하지 못한 어린고기들이 어획되는 악순환이 계속되기 때문이라고 생각된다.

적 요

본 연구는 우리나라 주요 어종 중의 하나인 참조기의 이석을 이용하여 최근 어획되는 참조기의 연령과 성장을 추정하였다. 연구에 사용된 참조기의 이석은 제주도 근해에서 쌍끌이기선저인망어업에 의해 어획된 것으로 2002년 3월부터 12월 자료와 2005년 1, 2월 자료이다. 사용된 개체수는 1,175마리였고, 연령사정에 이용된 개체수는 506마리였다.

체장의 범위는 16.3~26.9 cm였으며, 연령은 수컷이 7세, 암컷이 8세까지 나타났다. 참조기의 전중 (Body Weight)와 체장 (Total Length)의 관계는 $BW=0.0044 TL^{3.2502}$ ($R^2=0.97$) 이었고, 암·수별로 체장에 대한 전중의 차이가 있었다 ($P<0.05$). 참조기의 연령에 대한 체장 자료의 오차구조를 확인한 결과 합의 오차구조를 가지고 있었으며, 참조기의 성장식은 von Bertalanffy model을 사용하여 추정하였다. 비직선회귀 (non-linear regression) 방법을 이용하여 추정한 참조기의 성장식은 $TL=33.88 (1 - e^{-0.20 (+2.39)t})$ ($R^2=0.77$) 이었다. 암·수간의 연령에 대한 체장의 상대성장에는 차이가 없는 것으로 나타났다 ($P>0.05$).

사 사

이 연구는 국립수산과학원 (배타적경제수역 어업자원

관리 연구 RP-2006-FR-003)의 지원에 의해 수행되었습니다. 본 논문을 세밀하게 교정해 주시고 잘못된 부분들을 지적하여 논문의 질을 향상시켜 주신 익명의 심사자들에게도 감사를 드립니다.

인 용 문 헌

Bertalanffy, L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). *Hum. Biol.* 10(2) : 181~213.

Ikeda, I. 1964. Studies and fishery biology of the yellow croaker in the East China and Yellow Seas. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.* 31 : 49~81.

Kim, S., S.J. Jung and C.I. Zhang. 1997. The effect of seasonal anomalies of seawater temperature and salinity on the fluctuation in yields of small yellow croaker, *Pseudosciaena polyactis*, in the Yellow Sea. *Fish. Oceanogr.* 6(1) : 1~9.

MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries). 1950-2004. Statistical Year Book of Maritime Affairs and Fisheries.

Quinn II T.J. and R.B. Deriso. 1999. Quantitative Fish Dynamics. Oxford Univ. Press, New York, 542pp.

Secor, D.H., J.M. Dean and S.E. Campana. 1995. Recent Developments in Fish Otolith Research. Univ. South Carolina Press. U.S.A., 735pp.

국립수산진흥원. 1979. 한국해양편람. 제3판, 650pp.

국립수산진흥원. 1988. 연근해어업자원평가. 수산자원조사보고, 제10호 Part I. 254pp.

국립수산진흥원. 1990. 연근해 어업자원의 적정어획강도. 수산자원조사보고, 제11호.

국립수산진흥원. 1993. 연근해 어업자원의 동향. 수산자원조사보고, 제14호.

국립수산과학원. 2004. 한국 연근해 유용어류도감. 333pp.

박차수. 1981. 한국 서해산 참조기의 성숙과 산란. 수진 연구보고, 27 : 93~101.

배동환. 1960. 한국 근해에 있어서 참조기 자원의 자원생물학적 연구. 수진수산자원 조사보고, 4(53) : 61~62.

백철인·조규대·이충일·최광호. 2004. 한국연근해 참조기 (*Pseudosciaena polyactis* Bleeker) 어장의 해황 특성. 한수지, 37(3) : 232~248.

양성기·조규대. 1982. 동지나해 참조기 어장 분포와 해황과의 관계. 한수지, 5(1) : 26~34

이만우·장창익·이장욱. 2000. 이석을 이용한 참조기 (*Pseudosciaena polyactis* Bleeker)의 연령사정과 성장식 추정. 한국어업기술학회지, 36(3) : 222~233.

이선길·장창익. 2000. 한국 남해안 조간대에 서식하는 우럭, *Mya japonica*의 자원생태학적 특성. 한국어업기술학회지, 36(3) : 234~243.

- 이장욱. 1977. 황해 · 동지나해산 참조기의 연령조성과 생산율의 추정. 수진연구보고, 16 : 7~31
- 장창익 · 김수암 · 윤성봉. 1992c. 한국 근해 참조기의 자원평가 및 관리방안. 한수지, 25(4) : 282~290.
- 장창익 · 김용문 · 유신재 · 김종관 · 안순모. 1992a. 한국 근해 참조기 자원의 자원량 변동에 관한 연구. 한수지, 25(1) : 37~44.
- 장창익 · 김용문 · 유신재 · 박차수 · 김수암 · 김종관 · 윤성봉. 1992b. 한국 근해 참조기 자원의 자원생태학적인 특성치 추정. 한수지, 25(1) : 29~36.
- 정상철. 1970. 한국 서해산 참조기의 연령과 성장. 한수지, 3(3) : 154~160.
- 황번일 · 최수하. 1980. 황해 · 동지나해산 참조기의 연령과 성장. 수진 연구보고, 23 : 171~178.

Received: January 31, 2006

Accepted: March 8, 2006