

남해 신수도 연안에 분포하는 까나리 (*Ammodytes personatus*)의 성장

김 영 혜 · 강 용 주 · 류 동 기*

부경대학교 해양생물학과, *군산대학교 양식학과

Growth of *Ammodytes personatus* in the South Sea, Korea

Yeong Hye Kim, Yong Joo Kang and Dong Ki Ryu*

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

*Department of Aquaculture, Kunsan National University, Kunsan 573-360, Korea

Growth of *Ammodytes personatus* was investigated based on the specimens collected in the costal waters of Shinsudo, Sacheon from March 20 to December 14, 1988.

Age determination based on otolith. The rings in the otolith were used as the basis for age annulus. The time of ring formation was estimated to one time per year in May for 1st ring group and March for 2nd ring group. The spawning season peaked in December. It takes approximately 16 months for the first ring and 11 months for the second ring to form in the otolith. The opaque zone was formed and marked over summer at 1st ring group and spawning mark at 2nd ring group. The relationship between the total length (TL) and otolith radius (R), and body weight (BW) were represented respectively as follows: $TL = 29.17 + 182.9R$, $BW = 4.9 \times 10^{-8} TL^{3.9587}$. Von Bertalanffy growth model is $TL_t = 177.273 (1 - e^{-0.040(t+7.332)})$, Robertson growth model is $TL_t = \frac{150.275}{1 + 2.085e^{-0.099t}}$ and Gompertz growth model is $TL_t = 157.551e^{-1.214 \exp(-0.069t)}$.

Key words : *Ammodytes personatus*, growth, otolith, age determination, spawning mark, opaque zone

서 론

까나리 (*Ammodytes personatus*)는 냉수성 연안성 어류로서 우리 나라 동·서·남해 연안 및 일본, 알래스카 연안에 널리 분포하고 있다. 수온이 올라가는 여름철에는 연안 바깥으로 나가 하면을 한 뒤 수온이 내려가면 다시 연안으로 회유해 오는 생태적인 특성을 가진 종이다 (Kim *et al.*, 1994). 식성은 부유성 소형 갑각류, 곤쟁이류 및 동물성 플랑크톤을 먹는다 (Kim and Kang, 1991).

까나리는 어식성 어종의 먹이 생물로서 어류군집의 먹

이사슬에서 매우 중요한 위치를 차지하고 있다 (Hamada, 1983). 우리 나라에서는 어류 양식이 발달함에 따라 양식어종의 생사료로서 이용되어지고 있었지만 저급 생사료를 급이하여 양식을 할 경우, 어류의 성장 속도와 질병 등을 고려하여 고급 생사료를 많이 이용하여 왔던 실정이다. 그러나 한·일어업협정 발효 이후 고급 생사료로 사용되는 고등어, 정어리 및 전갱이의 어획이 부진하고, 기존 생사료용 갈고등어가 식용으로 전환되면서 저급 사료인 까나리, 멸치류, 밴댕이, 청어, 베도라치 등의 수어가 급증하여 까나리의 가치가 급상승하고 있다 (Hwang, 1999). 또한 일반 가정에서 김치의 부원료인 액젓으로 공

장에서 대량 생산되어지고 있다(Kim *et al.*, 1995). 이와 같이 까나리의 수요가 급증하게 됨에 따라 까나리 자원의 중요성도 함께 급증하고 있다. 따라서 까나리 자원 변동의 요인인 성장상태를 분석함으로써 까나리 자원을 합리적으로 이용 관리할 수 있을 것이다.

본 종에 관한 연구를 살펴보면, Jeong *et al.* (1997)이 동해산 까나리의 연령 성장 및 성숙에 관한 연구가 있을 뿐이며, 이 종에 대한 연령과 성장에 관한 연구는 국내외적으로 활발하지 않은 편이다. 또한 까나리 속에 관련된 연구를 살펴보아도 연령과 성장 및 성숙에 관한 논문은 없는 반면, 생리적인 측면이나, 군집에 관련된 연구 및 해조류(Sea birds)의 먹이 생물로서의 연구 등이 활발할 뿐이다.

본 연구는 까나리 자원의 연구에 기초가 되는 성장상태를 알기 위해 이석을 이용한 연령, 윤문 형성원인, 성장 및 산란시기 등을 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 표본은 치어의 이석에 나타난 일륜에 의한 초기성장에 대해 연구한 Kim *et al.* (1999)의 연구 지점에서 1988년 3월 20일부터 12월 14일까지 9회에 걸쳐 916마리를 어획한 것이다.

채집된 표본은 현장에서 즉시 ice-box에 넣어 실험실로 운반하여 전장은 1 mm 단위까지, 체중은 1 mg까지 측정하였다.

연령형질로 사용한 이석은 안와후연의 중앙후하부골을 절개하여 좌우 한 쌍을 끄집어내었다. 적출한 이석은 0.4~0.5% KOH 용액에 약 1~2일 침적시킨 후 물로 세척하여 표면에 붙은 이물질을 완전히 제거하였다. 이석의 면은 사포 600번과 1,000번에 차례로 갈아 표본을 박판으로 만든 후 물로 세척한 뒤 완전히 건조시켰다. 이와 같이 처리한 이석을 슬라이드 글라스 위에 놓고 Canada-balsam 용액을 떨어뜨려 cover-glass로 덮어 영구표본을 만들었다. 치어의 이석은 Kim *et al.* (1999)의 것을 사용하였다.

표본 제작된 이석은 중심부에 있는 초점을 중심으로 타원형의 불투명대와 투명대가 교대로 뚜렷이 나타났다. 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계보다는 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 명확하였으므로, 이를 윤문으로 판독하였다. 각 개체마다 적출한 한 쌍의 이석 중 윤문이 뚜렷한 것을 선택하여 초점(F)에서 이석의 연변까지 최장축을 측정기준선으로 설정하고, 측정기준선을 따라 초점에서 연변까지의 거리를 이석경(R)으로 하였다. 윤경의 측정에는 쌍안해부현미경을 이용하여 mic-

rometer로 측정하였다. 초점에서 제 1윤문까지의 거리를 제 1윤경(r_1), 초점에서 제 2윤문까지의 거리를 제 2윤경(r_2)으로 하여 초점에서 각 윤문까지의 윤경을 측정하였다(Fig. 1).

판독한 윤문이 연령 형질로 적합한 가를 검토하기 위해 이석경과 윤경간의 대응성과 윤문의 형성시기 및 주기성을 검토하였다.

연령형질로서 확인된 윤문이 1년에 몇번이 형성되는지를 알기 위해 연역지수(Marginal index: $MI = (R - r_n) / (r_n - r_{n-1})$)의 월별 변화를 추정하였다. 여기서 R은 이석경, r_n 은 이석의 중심부에서 n번째 윤문까지의 거리이다. 산란기는 생식선 속도지수(Gonadosomatic index: $GSI = (GW/TL^3) \times 10^4$)로서 추정하였다. 여기서 GW는 생식소 중량, TL은 전장이다.

초륜이 형성되는데 소요되는 기간은 산란기와 윤문 형성시기로 추정하였다. 그리고 평균 윤경으로부터 윤문 형성시의 전장을 역계산하는 데는 이석경과 전장간의 직선회귀관계를 적용하였다. 전장과 체중간의 관계는 Huxley (1932)의 상대성장식을 적용하여 분석하였고, 앞의 두 식에 역계산 전장을 대입함으로써 윤문 형성시의 체중을 추정하였다.

채집된 각 개체들의 월령은 다음과 같은 방법으로 추정하였다. 0세군은 Kim *et al.* (1999)의 일령에 의해 나이가 추정된 개체들 중 같은 월에 태어난 개체들을 같은 월령으로 보고 이들 개체들의 평균 전장으로 나타내었다. 1세군과 2세군은 채집월일 등을 토대로 하여 각 개체들의 나이를 월별로 환산하여 평균 나이별 평균 전장들로 나타내었다.

성장 방정식은 non-linear 방법(SigmaPlot 4.00, SPSS inc., 1997)을 사용하여 극한체장과 각 parameter를 추정하였고, 추정 성장모델은 von Bertalanffy, Robertson, Gompertz와 Pauly and Gaschütz (1979)의 성장식을 이용하여 추정하였다.

Fig. 1. Focus (F) and ring radius (r_n) on the otolith of *A. personatus*.

결 과

연령형질

이석에 나타나는 윤문이 연령 형질로서 적합한 가를 확인하고, 확인된 윤문 중 위륜과 이상 형성륜을 가려내기 위해 이석경과 윤경간의 관계를 비교하였다(Fig. 2). 각 윤경은 인접한 윤경과 서로 명확히 분리되었다. 더우기 같은 수의 윤문을 가지는 경우에도 이석경이 커짐에 따라 윤경 역시 크게 나타났다. 따라서 이석에 나타나는 윤문을 판독한 결과 대응성과 주기성을 가지므로 이석이 동종의 연령형질로 적합하다고 판단하였다.

윤문 형성시기 및 형성회수

연변부 성장지수(MI)의 월별 분포를 보면(Fig. 3), 1륜군은 3월부터 5월초에 형성되었고, 2륜군은 3월에 형성되었으며, 年 1회 윤문이 형성되는 것으로 나타났다.

산란시기

생식선 속도지수는 11월부터 증가하기 시작하여 12월에 높은 값을 나타내었고, 3월부터 6월까지는 낮은 값을 나타내었다. 따라서 산란기는 11월부터 시작되어 12월에 집중적으로 산란이 이루어지는 것으로 추정되었다(Fig. 4).

까나리의 주 산란기는 12월로 추정되었고, 제 1륜이 이듬해 3~5월에 형성됨을 고려할 때 제 1륜이 형성되는 시기는 적어도 산란 후 15~17개월이 지난 후에 형성되

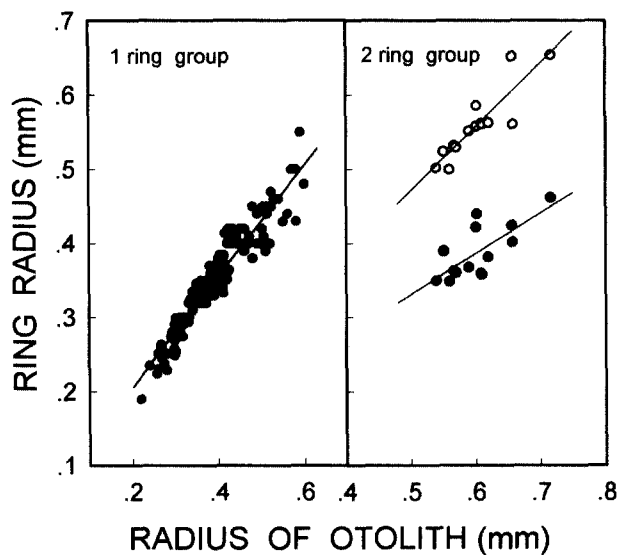


Fig. 2. Relationships between otolith radius and ring radii of *A. personatus*.

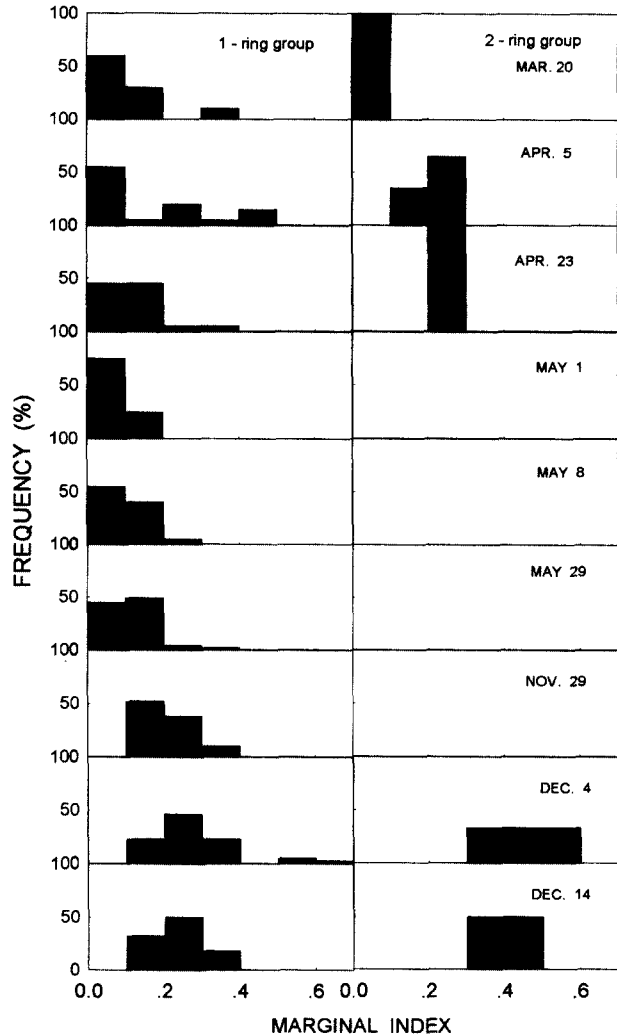


Fig. 3. Monthly distribution of marginal index in otolith of *A. personatus*.

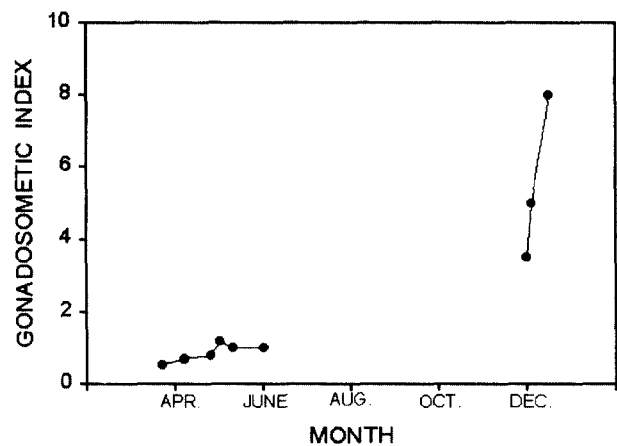


Fig. 4. Monthly change of gonadosomatic index of *A. personatus*.

Table 1. Average ring radius on the otolith of *A. personatus*

Ring group	No. of specimen	R	Ring radius (mm)	
			r ₁	r ₂
0	606	0.2151		
1	296	0.4235	0.3661	
2	14	0.6077	0.3936	0.5613
		Mean	0.3799	0.5613

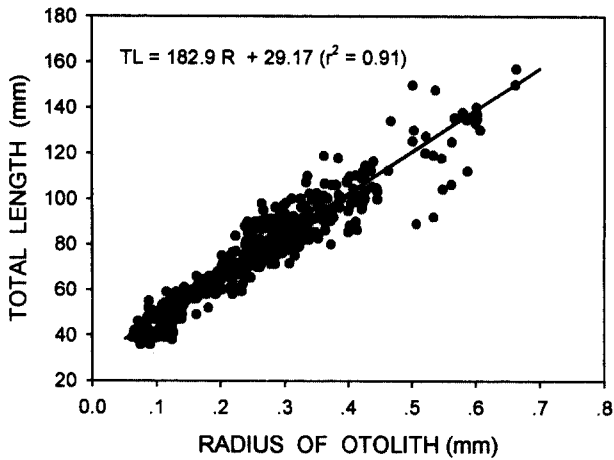


Fig. 5. Relationships between otolith radius (R) and total length (TL) of *A. personatus*.

므로 산란 후 제 1윤문이 형성되기까지 소요되는 시간은 평균 16개월이었다. 그러나 제 2륜이 형성되는 시기는 3월이므로 제 1륜 형성 후 제 2륜이 형성되기까지 소요되는 시간은 평균 11개월로 추정되었다.

성장식 추정

이석의 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계가 年 1 회 형성되는 주기성을 가지는 윤문임을 확인하고, 이 윤문을 연령으로 간주하여 각 연령의 평균 윤경을 구하였다 (Table 1). 이석의 중심부에서 각 연령까지의 평균 윤경이 1세군(r₁)은 0.3799 mm 이었고, 2세군(r₂)은 0.5613 mm로 나타났다.

Table 1의 각 평균 윤경으로부터 윤문 형성시의 전장을 역 계산하기 위하여 이석경(R)과 전장(TL)간을 검토한 결과 TL = 182.9R + 29.17의 직선회귀 관계가 있었으며 (Fig. 5), 전장(TL)과 체중(BW)간의 관계식은 BW = 4.90 × 10⁻⁸ TL^{3.9587}의 상대성장식을 구할 수 있었다 (Fig. 6).

이로부터 윤문 형성시의 평균 전장과 평균 체중을 역 계산 추정하였다 (Table 2). 까나리의 산란기가 12월이고,

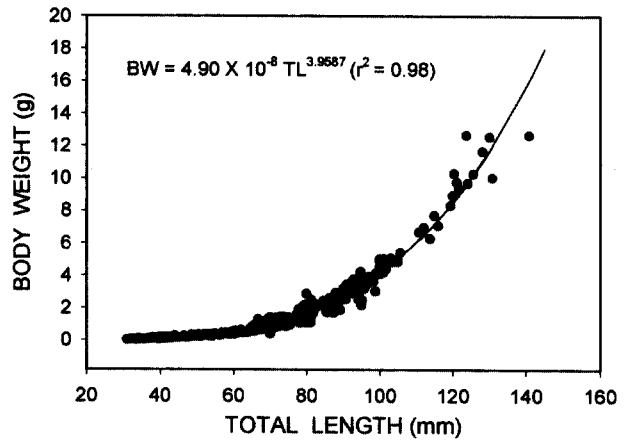


Fig. 6. Relationships between total length (TL) and body weight (BW) of *A. personatus*.

Table 2. Back-calculated total length and body weight at the formation of the otolith ring of *A. personatus*

Ring group	Ring	
	1st	2nd
Total length (mm)	1	95.71
	2	130.61
	Mean	98.17
Body weight (g)	1	2.39
	2	7.06
	Mean	2.62

제 1륜이 이듬해 3~5월에 형성됨을 고려할 때 제 1륜이 형성되는 시기는 적어도 산란 후 15~17개월이 지난 후에 형성되므로 산란 후 제 1윤문이 형성되기까지 소요되는 시간은 평균 16개월인 것으로 판단된다. 따라서 초륜 형성시의 평균 전장과 평균 체중은 TL_{16.0} = 98.17 mm와 BW_{16.0} = 2.62 g이었다. 제 2륜이 형성되는 시기는 3월이므로 초륜이 형성된 후 제 2륜이 형성되기까지 소요되는 시간은 평균 11개월인 것으로 판단되었다. 따라서 제 2륜이 형성되기까지 소요되는 기간은 27.0개월로 판단되었다. 따라서 제 2륜 형성시의 평균 전장과 평균 체중은 TL_{27.0} = 130.61 mm와 BW_{27.0} = 7.06 g이었다.

각 개체의 추정된 나이인 월령에 따른 평균 전장과 체중을 나타내면 Table 3과 같다.

또한, non-linear방법에 의해 추정된 von Bertalanffy 성장식의 극한 체장은(L_∞)은 177.273 mm이고, 성장계수(K)는 0.040, 전장이 0일 때의 나이(t₀)는 7.332로 추정되었고, 이들 parameters에 의해 추정되어진 von Bertalanffy 성장식은 TL_t = 177.273 (1 - e^{-0.040(t+7.332)})로 추정되었으며 (Fig. 7), Robertson 성장식은

Table 3. The mean of total length and body weight for each age of *A. personatus*

Age (month)	No. of specimen	Total length (mm)	Body Weight (g)
0.5	39	43.1	0.11
1.5	43	51.0	0.25
2.5	68	54.9	0.36
3.5	74	65.2	0.67
4.5	57	72.8	1.04
11.7	44	78.3	1.20
12.2	44	81.3	1.67
12.8	50	84.6	1.49
13.0	38	85.5	1.79
13.3	131	80.8	1.63
14.0	18	92.6	2.55
14.7	22	95.6	2.28
15.2	29	103.4	4.46
15.8	20	103.6	3.75
16.0	29	103.4	3.73
16.3	40	86.4	2.03
17.0	69	101.5	3.70
23.0	29	110.9	3.50
23.1	30	115.6	4.37
23.5	28	118.0	2.84
26.7	1	146.0	8.30
27.2	7	138.5	10.57
28.0	1	144.0	13.00
35.1	3	144.6	13.82
35.5	2	141.0	13.78

고찰

이석의 구조는 탄산칼슘(CaCO₃)의 결정체와 유기물질로 구성되어 있는데 경골어류에서 탄산칼슘의 결정체는 aragonite이고, 유기물질은 otolin이라 불리는 단백질이다. 온대지방 어류 이석의 현미경적 구조를 보면 투명대는 aragonite needles가 짧고 가늘며, 때로는 유기섬유와 거의 구분이 안된다. 이는 대사 활동이 적어짐에 따라 유기물질의 축적이 감소되지만 탄산칼슘은 더욱 감소되어, 투명대에는 유기물질인 otolin이 우세하다. 반면 신진대사의 활동이 활발한 시기에는 aragonite needles가 길고 상대적으로 두꺼우며, 유기물질은 얇다. 이와같은 이석에 나타나는 투명대와 불투명대의 구조적 및 화학적 변화는 계절적인 환경변화에 기인된 어류의 생리적인 변화에 지배를 받는 것으로 알려져 있다. 어류의 이석에 나타나는 불투명대와 투명대가 교대로 형성되는 원인을 살펴보면, 연륜은 섭이량, 산란 및 월동에 의한 기호로서 어류의 생활주기인 계절변동과 깊은 관계가 있고(田中, 1985), 일륜은 수온과 빛 등의 일주기와 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Taubert and Coble, 1977).

까나리의 연륜은 年 1회 형성되고 형성시기는 연령에 따라 차이가 있다. 1륜군은 3월부터 형성되기 시작하여 5월초에 집중적으로 형성되는 반면, 2륜군은 3월에 모두 형성되는 것으로 나타났다. 이는 한번 산란에 참여했던 2세군은 산란 시기가 1세군보다 빠르게 이루어지고 처음 산란에 참여하는 1세군은 산란에 늦게 참여함으로써 늦게 형성되는 것으로 판단된다. 따라서 까나리의 이석은 6월부터 11월까지 하면(夏眠)하고 있는 동안 투명대를 형성하는 것으로 판단된다. 하면이 끝난후 성장이 이루어지므로 불투명대를 형성하던 중에 산란이 일어나고 산란이 이루어진 다음 다시 성장이 활발히 이루어지는 것으로 판단되어진다. 이와같은 결과는 Hamada (1983)의 연구와 잘 일치하고 있다.

까나리의 산란기는 Kim *et al.* (1999)에 의해 이석의 일륜에 의한 치어의 발생년월일로서 살펴본 결과 11월 3일부터 3월 8일로 추정되었고, Hamada (1979)의 연구에서도 산란기는 11월부터 3월로 추정하고 있었으나, 주 산란기는 12월로 추정하였다. 그리고 Jeong *et al.* (1997)의 연구에서도 산란기를 11월에서 12월로 추정하였으며, 주 산란기를 12월로 추정하였다. 따라서 본 연구는 속도지수의 자료로는 부족하나 앞의 연구 결과에 의거하여 주 산란기를 12월로 추정하였다.

까나리는 냉수성 연안 어류로 수온이 올라가는 6월부터는 연안 바깥으로 나가 모래 밑에서 하면(夏眠)을 하

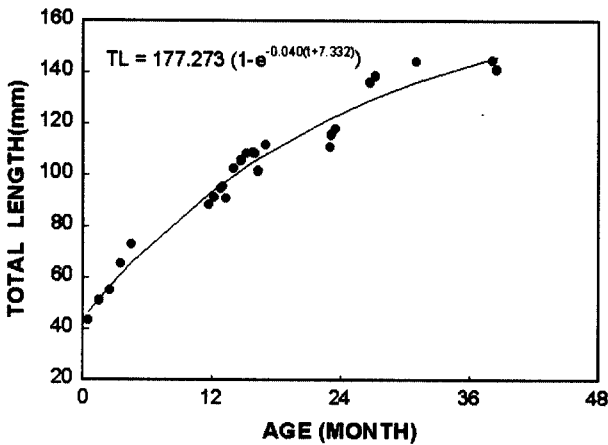


Fig. 7. Growth curve of von Bertalanffy of *A. personatus*.

$TL_t = \frac{150.275}{1 + 2.085e^{-0.099t}}$ 이고, Gompertz 성장식은 $TL_t = 157.551e^{-1.214 \exp(-0.069t)}$ 이었으며, Pauly and Gaschütz의 계절성장식은

$TL_t = 147.358 (1 - e^{-0.120 (t - 2.900 + \frac{4.302}{2\pi} \sin 2\pi (t - 68.413))})$ 으로 추정되었다.

는 생태적인 특징을 가지고 있는 것으로, 하면(夏眠)이 끝나는 11월까지의 성장이 지연된다. 그리고 11월부터 산란이 이루어지는 12월까지는 생식선의 증가로 체장장이 이루어지다가 산란기가 되면 다시 성장이 지연되다가 산란 직후인 1월부터 5월말까지 성장을 하는 것으로 추정된다. 이러한 결과는 Hamada(1979)의 연구 결과와 잘 일치하고 있다.

성장을 Jeong *et al.* (1997)의 연구결과와 비교해보면, Jeong *et al.* (1997)은 윤문을 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계 부분으로 하였으며, 가량이 체장의 범위가 100~260 mm이었고, 발육단계는 1세에서 3세까지인 성어를 가지고 연구하였다. 그러나 본 연구는 윤문을 불투명대에서 투명대로 이행하는 경계부분으로 하였으며, 전장이 30~160 mm이었고, 발육단계는 치어에서 2세인 성어이었다. 본 연구는 치어부터 성어까지의 성장을 구한 반면, Jeong *et al.* (1997)은 성어의 성장을 구하였다. 또한 각 연령의 평균 전장과 체중이 Jeong *et al.* (1997) 결과가 크게 나온 것은 윤문을 투명대에서 불투명대로 이행하는 경계부분으로 하였기 때문에 초륜의 형성기간이 본 연구보다 더 길게 추정되기 때문이다. Von Bertalanffy 성장식의 경우, 각 parameter는 Jeong *et al.* (1997)은 3세까지 나타났기 때문에 linear 방법을 사용하여 구하였고, 본 연구는 2세까지 나타났기 때문에 non-linear 방식으로 구하였다.

까나리의 성장을 각종 성장식으로 나타내면 von Bertalanffy 성장식과 Robertson 성장식, Gompertz 성장식에서 거의 동일한 성장을 보여주고 있어 어느 식으로든 적용이 가능한 것으로 판단된다. 극한체장(L_{∞})은 von Bertalanffy 성장식이 177.273 mm, Robertson 성장식이 150.275 mm, Gompertz 성장식이 157.551 mm였으며, Pauly and Gaschütz의 성장식은 147.358 mm로 추정되어 von Bertalanffy 성장식을 제외한 다른 성장식은 150 mm 전후의 비슷한 값을 보였으나, von Bertalanffy 성장식은 177.273 mm로 크게 높게 나타났다. 또한, 이석을 이용한 연령 사정에 의하여 추정된 16개월(1륜군)과 27개월(2륜군)의 전장은 각각 98.17 mm와 130.61 mm이었으나, non-linear 방법으로 추정된 von Bertalanffy 성장식과, Robertson 성장식 및 Gompertz 성장식에서는 16개월의 전장은 각각 104.71 mm, 102.02 mm, 102.36 mm로 산정되었으며, 27개월에서는 각각 135.83 mm, 134.38 mm, 133.70 mm로 나타나 이석으로 연령사정한 전장보다 모든 식에서 다소 높게 나타났다.

그러나, Pauly and Gaschütz의 계절성장식에 적용하면 성장이 중지되는 시기가 약 69개월로 나타나 첫 하면시기와 다르게 나타났다. 이는 까나리의 성장이 하면이나

산란기 등과 연관되어 복잡하게 나타나고 있으며, 추후 하면을 전후로 집중적인 조사를 실시함으로써 계절성장에 관련된 보다 많은 정보를 얻을 수 있을 것으로 판단되어진다.

적 요

경상남도 사천시 신수도 연안에 서식하는 까나리의 성장 상태를 파악하기 위해 1988년 3월 20일부터 12월 14일까지 9회 채집하였다.

연령형질인 이석에 나타난 윤문은 연 1회 형성되었고, 형성시기는 제 1륜군은 5월에, 제 2륜군은 3월에 年 1회 형성되었으며, 윤문 형성 원인은 산란에 의한 것으로 나타났다. 산란기는 12월이므로 초륜이 형성되는 때는 약 16개월이 소요되었고, 초륜 이후 2륜군이 형성되는 때는 약 11개월이 소요되었다.

전장(TL)과 이석경(R) 간에는 $TL = 182.9R + 29.17$ 이었고, 전장(TL)과 체중(BW) 간에는 $BW = 4.90 \times 10^{-8} TL^{3.9587}$ 로 나타났으며, von Bertalanffy 성장식은 $TL_t = 177.273(1 - e^{-0.040(t+7.332)})$, Robertson 성장식은

$TL_t = \frac{150.275}{1 + 2.085e^{-0.099t}}$ 이고, Gompertz 성장식은 $TL_t = 157.551e^{-1.214 \exp(-0.069t)}$ 이었다.

사 사

본 연구는 부경대학교 해양식량자원개발 특성화사업단의 연구 지원금에 의해 수행된 것입니다.

인 용 문 헌

- Huxely, J.S. 1932. Problems of Relative Growth. Dover Publications, Inc., New York, 2nd ed., 312 pp.
- Hamada, T. 1979. Studies on fluctuation in the abundance of larval sand lance in the Harima-nada and Osaka Bay-X. Relationship between the catches of adjacent sea regions in the Inland Sea of Japan. Bull. Hyogo. Pref. Fish. Exp. Stn., 19 : 1~6. (in Japanese)
- Hamada, T. 1983. Fishery biology of the sand-lance (*Ammodytes personatus* GIRARD) in Japan. The Japan Association for Conservation of Fishery Resources. 85 pp. (in Japanese)
- Hwang, J.S. 1999. Aquaculture. The Korea fisheries time. 117 : 108~110. (in Korean)
- Jeong, D.S., S.H. Choi, K.H. Han, C.S. Park and J.H. Park,

1997. Age, growth and maturity of the sand eel, *Ammodytes personatus* in the East Sea, Korea. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. 53 : 37~42. (in Korean)
- Kim, Y.M., M.C. Kang and J.H. Hong. 1995. Quality evaluation of low-salt fermented seafoods. J. Korean Fish. Soc. 28(3) : 301~308. (in Korean)
- Kim, U.K., Y.M. Kim and Y.S. Kim. 1994. Commercial Fishes of the Coastal and Offshore Waters in Korea. Yemoonsa press, Pusan, Korea, 299 pp. (in Korean)
- Kim, Y.H. and Y.J. Kang. 1991. Food habits of sand eel, *Ammodytes personatus*. Bull. Korean Fish. Soc. 24(2): 89~98. (in Korean)
- Kim, Y.H., Y.J. Kang and D.K. Ryu. 1999. Growth of *Ammodytes personatus* 1. Daily growth increment, early growth and spawning season in juvenile stage. J. Korean Fish. Soc. 32: 550~555. (in Korean)
- Pauly, D. and G. Gaschütz. 1979. A simple methods for fitting oscillating length growth data, with a program for pocket calculators. ICESCM 1979/G: 24. Demersal Fish Cttee. 26 p.
- SPSS Inc. 1997. SPSS base 7.5 for window, SPSS Inc., Chicago, IL, 60611.
- Taubert, B.D. and D.W. Coble. 1977. Daily rings in otoliths of three species of *Lepomis* and *Tilapia mosambica*. J. Fish. Res. Bd. Can., 34: 332~340.
- 田中昌一. 1985. 水産資源學總論. 恒星社厚生閣, 東京, 日本, 381 pp.

Received : June 8, 2000

Accepted : September 8, 2000