

낙지 (*Octopus minor*)의 성 성숙과 성장 특성

김동수 · 김재만^{1*}

목포지방해양수산청 해남해양수산사무소, ¹목포대학교 기초과학부 생물학전공

Sexual Maturity and Growth Characteristics of *Octopus minor*

Dong-Soo KIM and Jaeman KIM^{1*}

Haenam Maritime Affairs and Fisheries Office, Mokpo Regional Maritime Affairs and Fisheries Office, 741-1 Shinheung-Ri, Samsan-myeon, Haenam-Gun, Jeonnam 536-812, Korea
¹Division of Natural Sciences, Mokpo National University, 61 Dorim-Ri, Chunggye-Myeon Muam-Gun, Jeonnam 534-729, Korea

Sexual maturity and growth characteristics of *Octopus minor* were investigated in 796 individuals from mud flats in Goorori, Muam-Goon, Korea. Gonadosomatic index (GSI) peaked between June and July in females and between November and January in males. The discrepancy in the index peaks between females and males might result from the earlier sexual maturation of males. The sex ratio was biased toward females (68%) in April and toward males (78%) in September, although the differences were not significant ($p > 0.05$). In females, about 50% of individuals with a mantle length of 70.6 mm were sexually mature versus 100% of individuals with mantle lengths over 80 mm. In females, fecundity was also related to size, ranging from 44 eggs in individuals with a mantle length of 54 mm to 179 eggs in the female with a mantle length of 100.5 mm. The relationship between mantle length (ML) and body weight (BW) was $BW = 0.008 ML^{2.2797}$ ($n = 389$, $r^2 = 0.83$, $p < 0.01$) in males and $BW = 0.029 ML^{1.9486}$ ($n = 407$, $r^2 = 0.74$, $p < 0.01$) in females. Analysis of co-variation showed that the difference in the slopes of the two regression lines was significant ($p < 0.01$). Analysis of mantle length-frequency for each month revealed 1 to 3 normal distribution modes. The growth parameters obtained by fitting the modal progression to the seasonalized von Bertalanffy growth function (VBGF) were $ML_{\infty} = 112.38$ mm, $K = 1.9$, $C = 0.90$, and $WP = 0.1$. The results indicate that the seasonal growth oscillation of the stock is very strong and winter is the season when growth is the slowest.

Key words: *Octopus minor*, Sexual maturity, Growth characteristics, Fecundity

서 론

낙지는 산업적으로 매우 중요한 생물종임에도 불구하고 자원생물학적 연구가 거의 없다. 과거 Yamamoto (1942)가 우리나라 낙지의 산란습성을 연구한 바 있으며 이후 자원량 감소에 따라 자원관리의 필요성이 대두되면서 국내에서도 연구가 진행되고 있다. Moon (1989)은 경기만에서 낙지의 형태 및 성장에 대하여, Chang and Kim (2003)은 낙지의 습성 및 행동특성에 대하여, Kim et al. (2004)은 남해안 낙지의 성장과 산란에 대하여 기술하였다. 한편, 국외에서는 *Octopus vulgaris*의 자원성상 (Tanaka, 1958), *Octopus mimus*의 성장 (Cortez et al., 1999), *Dosidicus gigas*의 연령과 성장 및 개체군 구조 (Arguelles et al., 2001), *Octopus vulgaris*의 번식 (Hernandez-Garcia et al., 2002) 등에 관한 연구보고가 있다.

낙지는 서식지에 따라 여러 이름으로 불리는데 개펄에 서식하는 일명 풀낙지 또는 세발낙지, 돌이나 모래에 서식하는 들낙지 또는 꽃낙지 등이 있지만 서해남부 지역에서 고가로 판매되는 낙지는 낙지이다. 과거 세발낙지의 주산지는 전남

영암군, 무안군, 신안군 등지였으나, 영암군은 매립으로 낙지가 생산되지 않으며 무안군과 신안군에서는 과거에 비해 생산량이 많이 감소되었다.

본 연구는 일명 낙지의 주산지인 무안군 개펄 서식 낙지를 대상으로 성 성숙과 성장 특성치를 추정하였기에 이를 보고한다.

재료 및 방법

낙지 시료는 무안군 청계만과 탄도만에서 2002년 1-12월에 매월 50-100마리를 채집하여 외투장 (Mantle length, ML)은 Vernier caliper로 0.1 mm 단위까지 측정하였으며 생식소중량 (gonad weight, GW)과 체중 (body weight, BW)은 물기를 제거한 후 전자저울 (electronic digital balance)을 사용하여 0.01 g 단위로 측정하였다.

낙지의 산란기를 간접적으로 파악하기 위해 생식소중량지수 (Gonadosomatic Index, GSI)를 아래 공식에 의해 월별로 구하였다.

$$\text{생식소중량지수 (GSI)} = (\text{GW}) \times 100 / \text{체중 (BW)}$$

포란 수는 산란기 낙지 난소를 채급별로 적출하여 완전히

*Corresponding author: jkim@mokpo.ac.kr

분리시킨 다음 전수를 계수하였다. 암컷 개체의 50%가 성숙에 이르는 체장인 균성숙도 (Size at sexual maturity)는 전체 암컷 중에서 생식소가 성숙한 암컷을 구분하여 각 체장계급별로 성숙한 암컷의 비를 계산하여 다음과 같은 로지스틱 방정식 (logistic equation)에 의해 추정하였다:

$$P = 1 / [1 + \exp(a + b \cdot L)]$$

여기서 P는 성숙비, a와 b는 로지스틱 방정식의 상수, L은 외투장이다. 위의 방정식에서 변수추정은 지수함수식을 직선화시킨 후 변수 P와 L의 상관분석에 의해 이루어졌으며, 암컷 개체의 50%가 성숙에 이르는 균 성숙도, L₅₀은 a와 b사이의 비율로 계산하였다. 상수의 추정은 SYSTAT Version 10.0의 비선형 회귀분석 (nonlinear regression analysis)을 이용하였으며, 균성숙도 (L₅₀)는 상수 a와 b의 비로써 구할 수 있다 (CL₅₀ = |a/b|). 산란기인 5-7월에 채집된 낙지 암컷을 대상으로 생식소의 성숙정도를 미숙, 성숙, 완숙의 3단계로 구분하였다. 미숙은 난소 내에서 난의 형태를 식별하기 곤란한 상태, 성숙은 난의 형태가 식별 가능한 상태, 완숙은 난이 황색을 띤 긴 타원형태로 되며 실제 방란 후의 크기와 가까운 상태로 정의하였다.

외투장과 전체중과의 상대성장을 구하기 위하여 Excel Program Version. 2000에서 최소자승법 (Least Square method)으로 성별 회귀곡선식을 구하였고, 성별 차이 유무를 확인하기 위하여 log를 취한 후 SAS Program Version 6.12에서 기울기 (slope)에 대한 공분산분석 (ANCOVA)을 실시하였다.

$$BW = a \cdot ML^b$$

$$\log(BW) = \log a + b \cdot \log(ML)$$

외투장 빈도분포에서 최대, 최소, 평균의 변화양상을 통하여 조사기간 동안 채집된 낙지의 성장도를 파악하였다. 성장은 우선 FAO에서 개발한 FiSAT (Gayanilo et al., 1995) program의 ELEFAN에서 Bhattacharya의 방법으로 정규분포곡선으로 분리한 후 최대, 최소 외투장 범위 내에서 각 모드의 이행을 추적하여 각각의 코호트 (cohort)를 분리하였다.

낙지의 외투장 빈도분포를 이용하여 FiSAT program의 ELEFAN-I에서 성장매개변수를 추정하였다. 성장매개변수 추정에는 Pauly and Gaschutz (1979)의 Seasonalized von Bertalanffy's growth function 이 이용되었으며 수식은 아래와 같다.

$$ML_t = ML_\infty [1 - \exp\{-K(t - t_0) - (CK/2\pi) \times \sin(2\pi(t - t_0))\}]$$

여기에서 ML_t는 t연령의 외투장, ML_∞는 이론적 최대 외투장, K는 성장계수, t₀는 길이가 0일 때의 연령, (CK/2π)sin(2π(t - t₀))는 계절에 의한 성장물의 변화를 감안한 계수이다. C는 계절에 따른 성장의 변동계수이며, WP (wintering point = t_s + 0.5)는 성장이 가장 느린 시기를 1년에 대한 비로서 나타낸 값이다.

결 과

낙지의 성 성숙 산란기 추정

전남 무안군 청계만의 개펄지역에 서식하는 낙지의 산란기를 간접적으로 추정하기 위해 생식소중량지수 (Gonadosomatic index)의 월 변동을 조사한 결과, 암컷의 경우는 6월에 생식소중량지수의 평균값이 가장 높게 나타난 후 7월에 급격히 감소되고 있어 청계만에서 암컷 낙지의 산란기는 여름철인 6-7월로 추정되었다. 반면, 수컷의 생식소중량지수 평균치는 6월에 높게 나타난 후 7월에 급감되었고 11월 (1.029)-1월 (1.03)사이에 다시 높게 나타난 후 서서히 감소되고 있어 이 현상은 수컷이 미리 교미를 위해 암컷보다 좀 더 빨리 성숙에 이르는 옹성 선숙 현상을 나타내었다 (Fig. 1).

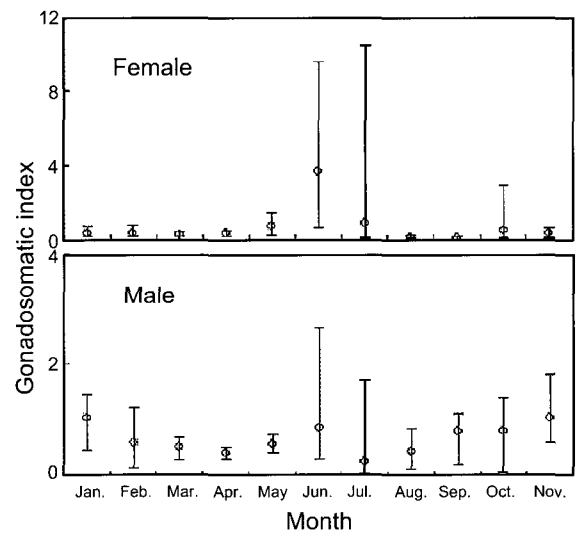


Fig. 1. Monthly variations of the gonadosomatic index of *Octopus minor*.

성 비

조사기간 동안 총 채집된 암컷은 407마리, 수컷은 389마리가 출현하여 암컷이 수컷보다 더 많이 출현하였다 (Fig. 2). 낙지 성비(암컷:수컷)의 월 변동 조사결과를 보면 성비는 1월과 2월에는 성비가 각각 0.5:0.5와 0.49:0.51로 거의 동일하게 출현하였으며, 3월부터 수컷의 출현비율이 감소하기 시작하여 4월에는 0.32:0.68로 출현 비율이 가장 낮았으며 5월부터는 다시 점진적으로 증가하여 7월에 0.51:0.49로 비슷한 출현 비율을 보여주었다 (Fig. 2). 이후 점차 수컷의 성비가 높아져 9월에 0.78:0.22로 연중 가장 높은 출현비율을 보여주었지만 10월에 급격히 감소하여 0.4:0.6으로 되고, 겨울철인 11-12월에는 암수의 성비가 거의 비슷하게 되었다. 본 조사에서 낙지의 출현개체수는 12개월중 2, 3, 4, 5, 6, 10월에는 암컷이 수컷보다 약간 더 많이 출현한 것으로 나타났고 7, 8, 9, 11, 12월에는 수컷이 암컷보다 더 많이 출현하였다 (Table 1). 그러나 전체적으로는 chi-square 검증결과 암컷:수컷의 성비가 1:1로

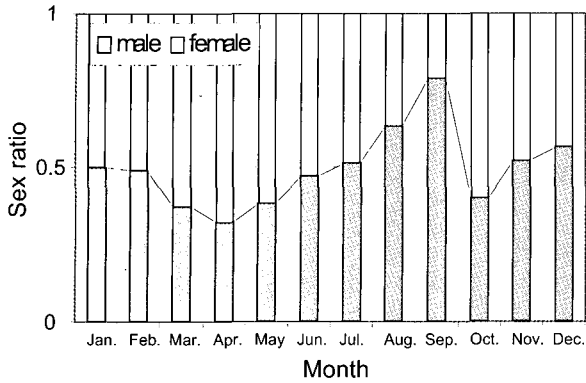


Fig. 2. Monthly variations in sex ratios of *Octopus minor*.

Table 1. Monthly variations in sex ratios of *Octopus minor*

Month	Male	Female	Total	Sex ratio (F/(F+M))	χ^2
Jan. 2003	23	23	46	0.50	0.00
Feb. 2003	39	41	80	0.49	0.05
Mar. 2003	36	60	96	0.38	6.00
Apr. 2003	16	34	50	0.32	6.48
May. 2003	18	29	47	0.38	2.57
Jun. 2003	16	18	34	0.47	0.12
Jul. 2003	31	30	61	0.51	0.02
Aug. 2003	38	22	60	0.63	4.27
Sep. 2003	40	11	51	0.78	16.49
Oct. 2003	40	60	100	0.40	4.00
Nov. 2003	50	46	96	0.52	0.17
Dec. 2003	42	33	75	0.56	1.08
Total	389	407	796	0.49	0.41

The critical value for χ^2 goodness of the test of equal numbers of female and males, (1 df) at 95% significance is 3.84.

나타났고 암·수의 성비간에 유의한 차이를 보이지 않았다($\chi^2 = 0.41, p > 0.05$). 4월에 수컷의 성비가 낮은 것은 교미를 끝낸 수컷이 대부분 사망하기 때문으로 추정되고, 8·9월에 수컷의 성비가 높은 것은 2·3개월가량의 부화기간을 끝낸 후 체력이 소모된 암컷이 대부분 사망하기 때문으로 추정된다. 이처럼 성비의 차이는 암컷과 수컷 간에 성장률, 수명, 사망률 등과 같은 요인의 차이에 의해 영향을 받는 것으로 보인다.

군 성숙도

5월에는 미숙 개체가 주류를 이루었으며 6월이 되면서 모두 완숙개체로 바뀌었고, 7월에는 새롭게 어장으로 가입하는 외투장 45 mm 이하의 어린 개체만 미숙단계였고 이 시기에 출현한 최대크기인 75.9 mm 개체는 완숙단계였다. 상기의 자료를 근거로 로지스틱 방정식의 parameter를 비선형회귀 방법으로 추정한 결과 $a = 10.589, b = -0.146$ 이었으며, 군성숙도 추정곡선은 $P = 1 / \{1 + \exp(10.59 - 0.15 \times L)\}$ ($r^2 = 0.90, p < 0.05$)로, 낙지 암컷의 50% 성숙 외투장은 70.6 mm로 추정되었다(Fig. 3). 따라서 낙지의 생물학적 최소형(군성숙도 50%에 해당하는 크기)은 외투장 70.6 mm이었고 외투장 80.0 mm 이상인 개체들의 군성숙도는 100%이었다.

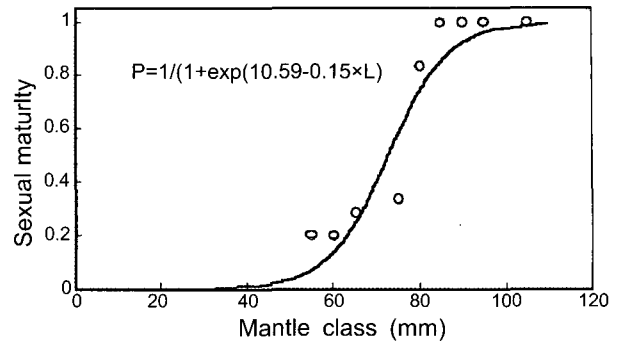


Fig. 3. A logistic function fitting the proportion of mature females to mantle length in *Octopus minor*.

포란 수

낙지 포란 수는 산란기에 포란한 암컷을 대상으로 체급별로 해부한 다음 적출된 알 중 완숙상태의 알을 전수 조사하였다. 조사결과 낙지의 포란 수는 외투장 54 mm에서 44개, 외투장 100.5 mm에서 179개로 평균 132.8개였다. 포란 수는 외투장간의 회귀분석 결과 $F = 0.0068 \times ML^{2.2495}$ ($n = 8, r^2 = 0.91, p < 0.05$)로 나타났으며, 외투장이 증가함에 따라 포란 수가 증가하는 양의 상관관계수(positive correlation coefficient)로 나타났다(Fig. 4).

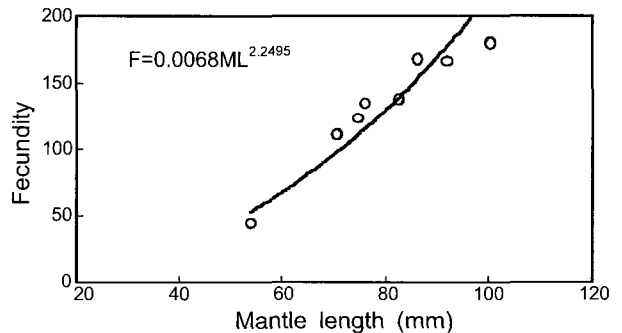


Fig. 4. Relationship between mantle length and fecundity in *Octopus minor*.

낙지의 성장

상대성장

낙지의 외투장(Mantle length)-체중(Body weight) 간의 상대성장을 파악하기 위하여 아래와 같이 관계식을 구하였으며, 암·수간 상대성장의 차이를 파악하기 위하여 외투장과 체중에 자연대수(ln)를 취한 후 회귀분석을 하여 기울기와 절편의 차이를 공분산분석(ANCOVA, an analysis of covariance)을 이용하여 통계적으로 검증하였다. 회귀분석 결과 수컷은 $BW = 0.008 \times ML^{2.2797}$ ($n = 389, r^2 = 0.83, p < 0.01$), 암컷은 $BW = 0.029 \times ML^{1.9486}$ ($n = 407, r^2 = 0.74, p < 0.01$)으로 표현되었으며 기울기 차이 유무를 조사한 결과 99% 유의수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 확인되었다(Fig. 5). 이러한 결과는 외투장이 증가함에 따라서 수컷의 체중의 증가율이 암컷보다 더

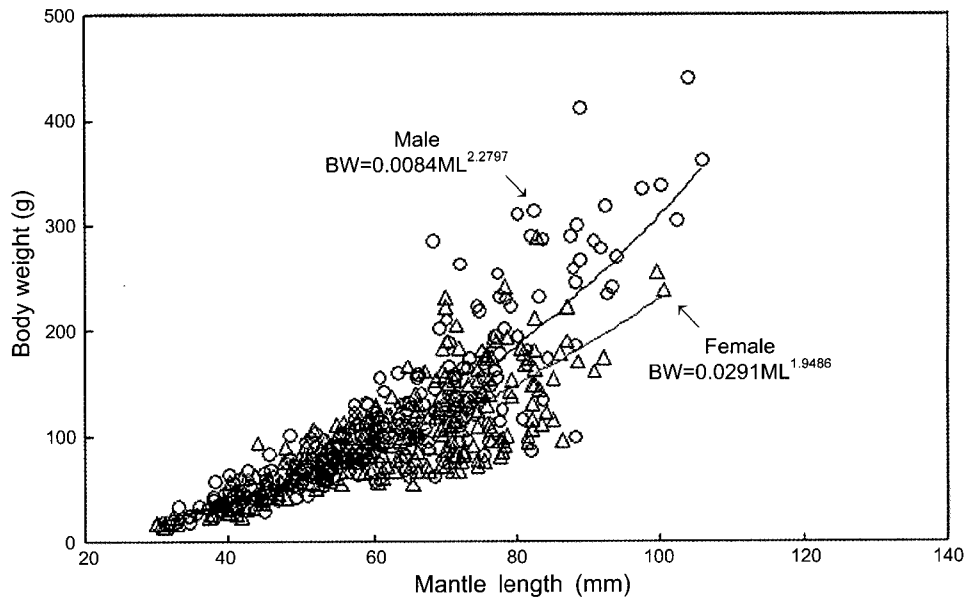


Fig. 5. Regressions between mantle length and body weight in the male and female *Octopus minor*.

빠르다는 것을 지적해 주고 있다. 이러한 차이는 생식에너지의 분배와 암수간에 수명의 차이로 설명할 수 있을 것이다. 수컷에 있어서 체중 증가율이 빠른 것은 암컷의 경우 생식에 투자하는 에너지가 많아 상대적으로 성장에 투자할 에너지가 적기 때문에 수컷이 성장률이 더 빠른 것으로 보인다. 아울러 수컷의 경우 길지 않은 생활사 내에서 (비교적 짧은 시간 내에서) 생식에 참여하기 위해서는 빨리 성장하여 성숙에 이르러야 암컷과 교미의 기회를 가질 수 있을 것으로 사료된다.

외투장 빈도분포

낙지의 암·수간에 외투장 빈도분포를 작성한 결과 최소 크기와 최대 크기에 있어서 암·수간에 약간의 차이가 있다는 것을 보여 주었다. 출현 개체 수에서 수컷의 경우 외투장 65 mm에서 최고에 도달한 후 점차 감소하는 반면, 암컷은 외투장 75 mm에서 최고에 도달한 후 감소하는 경향을 보임으로써 암컷이 수컷보다 평균적으로 큰 것으로 추정되었다 (Fig. 6). 이러한 결과는 정규분포의 차이 검정 방법인 Kolmogorov-Smirnov two sample test에서도 유의한 차이를 보여주었다 ($P < 0.01$). 이러한 결과는 암·수간에 체장 빈도분포 조성에 있어서 차이가 있다는 것을 지적해 주고 있다.

외투장 월변화

낙지 외투장은 월별로 차이를 보여주었는데, 1-2월 사이에는 평균 외투장이 차이가 없다가 2월에서 3월로 되면서 증가하기 시작하며, 5월에는 다시 감소하는 경향을 보여주었는데 그 이유는 4월에 출현하였던 수컷 대형 개체들이 교미를 끝내고 사망했기 때문이다. 7월에는 외투장의 최소크기와 최대크기의 폭이 매우 크게 나타났는데 그 이유는 어린 개체들이 새롭게 어장으로 가입하는 동시에 산란을 끝내지 못한 대형 개체들이 함께 어장에 남아 있기 때문이다 (Fig. 7).

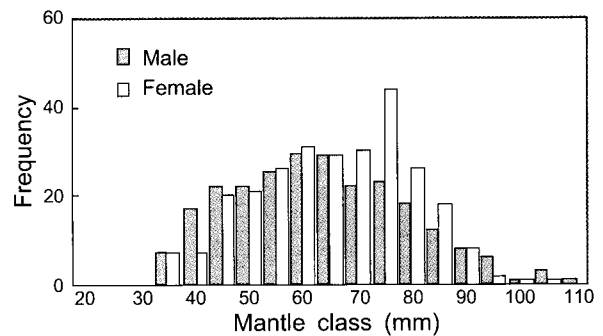


Fig. 6. Mantle length-frequency distribution in the male and female *Octopus minor*.

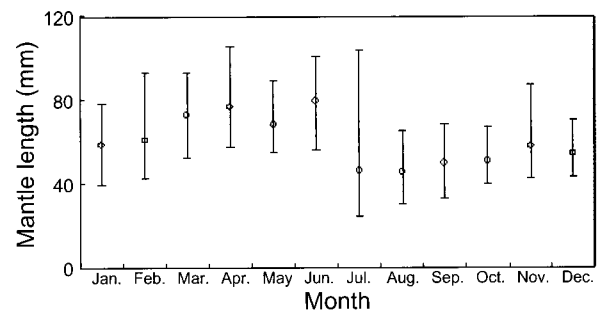


Fig. 7. Monthly variations of the mean mantle length of *Octopus minor*. Open circles indicate means and bars indicate minimum and maximum values.

코호트분리

외투장 빈도분포 (Mantle length-frequency distribution) 는 외투장을 5.0 mm 간격으로 나타내었다 (Fig. 8).

낙지의 성장 분석을 위해서는 코호트의 분리가 선행되어야

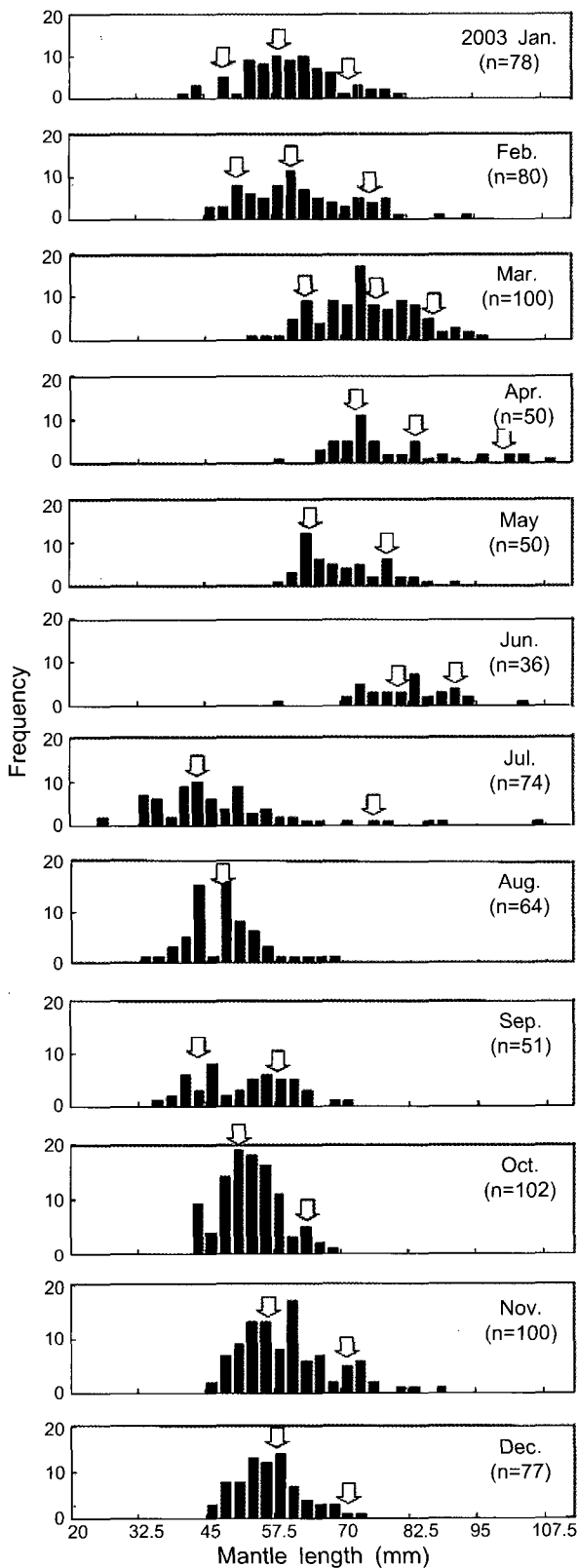


Fig. 8. Monthly changes in relative frequency distribution of mantle lengths of *O. minor*. Open arrows indicate modes obtained from cohort separation by NORMSEP.

한다. ELEFAN-I program에서 NORMSEP으로 월별 외투장 빈도자료를 여러 개의 정규분포곡선으로 분리한 다음 정규분포곡선의 모드를 통하여 코호트를 분리해야 하는데, 이때 모드 이행을 돕기 위해 ELEFAN-I에서 자동검색절차(Automatic search routine)를 이용하여 낙지의 전반적인 성장 분석을 위한 코호트에 관한 정보를 얻었다. 이를 근거로 정규분포곡선의 모드 이행을 통하여 낙지의 정확한 성장패턴을 추정해 내었다. 이와 같은 낙지의 성장 분석을 위해 이용된 프로그램은 FAO에서 개발한 FiSAT (Gayanilo et al., 1995) program을 사용하였다.

낙지의 외투장 빈도자료를 이용하여 정규분포곡선을 분리한 결과 1-3개의 정규분포곡선으로 분리되었으며, 월별 출현 정규분포곡선 (ND)의 평균 (M), 편차 (SD), 개체수 (POP), 분리계수 (SI)는 Table 2와 같다. 정규분포곡선 간의 분리계수 (SI)가 모두 2.0 이상으로 나타나 통계적으로 잘 분리되었음을 알 수 있다. Table 2에서 매월 형성된 각각의 정규분포곡선을 각각의 코호트로 볼 수 있고, 우선 그들의 연결 형태 즉, 모드 이행을 수작업으로 추정한 결과 2가지 방법으로 분석될 수 있다. 2가지 모드 이행 분석(modal progression analysis)에서 7-12월 사이의 월별 모드 이행이 동일하였다(Table 3). 가설 1에서는 5월의 첫번째 모드가 어디서 비롯된 것인지 알 수 없으나 가설 2에서는 5월의 첫번째 모드가 1월부터 시작된 코호트 1에서 비롯된 것임을 알 수 있다(Fig. 9). 따라서, 본 연구에서는 모드 이행을 충분히 설명해 주는 가설 2를 채택하였다.

성장매개변수 추정

낙지의 외투장 빈도분포를 이용하여 FiSAT program의 ELEFAN-I에서 성장매개변수를 추정하였다. 수십 번의 반복 과정을 통한 자동검색절차(automatic route search)를 거쳐 추정된 다양한 성장매개변수의 조합은 Table 4와 같다.

성장매개변수의 추정에 대한 적합도는 R_n 값으로 판단해 볼 수 있는데 다양한 성장매개변수의 조합 중에서 R_n 값이 최대인 7번째에서 얻어진 추정치 값을 이용하여 낙지의 성장패턴을 살펴보면 2월에 어린 낙지가 부화해서 7월에 외투장 2.5 cm까지 성장하고 이듬해는 물론 그 다음해까지 생존하는 패턴을 보이기 때문에 단년생의 성격을 띠는 낙지의 생활사와 다른 양상을 보여주고 있다. 이러한 낙지의 생활사적 특징을 고려할 때 상기의 수작업으로 수행한 모드이행 결과(Table 4, Fig. 9)와 ELEFAN-I의 자동검색절차에 의한 성장패턴을 비교하면 4번째에 얻어진 추정치 값이 가장 적합한 것으로 나타났다.

따라서 낙지의 성장매개변수는 이론적인 극한 외투장(ML_{∞})이 112.38 mm, 성장계수 (K)가 1.9 year^{-1} , 성장변동지수(C)가 0.90, 성장이 멈추는 시기 (WP)가 0.1이고, 성장매개변수의 신뢰도를 나타내는 R_n 은 0.141로 다소 낮았다. 이처럼 R_n 이 낮은 이유는 낙지의 외투장 빈도분포도가 넓게 퍼져 있기 때문이다. 이러한 결과로 볼 때 낙지는 계절적 성장변동

Table 2. Results of separation for each normal distribution of *Octopus minor* by NORMSEP for length-frequency data

Month	C	M	SD	POP	SI	Month	C	M	SD	POP	SI
Jan.	1	45.3	3.96	11		June	1	79.6	8.14	29	
	2	58.0	5.67	59	2.64		2	90.0	1.67	7	2.12
	3	70.8	5.36	9	2.31	July	1	43.7	8.51	68	
Feb.	1	50.3	3.26	23			2	75.2	18.5	6	2.33
	2	60.8	4.43	41	2.71	Aug.	1	47.1	6.72	64	
	3	74.6	7.47	16	2.32		1	42.7	3.77	24	
Mar.	1	62.8	5.13	46		2	57.1	5.06	27	3.24	
	2	74.9	4.85	40	2.43	Oct.	1	51.5	4.86	95	
	3	85.5	5.08	14	2.14		2	63.7	2.13	7	3.49
Apr.	1	71.7	4.77	34		Nov.	1	55.2	5.29	80	
	2	82.2	5.13	11	2.21		2	70.2	6.64	20	2.53
	3	99.9	5.86	5	3.24	Dec.	1	56.8	5.77	69	
May	1	63.6	2.81	28			2	68.7	2.59	8	2.86
	2	75.8	5.78	22	2.83						

C, M, SD, POP and SI represent cohort, mean mantle length of a cohort, standard deviation of the mean, sample size belonging to a cohort, and separation index, respectively.

Table 3. Mean mantle length of each cohort in *Octopus minor* based on Table 2

First	I	II	III	IV	Second	I	II	III	IV
Jan.		45.3	58.0	70.8	Jan.	45.3	58.0	70.8	
Feb.		50.3	60.8	74.6	Feb.	50.3	60.8	74.6	
Mar.		62.8	74.9	85.5	Mar.		62.8	74.9	85.5
Apr.		70.3	81.0	94.5	Apr.		70.3	81.0	94.5
May	63.6	75.8			May	63.6	75.8		
Jun.		79.6	90.0		Jun.		79.6	90.0	
Jul.			43.7		Jul.			43.7	
Aug.			47.1		Aug.			47.1	
Sep.		42.7	57.1		Sep.	42.7		57.1	
Oct.		51.5	63.7		Oct.	51.5		63.7	
Nov.		55.2	70.2		Nov.	55.2		70.2	
Dec.		56.8	70.1		Dec.	56.8		70.1	

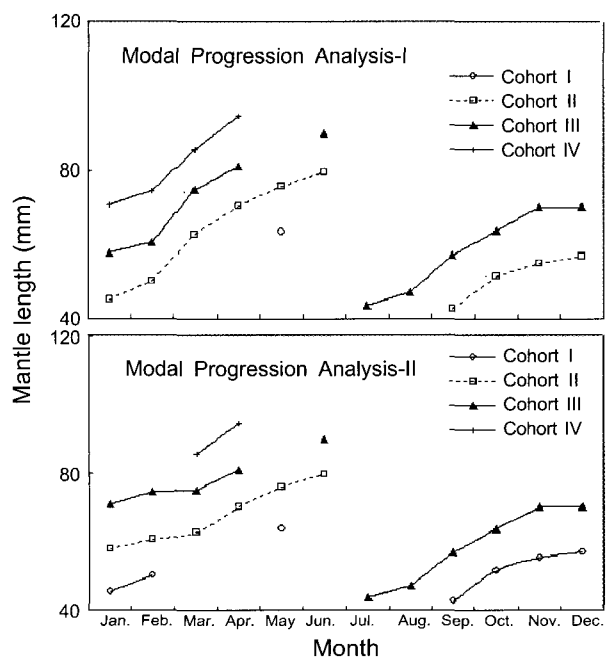


Fig. 9. Modal progression analysis showing the two hypothetical growth patterns for *Octopus minor*.

폭이 매우 크고, 성장이 가장 느린 시기는 겨울철로 나타났다 (Fig. 10).

따라서, 낙지의 성장식을 계절을 고려한 von Bertalanffy 성장식에 적용하면 $ML_t = 112.38 \times [1 - \exp\{-1.9t - (1.71/2\pi) \times \sin(2\pi(t-0.4))\}]$ 와 같고, 성장곡선은 Fig. 10에 나타내었다.

2003년 7월 초 신생개체군 중 최소크기인 외투장 24.4 mm 개체가 처음 출현한 점과 산란기가 5월부터인 점에서 낙지는 산란 후 0.2년째 (73일째) 부화가 시작되는 것으로 추정되며, 갓 부화한 어린낙지의 외투장은 12.8 mm로 추정되었다. 이후 어린 낙지는 빠르게 성장하여 0.3년째 (109일째) 추정 외투장이 37.8 mm로 되며, 0.5년째 (182일째)까지 75.3 mm로 된 후 성장속도가 서서히 감소하였다.

가입유형

낙지의 월별 외투장 빈도분포도를 분석한 결과, 낙지는 6월 까지 지속적인 성장을 보였고 7월부터는 신생개체의 가입이 관찰되었는데 이 시기에는 유어와 성어가 동시에 출현하는 특성을 띠었다. 그러나 8월부터는 어린 개체만 출현함에 따라 2002년에 가입한 어린 낙지는 이듬해 7월까지 생존하며 이후 모두 사망하는 것으로 추정된다. 따라서, 낙지는 1년에 한번 가입하며 그 시기는 7-9월 사이로 추정된다.

Table 4. Combination to find growth parameters of *Octopus minor* estimated by the seasonalized von Bertalanffy's growth function in ELEFAN-I

No.	ML _∞	K	C	WP	SS	SL	Rn
1	112.38	1.90	0.90	0.1	12.0	108.75	0.141
2	112.88	1.20	0.80	0.1	12.0	108.75	0.150
3	112.88	2.00	0.90	0.0	12.0	108.75	0.131
4	112.38	1.90	0.90	0.1	12.0	108.75	0.141
5	112.68	1.20	0.90	0.1	12.0	108.75	0.156
6	112.88	1.90	0.90	0.0	12.0	108.75	0.139
7	113.48	1.10	0.00	0.0	12.0	108.75	0.163
8	113.58	1.10	0.90	0.0	12.0	108.75	0.154

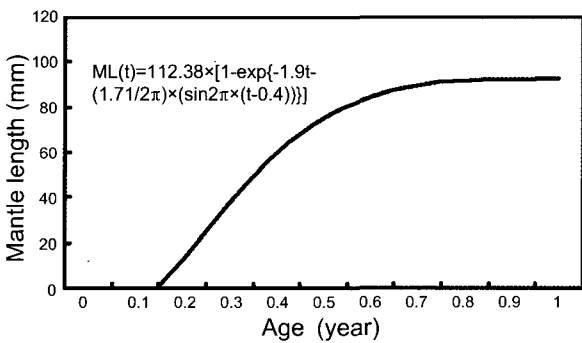


Fig. 10. Growth curve of *Octopus minor* collected in the South-western mud area of Korea.

고찰

한국산 낙지의 산란습성에 관한 연구 (Yamamoto, 1942)에서 낙지의 산란성기가 5-6월, 늦은 것은 가을에도 산란한다고 보고된 바 있다. 이러한 결과는 본 연구에서 밝혀진 산란성기 (6-7월)와 거의 일치하는 결과이지만, 본 연구에서는 가을에 성숙한 개체를 전혀 관찰할 수 없는 점에서 상이하였다. 반면, 신안군 개펄에 서식하는 낙지를 대상으로 한 연구 보고 (Kim, 2000)에서는 10-11월에도 완숙란을 가진 개체가 발견된다고 하여 서식 지역에 따라 산란기의 차이가 있는 것으로 사료된다. 즉, 신안군 서식 낙지는 봄 산란군 및 가을 산란군의 2 계군을 가지는 것으로 추정되지만 무안군 청계만에 서식하는 낙지는 봄 산란군만을 가지는 것으로 사료된다. 1년에 2번 산란하는 것으로 보고 된 종류로는 *O. vulgaris*가 있는데, 일본 치바현에 서식하는 *O. vulgaris*는 5-6월과 9-11월에 (Tanaka, 1958), 스페인 카나리아에 서식하는 *O. vulgaris*는 1-7월 (4월)과 10-11월에 (Tanaka, 1958)에 걸쳐 주로 산란하는 것으로 알려져 있다. 한편, 남해안산 낙지의 주 산란기는 4월로 (Kim et al., 2004) 서해남부해역에 위치하는 무안군 청계만과 탄도만 낙지보다 2달 정도 빠른 것으로 나타났다. 이는 서해남부산 낙지가 개펄에 서식하는 반면, Kim et al. (2004)이 연구한 낙지는 수심이 다소 깊은 고흥 연안에 서식하는 낙지를 대상으로 하였기 때문이다. 이처럼 문어과의 산란시기 및 산란빈도는 종간에 차이를 보여주었으며, 동종 간에도 서식지역이

다른 지역 개체군 간에 차이를 보여주었다. 본 연구에서 조사된 낙지의 경우에서도 지역간에 산란시기와 산란빈도의 차이를 보여주었는데 이것은 낙지가 서식하는 수심, 퇴적물 입도 조성, 수온, 염분 및 먹이와 같은 외적요인의 차이에 의해 설명될 수 있을 것이다.

생물학적 최소형 (또는 군성속도 50%에 해당하는 개체의 크기)을 조사하는 목적은 특정 수산자원생물을 대상으로 자원 진단을 하였을 때 그 생물의 어획금지 체장이 적합한지 여부를 판단할 수 있는 과학적 근거자료를 제시할 수 있어 수산업상 매우 귀중한 자료가 된다. 본 조사에서 낙지 암·수 개체들의 군성속도 50%에 해당하는 개체의 크기 (생물학적 최소형)는 외투장 크기 70.6 mm이었고 외투장 크기 80.0 mm 이상인 개체들의 크기는 군성속도 100%를 나타내고 있어 낙지의 외투장 크기 70.6 mm 이하인 개체들을 번식시기에 구분별하게 어획한다면 낙지의 가입량이 감소되어 이들의 자원량이 급감될 우려가 있다. 낙지의 자원량 증가를 위해서는 여러 가지 방법이 있겠으나 우선 낙지가 성적 성숙에 도달한 후 재생산에 가담하는 번식시기에는 생물학적 최소형의 크기 즉, 외투장 70.6 mm보다 작은 개체를 잡았을 시 다시 방류하여 좀 더 크게 자라게 한 후 어획하는 것이 자원량 감소를 줄이는 방법이라 생각된다. 따라서 본조사의 결과를 토대로 하였을 때 낙지의 어획금지 크기는 외투장 크기 70.6 mm 전, 후에서 이루어질 것으로 사료되므로 생물학적 최소형 (군성속도 50%에 해당) 자료 결과는 수산업상 매우 귀중한 자료라 생각된다.

낙지 수컷은 교미 후 사망하며 암컷만 살아남아 알을 보호하는 것으로 보고되어 있다 (Kim, 2000). 본 연구에서 낙지 수컷의 출현율이 3월부터 감소하기 시작하여 4월에 최소값을 나타낸 점으로 보아 수컷은 산란기 전에 암컷보다 빨리 성숙하여 교미하고 이후 모두 사망하는 것으로 보인다. 본 조사에서 채집된 전체 암컷:수컷의 성비는 0.51:0.49로 나타나 남해산 낙지의 결과 (Kim et al., 2004)와도 잘 일치하였다. 본 조사에서 낙지는 2, 3, 4, 5, 6, 10월에는 암컷이 수컷보다 약간 더 많이 출현한 것으로 나타났다. 이처럼 낙지의 성비 차이는 암수의 성장차이에 따른 어획선택성과 교미 후 사망시기에 의해 설명되어질 수 있을 것이다. Wells (1978)의 보고에 따르면 *O. vulgaris*는 수컷이 암컷보다 많이 출현한다고 보고하였으며, 그 이유를 첫째 수컷이 암컷과 교미하기 위해 빠른 성장

을 함으로서, 항상 먼저 성숙해서 암컷보다 활발히 움직임에 따라 많이 어획된 결과이거나, 둘째 암컷이 산란기 동안 바위 굴속으로 잠입해 버리는 행동 습성상 수컷보다 적게 어획된 결과로 설명하였다. 이처럼 유사한 상태를 가지는 동속임에도 불구하고 낙지와 왜문어의 성비 차이는 어법의 차이에서 비롯된 것임을 짐작하게 한다. 즉, 낙지는 왜문어와 달리 산란보호 기간에도 어획되어지기 때문이다. 한편, 낙지의 수컷 성비가 9월에 연중 최대를 보인 것은 *O. vulgaris*와 동일하게 수컷이 암컷보다 빨리 성숙하여 활발한 활동을 보여 어획된 결과로 볼 수 있을 것이다.

본 연구에서 낙지의 포란 수는 44-179립 (평균 132.8립)으로 Yamamoto (1942)의 55-200립 (평균 120-130립)과 거의 일치하였으며, 같은 문어과인 *O. vulgaris*의 포란수는 단위체중 (1 g) 당 31-106립이고 (Hernandez-Garcia et al., 2002) 주꾸미가 평균포란량이 285-669립 (평균 418립)인데 (Kim, 2003) 반해서 매우 적은편이다. 이처럼 난수가 적기 때문에 어미는 난 생존율을 높이기 위해 질식상태로 2-3개월가량을 다른 활동 없이 알을 집중적으로 보호하는 것으로 알려져 있다 (Kim, 2000). 두족류에 있어서 포란 수의 차이는 자원생물학적 특성치로서 수온, 염분과 같은 환경요인 뿐만 아니라 주위 환경으로부터 이용할 수 있는 먹이의 밀도, 부화환경, 부화기간동안 외부로부터의 간섭과 포획되지 않는 환경 등에 의해 설명되어질 수 있다.

낙지는 어류, 갑각류에 비해 매우 빠른 성장 패턴을 보였는데, 이는 단년생의 생물에서 볼 수 있는 특징이다. 본 연구는 낙지가 1년에 한번 산란하고 산란 후 2-3개월 만에 신생개체가 가입되는 것을 확인시켜 주었다. 이는 Yamamoto (1942)가 낙지의 성숙이 생후 1년 만에, 수명이 2년 이상일 거라는 추정과 크게 달랐는데, 이는 지역에 따라 낙지의 가입 및 산란 시기가 서로 다른 데서 원인을 찾을 수 있을 듯 하다.

두족류는 어류나 갑각류, 패류에서처럼 나이를 판독할 수 있는 뚜렷한 연령 형질이 잘 알려져 있지 않아 성장에 관한 연구가 비교적 적은 편이었다. 그러나, 최근 *O. mimus*의 전장 빈도분석법에 의한 성장률 추정 (Cortez et al., 1999), *Dosidicus gigas*의 statoliths를 이용한 코호트분리법 (Arguelles et al., 2001)에 의해서 성장에 관한 연구가 이루어지고 있다. Cortez et al. (1999)는 모드이행분석 결과 전장 및 전중에 대한 순간상대성장률 (G)을 제시하였는데, 여름 성장이 겨울 성장보다 훨씬 빠르다고 하였다. 그러나, 이러한 모드이행분석을 두족류에 적용시킬 경우 두족류의 고유한 생물특성 때문에 어려움이 초래된다고 언급한 바 있다 (Caddy, 1991). 본 연구에서는 나이 판독형질이 불확실한 생물 (갑각류, 복족류 등)의 성장식 추정에 이용되는 length-frequency distribution analysis를 적용하였으며 수작업을 통해 모드 이행을 실시할 경우 초래되는 error를 최소화하기 위해 자원 해석 프로그램인 ELEFAN-I의 사용을 병행하였다. 이와 같이 성장매개변수 추정에 길이 자료를 이용하여 모드이행분석을 실시한 경우로는 전복류

Haliotis mariae (Siddeek and Johnson, 1997), 소라 *Batillus cornutus* (Chang and Chung, 2001) 등이 있다. 모드이행분석 결과, 낙지는 1년에 최소 3개의 코호트가 형성되었으며, 이들은 각각 5월, 6월, 7월 산란군으로 추정된다. 모드이행결과를 이용하여 성장식을 추정하는 경우, von Bertalanffy 성장모델이 두족류의 성장패턴을 잘 반영하지 못하는 것으로 보고된 바 있다 (Guerra, 1979). 따라서, 본 연구에서는 계절을 고려한 성장모델에 적용하여 성장매개변수를 추정한 결과 Rn값은 다소 낮았으나 빠른 초기성장패턴을 보여주었다. 물론 성장계수 (K)는 매우 높은 값을 나타내어 낙지의 빠른 초기성장을 잘 반영해 주는 것이라 사료된다. 그러나, 모드이행단계에서 4월에 출현한 대형 개체들이 5월부터는 관찰되지 않았으며, 3-4월에 관찰되지 않았던 코호트 I이 5월에 잠깐 나타났다가 사라지는 등 코호트 I과 IV의 출현이 불확실하였다. 이는 코호트 간의 먹이경쟁에 따른 서식지의 차이나 어업형태 (도수, 연승 등)의 차이, 혹은 조사개체수가 적은 데서 비롯된 것이 아닌가 사료된다.

참 고 문 헌

Arguelles, J., P.G. Rodhouse, P. Villegas and G. Castillo. 2001. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. *Fish. Res.*, 54, 51-61.

Caddy, J.F. 1991. Daily rings of squid statoliths: An opportunity to test standard population models In: *Squid Age Determination Using Statoliths*. Jereb, P., S. Ragonese and S.V. Boletzky eds. NTR-ITPP Special Publication, 1, 53-66.

Chang, D.S. and S.C. Chung. 2001. Shell growth pattern of the top shell, *Batillus cornutus* in the coastal Jeju island. *J. Kor. Fish. Soc.*, 3, 9-15.

Chang, D.J. and D.A. Kim. 2003. Characteristics by the behaviour and habits of the common octopus (*Octopus minor*). *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 735-742.

Cortez, T., A.F. Gonzalez and A. Guerra. 1999. Growth of *Octopus mimus* (Cephalopoda, Octopodidae) in wild populations. *Fish. Res.*, 42, 31-39.

Gayanilon, F.C., P. Sparre and D. Pauly. 1995. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT), FAO Computerized Information Series, No. 8, FAO, Rome, 1-126.

Guerra, A. 1979. Fitting a von Bertalanffy expression to *Octopus vulgaris* growth. *Investigation Pesquera*, 43, 319-327.

Hernández-García, V., J.L. Hernandez-Lopez and J.J. Castro-Hdez. 2002. On the reproduction of *Octopus vulgaris* off the coast of the Canary Islands. *Fish. Res.*, 57, 197-203.

- Kim, B.G., 2003. Reproductive ecology and seeding production of the octopus, *Octopus ocellatus* on the west coast of Korea. Ph.D. Thesis, Kunsan National University, 1-102.
- Kim, D.S. 2000. Development of breeding technique for *Octopus minor*. Case Reports on the Propagation of Outstanding Fisheries Techniques. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Korea, 5-24.
- Kim, S.T., J.Y. Kim, J.I. Kim and S.D. Hwang. 2004. Growth and spawning of common octopus (*Octopus minor*) in southern coast of Korea. Proc. Symp. Fish. Sci. Soc., 2004, 362-363.
- Moon, S.H. 1989. A study on the morphology and biology of *Octopus minor* in Kyoungi Bay, Yellow sea. M.S. Thesis, Inha University, Korea, 1-49.
- Pauly, D. and G. Gaschutz. 1979. A simple method for fitting oscillation length growth data with a program for pocket calculator. ICES C.M.1979/G, 24, 26.
- Siddeek, M.S.M. and D.W. Johnson. 1997. Growth parameter estimates for Omani abalone (*Haliotis mariae*, Wood 1828) using length-frequency data. Fish. Res., 31, 169-188.
- Tanaka, J. 1958. On the stock of *Octopus vulgaris* Lamarck on the east coast of Boso Peninsula, Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 24, 603-607.
- Wells, M.J. 1978. Octopus - Physiology and Behaviour of an Advanced Invertebrata. John Wiley & Sons, New York, 1-417.
- Yamamoto, T. 1942. On the ecology of *Octopus variabilis* typicus (Sasaki), with special reference to its breeding habits. Venus, 12, 9-20.

2006년 9월 4일 접수
2006년 10월 30일 수리