

한국산 중하 (*Metapenaeus joyneri*)의 자원생태학적 특성치 및 자원량

최정화* · 장대수 · 김정년

국립수산과학원 자원연구팀

Population Parameters and Biomass of the Shiba Shrimp *Metapenaeus joyneri* in Korean Waters

Jung Hwa CHOI*, Dae Soo CHANG and Jung Nyun KIM
 Fisheries Resources Research Team, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

The ecological characteristics and stock biomass of the Shiba shrimp, *Metapenaeus joyneri*, in Korean waters were determined, using fishery data from the Ministry of Maritime Affairs and Fisheries (MOMAF) and available length frequency data. The instantaneous coefficient of total mortality (Z) of *M. joyneri* was estimated to be 4.19/year, and the annual survival rate (S) was 0.015. The estimated instantaneous coefficient of fishing mortality (F) for recent years was calculated to be 1.94/year. The age at first capture of *M. joyneri* was 0.71 years. Based on these parameters, the annual biomass of the *M. joyneri* stock was estimated using a biomass-based cohort analysis and data on the annual catch in weight at age for 1993-2004 in Korean waters. During the study period, the biomass of the shrimp peaked in 1994 at about 9,082 metric tons. Subsequently, it decreased to 500 metric tons in 1998.

Key words: *Metapenaeus joyneri*, Biomass, Population parameters, Korean shrimp

서 론

중하 (*Metapenaeus joyneri*)는 우리나라와 일본 및 중국의 남부해역을 비롯한 동아시아해역에 국지적으로 서식하는 종이다 (Hayashi, 1990; Cha et al., 2001). 특히, 우리나라에서는 서해 중부해역에서부터 남해 동부해역까지의 사니질에 주로 많이 서식하고 낭장망과 새우조망에 의해 4월부터 11월까지 어획되며, 겨울철에는 수심이 깊은 곳으로 월동 회유한다 (Cha et al., 2001).

우리나라의 새우류 어업은 서해와 남해의 저질환경 중 사니질이 잘 발달된 해역을 중심으로 새우조망, 낭장망, 주목망을 중심으로 발달하였다. 특히 대하, 중하, 꽃새우 및 갯새우가 속한 보리새우류가 전체 새우류 어획량의 50% 이상을 차지하고 있어 새우류 자원량 평가 및 관리 방안 마련을 위해서는 보리새우류에 대한 생태학적 특성치 파악을 우선적으로 실시하여야 한다 (MOMAF, 2005).

중하는 1964년부터 해양수산부 통계자료에 포함되어 관리되고 있으며, 1991년 6,145톤으로 가장 많은 어획량을 보인 후 1998년부터 2004년까지 급속히 감소하였다. 하지만, 1968년 이후 전반적인 어획량 변화양상은 점진적 증가 추세를 보이고 있다 (MOMAF, 2005).

중하에 대한 생태학적인 연구로는 양식대상종인 대하를 대체할 수 있는 어종 개발을 위한 기초생활사 및 서식환경에

따른 종묘생산연구를 Lee (1967)가 수행하였으며, Cha et al. (2004)에 의한 주 어획해역인 서해 중부해역에 서식하는 개체군의 성장과 성숙에 관한 연구가 있다. 또한 우리나라 서해안을 비롯하여 황해의 중국측에 서식하는 중하의 생식생물학적인 연구와 기생성 등각류의 감염률이 중하의 성장에 미치는 영향에 관한 연구가 이루어졌다 (Chu, 1995; Chu and Leong, 1996).

본 연구는 중하의 성장과 성숙에 관한 자료를 이용하여 중하 자원평가를 위한 자원생태학적 특성치인 순간전사망계수 및 생산율, 순간자연사망계수, 순간어획사망계수와 어획개시연령을 추정하였다.

재료 및 방법

전사망계수 (Z) 및 생산율 (S)

전사망계수는 Cha et al. (2004)에서 1994-1995년 연안안강망 및 새우조망에 의해 어획된 중하의 어획물로부터 조사한 체장별 어획개체수 자료를 사용하여 Jones and van Zalinge (1981)과 Pauly (1984)의 체장으로부터 전환된 어획물곡선법에 의하여 추정하였다. 전사망계수의 추정에서는 개체군이 평형상태에 있다는 가정을 전제로 함으로 인위적인 평형상태를 만들기 위하여 2년간의 체장조성을 산술평균하여 구한 체장조성 평균치를 사용하였다 (Cha et al., 2004). 생산율은 전사망계수로부터 변환하여 ($S=e^{-Z}$) 구하였다. 본 연구에서 이용한 중하의 연안안강망과 새우조망에 의한 체장조성 자료는

*Corresponding author: choijh@momaf.go.kr

두 어업이 전 연구기간 동안 중하 어획량의 50% 이상을 차지하여 대표성을 가지는 것으로 판단하였다 (Fig. 1).

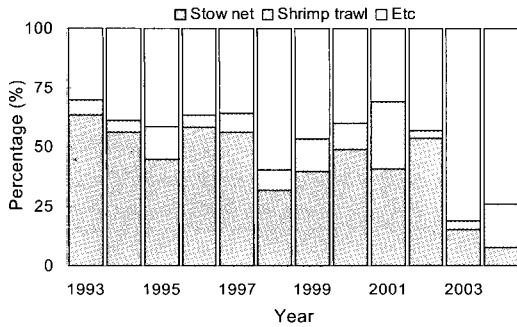


Fig. 1. Catch composition by fishing gear of *Metapenaeus joyneri* in Korean waters, 1993-2004.

자연사망계수 (M) 및 어획사망계수 (F)

자연사망은 가입이후에 일어나는 사망만을 의미하며 어획을 제외한 다른 요인들에 기인된 사망으로 간주하였으며, 여기서 이입과 이출은 고려하지 않았다. 중하 자원의 자연사망계수 (M)를 추정하기 위해 Alvenson and Carney (1975), Pauly (1983) 및 Alagaraja (1984)의 방법을 이용하였다. 단, 최대연령 t_{max} 는 최대체장을 이용하여 추정하였다. 각 추정 방법에 의해 구해진 값 중 중하의 생활사를 가장 잘 표현하는 것을 자연사망계수로 하였다. 어획사망계수 (F)는 전사망계수 (Z)에서 자연사망계수 (M)를 이용하여 계산하였다.

Alvenson and Carney (1975) model:

$$M = \frac{3K}{e^{K(0.38 \times t_{max})} - 1}$$

(K: Growth constant of von Bertalanffy growth equation, t_{max} : Maximum age)

Pauly (1983) 모델식:

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_{\infty} + 0.6543 \log K + 0.4634 \log T$$

(L_{∞} : Asymptotic length, K: Growth constant of von Bertalanffy growth equation, T: Mean environmental temperature)

Alagaraja (1984) model:

$$M = -\frac{\ln(0.01)}{T_m}$$

(T_m : Natural mortality)

어획개시연령 (t_c)

중하의 어획개시연령은 망목시험에 의한 자료 사용이 불가능하였으므로 체장조성에 의한 von Bertalanffy의 성장식을 이용하여 추정하는 Pauly (1984)의 방법을 사용하였다. 어업에 대한 어획개시연령 (t_c)은 Cha et al. (2004)의 서해안 연안간장망 (0.98×0.98 cm)에 어획된 중하의 체장조성자료를 사용하였다.

연도별, 연령별 자원량 및 어획사망계수

중하의 자원량을 추정하는 데는 성장개념을 포함시킨 생체량을 기초로 한 코호트 분석법 (Zhang and Sullivan, 1988)을 적용하여 아래의 식에 의거하여 자원량을 추정하였다.

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

어획사망계수는 아래의 식에 의해 구하였다.

$$F_{ij} = \ln\left(\frac{B_{ij}}{B_{i+1, j+1}}\right) - M + G_j$$

이상의 모델을 이용하여 모든 연도와 연령에 대하여 자원량과 순간어획사망계수를 계산하였다. 연령은 6개월을 하나의 단위로 하여 주 산란시기 7월 1일을 기준으로 하였으며, 월별 어획량 중 5-6월 및 9-10월에 어획이 많이 이루어지는 것으로 나타나, 1-6월까지와 7-12월까지를 하나의 연령군으로 나누어 산정하였다 (Fig. 2). 여기서, 추정된 B_{ij} 는 i 년초 j 세의 자원중량을 나타내며, 본 모델에서는 어획이 해당연도의 중간시점에서 순간적으로 이루어짐을 가정하고 있기 때문에 어획직전의 j 세의 자원중량을 다음의 식을 사용하여 구하였다.

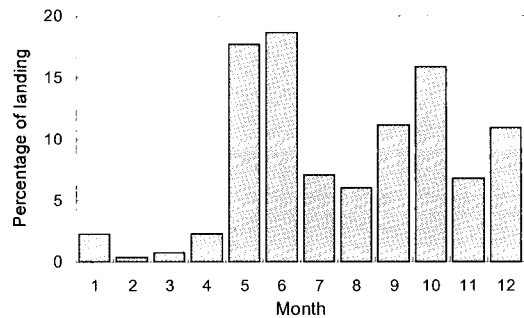


Fig. 2. Monthly changes in annual catch percentage of *Metapenaeus joyneri* in Korean waters, 1993-2004.

$$B_{ij} = B_{ij} \exp\left(-\frac{M - G_{ij}}{2}\right)$$

이 방법에서는 대상연도의 연령별 어획중량과 연령별 성장률, 자연사망계수, 마지막 어획사망계수 (terminal F)가 입력자료로 사용되었다. 여기서, 먼저 연도·연령별 어획중량은 해양수산부에서 수집, 분석한 1993-2004년 기간에 대한 연도별 연령별 어획중량을 사용하였다 (MOMAF, 2005). 성장률은 다음의 식을 사용하여 구하였다.

$$G_i = \ln\left(\frac{W_{i+1}}{W_i}\right)$$

중하의 체장-체중 관계식은 다음과 같다.

$$WT = 0.0034 \times CL^{2.4935}$$

연도별 자연사망계수는 위에서 추정된 값을 입력자료로 사용하였으며, 마지막 어획사망계수는 위에서 추정된 F값을 마지막 해의 전연령 및 전연도의 마지막 연령에 대하여 사용하였다. 이러한 값들을 입력자료로 사용한 모델식에 의해 연

도별 연령별 자원량을 추정하였다.

결 과

전사망계수 (Z) 및 생산율 (S)

우리나라 연안에서 어획되는 중하의 전사망계수는 Jones and van Zalinge (1981)의 방법으로는 4.19/year로 추정되었으며 (Fig. 3), Pauly (1984)의 방법으로는 4.21/year로 추정되었다 (Fig. 4). 전사망계수를 이용한 생산율은 0.015과 0.015로 각각 계산되어 가입된 중하 가운데 연간 약 1% 정도가 살아남는 것으로 나타났다.

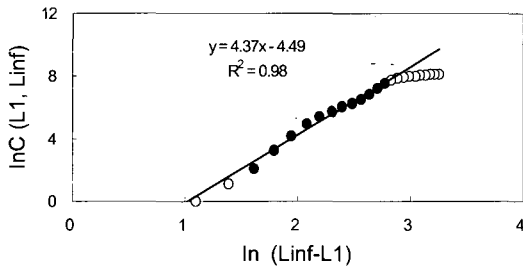


Fig. 3. Jones and van Zalinge (1981) plot based on length-composition data for *Metapenaeus joyneri* in Korean waters.

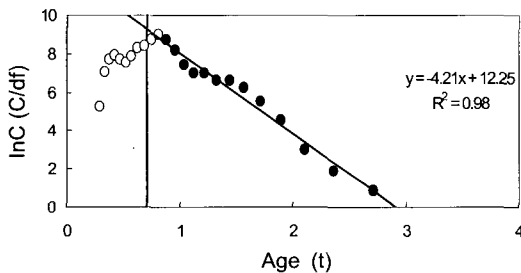


Fig. 4. Length-converted catch curve (Pauly, 1984) based on length-composition data for *Metapenaeus joyneri* in Korean waters.

자연사망계수 (M) 및 어획사망계수 (F)

중하의 자연사망계수 (M)는 von Bertalanffy 성장식의 최대 체장 34 mm, 성장계수 (K) 0.96 및 평균수온 16.02°C를 적용하여 추정하였다. 또한, 최고연령은 2.25세로 년 1회 산란과 수명 동안 2회 산란 후 사망으로 가정하여 추정하였다. Alverson and Carney (1975) 방법으로는 2.26/year, Pauly (1983) 방법으로는 1.29/year 및 Alagaraja (1984) 방법으로는 3.68/year로 나타났다. 이들 세 가지 결과 중 개체군의 감소를 지수함수적 현상으로 나타낸 Alverson and Carney (1975)의 방법이 중하의 자연사망현상을 가장 잘 설명할 것으로 여겨 자연사망계수를 2.26/year로 하였다. 전사망계수 (Z)와 자연사망계수 (M)와 차에 의한 어획사망계수는 1.94/year이었다.

어획개시연령 (t_c)

Cha et al. (2004)의 연안안강망에 어획된 체장조성자료를 사용하여 중하자원의 어획개시연령 (t_c), 즉 50% 어구가입시

사용된 성장계수 K는 Cha et al. (2004)의 추정치이다. 체장 조성자료는 이 성장계수에 의하여 연령조성으로 변환되었다. 여기서 연령에 관계없이 일정한 사망계수를 가진다는 가정 하에서 가입, 혹은 어구선택이 되지 않을 상태를 예상할 기대어획개체수와 실제어획개체수와의 비를 사용하여 50% 어구가입연령을 추정하였다. 계산된 50% 어구가입연령은 0.71세였다.

자원량

연령별 성장률을 구하기 위하여 연령별 체장을 Cha et al. (2004)의 체장-체중관계식을 이용하여 연령별 체중으로 전환하였으며 구해진 순간성장률은 1세군이 1.03/0.5year으로 가장 높았고, 그 외의 연령그룹은 0.5/0.5year로 비슷하였다 (Table 1).

Table 1. Estimated instantaneous growth rate (G) of *Metapenaeus joyneri* in the western sea of Korea

Age (i)	Li (cm)	Wi (g)	Gi
0	11.84	1.68	0.52
0.5	17.92	4.68	1.03
1	22.69	8.15	0.55
1.5	28.86	13.88	0.53

체장빈도 자료와 어획량을 이용한 코호트 분석에 의해 추정된 중하의 1993-2004년의 연도별 자원량은 1994년에 9,082톤으로 가장 높았고, 2004년에 591톤으로 가장 낮았다. 중하의 연구기간 동안의 자원량은 어획량의 2배 이하로 나타나 전체 자원량의 절반이 어획되어 이용되는 것으로 나타났다 (Fig. 5). 각 연령별 자원량은 산란된 개체가 월동기간을 보내고 다음 산란을 위해 연안으로 회유하는 연령인 0.5세군이 전 자원량의 50% 정도로 가장 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다 (Fig. 6).

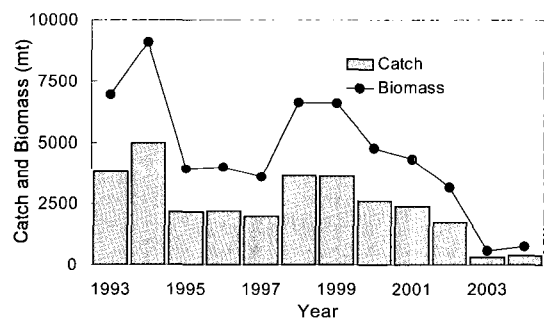


Fig. 5. Annual changes in biomass and catch of *Metapenaeus joyneri* in Korean waters, 1993-2004.

고 찰

수산자원의 자연적 사망량, 가입량 및 어획에 의한 사망량 등의 개체군 단위에서 양적인 변화를 파악하기 위한 연구들은 수산자원의 지속적인 이용과 관리를 위해 필수적인 것이다. 특히 서식환경의 변화와 남획 등의 인위적 요인에 의한 어획

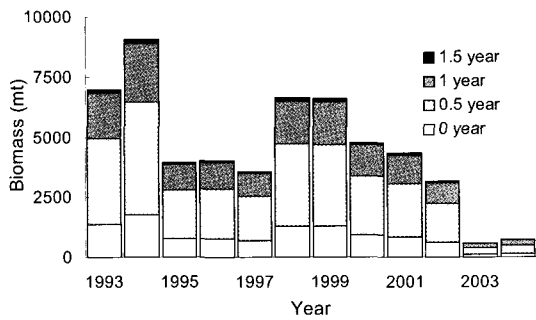


Fig. 6. Annual changes in biomass by each age group of *Metapenaeus joyneri* in Korean water, 1993-2004.

량이 감소하는 중에 대한 자원생태학적 특성치 연구는 자원의 지속적인 이용을 위해 우선적으로 이루어져야 한다.

본 연구의 자원생태학적 특성치를 추정하기 위해 사용된 K 와 L_{∞} 값으로 나타난 중하는 성장이 매우 빠른 종으로 나타났다. 같은 분류군에 속하는 대하, 꽃새우, 갯새우도 중하와 비슷한 값을 보여 우리나라 서해안의 해양환경에 적응하기 위한 생태적 전략인 것으로 추정된다. 온대해역의 보리새우류 생활사에서 나타난 일반적인 생태적 특징은 월동을 마친 그룹들이 춘계부터 하계까지 빠르게 성장하여 수온이 가장 높고 상승하는 시기에 산란에 참여하고 동계를 보내기 위해 월동장으로 이동하는 것으로 보고되어 있다 (Dall et al., 1990). 또한, 보리새우류는 하계에 산란에 참여한 산란군들이 산란 후 사망하는 것으로 알려져 수명이 약 1.5년 정도 되는 것으로 추측되고 있다 (Cha et al., 2004). 하지만, 종묘생산을 위해 사육한 보리새우류의 모하의 경우, 산란 후 사망하지 않았으며 (personal communication with Kim, D.H. of NFRDI), 산란 후 다시 생식소가 성숙하여 재 산란에 참여하는 것으로 나타나, 중하의 수명을 규명하기 위해서는 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 여겨진다. 이로 미루어 볼 때 중하는 출생 당년에는 성장이 매우 빠르고, 1세와 2세까지 생존하는 개체들의 비율이 매우 낮으며, 전 수명 동안 2-3회까지 산란에 참여하는 무리들이 있는 것으로 추측된다.

Jones and van Zalinge (1981)와 Pauly (1984)의 두 가지 방법에 의해 추정된 자연사망계수는 4.19/year와 4.21/year로 차이를 보이지 않았다. 하지만, 체급별 어획미수 자료를 이용하는 Jones and van Zalinge (1981)의 방법으로 추정된 4.19/year은 동일 분류군에 속하며 인도양에서 주 어획 대상종으로 이용되는 *Metapenaeus brevicornis*와 *Metapenaeus kutchensis*의 2.55/year 및 6.49/year와 다소 차이를 보였다 (Pauly et al., 1984). 어획상황을 판단할 수 있는 $E(F/Z)$ 값은 0.46 (0.5 이상 과다어획상태)으로 나타나 과다어획상태는 아닌 것으로 나타났다 (Pauly et al., 1984). 또한, Alverson and Carney (1975)의 방법에 의한 자연사망계수(M)는 2.26/year로 인도양의 *M. brevicornis*와 *M. kutchensis*의 1.91/year 및 2.33/year와 비슷한 값을 보였다 (Pauly et al., 1984). 이러한 새우류의 높은 전사망계수(Z) 값은 긴 유생시기와 해양생태계내에서 저서어류와 연체동물

등의 먹이 역할을 하는 생태적 특징 때문인 것으로 추측된다.

수산생물의 어획개시연령 추정은 망목시험을 통하여 추정 가능하다 (King, 1995). 그러나 어구를 이용한 망목선택성 시험을 하지 않았을 경우 Pauly (1984)의 방법에 의해 성장식과 체장조성을 이용하여 추정이 가능하다. Pauly (1984)에 의해 추정된 어획개시연령은 0.71세로 나타났으며, 두흉갑장으로 환산한 경우 약 16.5 mm로 추정되었다.

연도별로 추정된 자원량은 1998년 이후 지속적인 감소를 나타내고 있는 것으로 나타났다. 특히, 약 6,000톤까지 떨어진 자원량은 1996년 이후 다소 회복 양상을 보였지만, 2000년 이후 1세 이상 그룹의 낮은 자원량 수준을 보였으며, 2002년 높은 어획사망률로 인하여 자원량이 급격히 감소하였다. 이러한 보리새우류의 급격한 자원량의 변화는 육지로부터 또는 해양환경의 조석주기 변화, 계절적 변화 및 태양반점의 변화 등과 같은 자연 환경적 요인과 오염 및 간척과 같은 인간 활동에 의한 변화 등에 많은 영향을 받고 있다. 특히, 강과 바다가 만나 영양염이 풍부한 하구언을 산란장으로 이용하는 보리새우류는 생활사적 특징으로 인해 하구언으로 유입되는 유량에 많은 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Garcia, 1984).

참 고 문 헌

Alagaraja, K. 1984. Simple methods for estimation of parameters for assessing exploited for fish stocks. *Indian J. Fish.*, 31, 177-208.

Alverson, D.L. and M.I. Carney. 1975. A graphic review of the growth and decay of population cohorts. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 36, 133-143.

Cha, H.K., J.U. Lee, C.S. Park, C.I. Baik, S.Y. Hong, J.H. Park, D.W. Lee, Y.M. Choi, K.S. Hwang, Z.G. Kim, K.H. Choi, H.S. Sohn, M.H. Sohn, D.H. Kim and J.H. Choi. 2001. Shrimps of the Korean Waters. *Nat. Fish. Res. Devel. Inst.*, Pusan, Korea, 1-188.

Cha, H.K., J.H. Choi and C.W. Oh. 2004. Reproductive biology and growth of the shiba shrimp, *Metapenaeus joyneri* (Decapoda: Penaeidae), on the western coast of Korea. *J. Crut. Biol.*, 24, 93-100.

Chu, K.H. 1995. Aspects of reproductive biology of the shrimp *Metapenaeus joyneri* from the Zhujiang Estuary, China. *J. Crut. Biol.*, 15, 214-219.

Chu, K.H. and F.L.S. Leong. 1996. Occurrence and influence of *Oribione halipori* Nierstrasz and Brender à Brandis (Isopoda: Bopyridae) on *Metapenaeus joyneri* (Miers) (Decapoda: Penaeidae) from the Zhujiang Estuary, China. *J. Nat. Hist.*, 30, 835-839.

Dall, W., B.J. Hill and D.J. Staples. 1990. The biology of the Penaeidae. In: *Advanced in Marine Biology* vol. 27. Blaster, J.H.S. and A.J. Southward, eds. Academic Press, San Diego, 1-461.

- Garcia, S. 1984. A note on environmental aspects of penaeid shrimp biology and dynamics. In: Penaeid Shrimps-Their Biology and Management. Gulland J.A., and B.J. Rothschild, eds. Fishing News Books Limited, Surrey, 268-271.
- Hayashi, K. 1990. Dendrobranchiata crustaceans from Japanese waters. Seibutsu Kenkyusha, Tokyo, 1-300.
- Jones, R. and N.P. van Zalinge. 1981. Estimates of mortality rate and population size for shrimp in Kuwait waters. Kuwait Bull. Mar. Sci., 2, 273-288.
- King, M. 1995. Fisheries Biology, Assessment and Management. Fishing News Books Limited, Oxford, 1-341.
- Lee, B.D. 1967. Studies on the production of larvae of the penaeidean shrimp *Metapenaeus joyneri* (Miers). Haewundae Mar. Lab. Pusan Fish. Coll., Busan, 1-48.
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs & Fisheries). 2005. Fishery Production Survey. Fishery Production Service: www.momaf.go.kr.
- Pauly, D. 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap., 234, 1-52.
- Pauly, D. 1984. Length-converted catch data. A powerful tool for fisheries research in the tropics (Part II). ICLARM Fishbyte, 2, 9-10.
- Pauly, D., J. Ingles and R. Neal. 1984. Application to shrimp stocks of objective methods for the estimation of growth, mortality and recruitment-related parameters from length-frequency data (ELEFAN I and II). In: Penaeid Shrimps-Their Biology and Management. Gulland J.A., and B.J. Rothschild, eds. Fishing News Books Limited, Surrey, 220-234.
- Zhang, C.I. and P.J. Sullivan. 1998. Biomass-based cohort analysis that incorporates growth. Trans. Am. Fish. Soc., 117, 180-189.

2006년 6월 21일 접수

2006년 8월 26일 수리