

한국 동해안 참가자미, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder)의 성숙과 산란

차형기* · 박기영¹ · 이성일 · 박헌우¹ · 권혁찬 · 최수하¹

국립수산과학원 동해수산연구소, ¹강릉대학교 해양생명공학부

Maturity and Spawning of Brown Sole, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder) in the East Sea of Korea

Hyung Kee Cha*, Kie Young Park¹, Sung Il Lee, Heon Woo Park¹,
Hyeok Chan Kwon and Soo Ha Choi¹

East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research &
Development Institute, Gangnung 210-861, Korea

¹Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University,
Gangnung 210-702, Korea

The maturity and spawning of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* were investigated using samples randomly collected in the East Sea of Korea from April, 2003 to March, 2004. We analyzed monthly changes in maturity stages, gonadosomatic index (GSI), egg diameter, fecundity (F), total length (TL) at 50% group maturity, and sex ratio. The spawning period was February to May, and the main spawning period was March to April. The fecundity was 38,702 eggs at 22 cm (TL) to 133,085 eggs at 37 cm (TL), and the relationship between TL and F was $F=11.307 TL^{2.628}$. The TL at first maturity was 15 cm and at 100% maturity, 21 cm. Thus, TL at 50% group maturity was estimated to be 17.8 cm, which corresponded to the age of 3 years. The sex ratio was 60.2 for female and 39.8 for male, where the female population was seen to be slightly predominant.

Key words : *Pleuronectes herzensteini*, maturity, spawning

서 론

참가자미 (*Pleuronectes herzensteini*)는 가자미목 가자미과에 속하는 어종으로, 우리나라 전 연안, 일본, 황해, 발해 및 동중국해의 연안에 분포한다. 참가자미는 봄

에 가까운 연안으로 이동하여 6월경에는 최대로 얕은 곳까지 회유해 오며, 9월 이후 깊은 곳으로 이동하는데, 수심 150 m 이내에 서식하는 저서성 어종으로 (NFRDI, 2004), 우리나라에서는 주로 연승, 자망 및 정치망 등에 의해 어획되는 상업적으로 중요한 어종의 하나이다.

참가자미에 대하여는 Rho *et al.* (1988)의 초기발생과 자치어사육에 관한 연구, Lee *et al.* (1997)의 난 발생에 미치는 수온과 염분의 영향에 관한 연구, 그리고 Han

*Corresponding author: hkcha@nfrdi.re.kr

and Kim (1999)의 난 발생과정과 자어의 형태발달에 관한 연구 등 대부분이 난발생이나 부화자어의 형태학적 변화 및 인공종묘생산에 관한 연구가 수행되었다. 참가자미에 대한 자원생태학적 연구로는 Choi *et al.* (1986)에 의한 연령, 성장 및 성숙에 관한 연구가 있었고, 최근 Chang *et al.* (2004)에 의해 동해안 참가자미의 생식주기에 대한 연구가 있었다. 그러나 Choi *et al.* (1986)에 의한 참가자미 연구는 약 20년 전의 결과로서, 이후 기후체제 전환에 의한 해양환경 및 서식환경의 변화, 그리고 어획 압력의 증가 등으로 인한 개체군의 내적 변화로 최근의 참가자미 생태와는 차이를 보일 가능성이 있다. 그리고 Chang *et al.* (2004)에 의한 참가자미 연구는 생식소의 조직학적 조사에 의한 생식소 발달과정과 생식주기에만 초점이 맞추어졌을 뿐, 성숙체장 및 포란수 추정 등과 같은 재생산력에 대해서는 연구가 수행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 동해안 참가자미의 자원생태학적 기초자료를 제시하기 위해 생식주기 및 재생산력 등 성숙과 산란에 관한 전반적인 조사를 수행하였다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용한 참가자미 시료는 2003년 4월부터 2004년 3월까지 강원도 양양군 현남면 남애리 연안에서 자망어업으로 어획된 것을 매월 구입한 것이다 (Fig. 1, Table 1). 구입한 시료는 실험실에서 암·수 구분하여

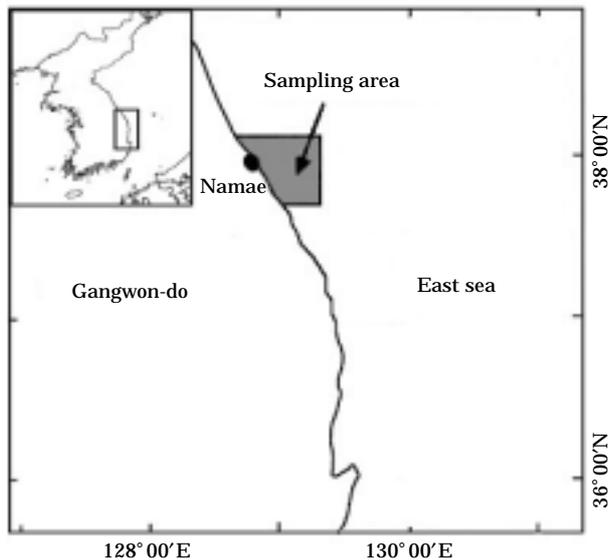


Fig. 1. Sampling area of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* caught by the gillnet fishery in the East Sea of Korea.

Table 1. Monthly sex ratio of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea

Year	Month	Number		Percentage		χ^2
		Female	Male	Female	Male	
2003	Apr.	24	16	60.0	40.0	1.600
	May	43	13	76.8	23.2	16.071*
	Jun.	15	15	50.0	50.0	0.000
	Jul.	29	30	49.2	50.8	0.017
	Aug.	70	31	69.3	30.7	15.059*
	Sep.	72	51	58.5	41.5	3.585
	Oct.	29	30	49.2	50.8	0.017
	Nov.	32	26	55.2	44.8	0.621
	Dec.	30	26	53.6	46.4	0.286
	2004	Jan.	28	29	49.1	50.9
Feb.		40	17	70.2	29.8	9.281*
Mar.		46	19	70.8	29.2	11.215*
Total		458	303	60.18	39.82	31.570*

*Significant at 1% level.

체장은 0.1 cm까지, 체중은 0.1 g까지, 그리고 생식소 중량은 0.01 g까지 정밀 측정하였다.

성숙도는 생식소 크기, 색조, 난의 투명상태, 그리고 난립의 크기 등을 기준으로 육안관찰하였으며, 성숙단계는 미숙 (immature), 중숙 (maturing), 완숙 (mature), 방중 (spawning), 방후 (spent)의 5단계로 구분하여 월별 각 단계의 출현율을 관찰하였다.

생식소중량지수 (GSI)의 월 변화는 다음 식으로 구하였으며,

$$GSI = \frac{GW}{BW} \times 10^3$$

여기서, GW는 생식소 중량 (습중량, g)이고, BW는 체중 (습중량, g)이다.

난경조성의 월 변화를 알아보기 위하여 체장크기별로 난소 내 난피를 임의 추출하여 Gilson 용액에 2~3일간 고정시켜 난을 분리한 후, 난의 장경을 Profile Projector (Nikon V-16E)에서 측정하였다.

포란수 (F)는 성숙한 개체의 난소에 대하여 습중량법 (Bagenal and Brown, 1978)으로 구하였다.

$$F = \frac{A-B}{C} \times e$$

여기서, A는 난소의 중량, B는 난소 껍질의 중량, C는 난소 일부의 중량, 그리고 e는 C의 난 수이다.

군성숙체장은 산란기로 추정되는 시기에 있어서 중숙 이상의 개체를 당해연도 산란기능군으로 보고 그 비율을 구하여 logistic식에 적용시켜 50% 군성숙체장을 추

정하였다.

성비는 조사기간 동안 어체를 측정된 전 개체에 대해 월별·체급별 압·수비가 1:1인지 아닌지를 알아보기 위해 χ^2 검정을 이용하여 분석하였다.

$$\chi^2 = \frac{(n_1 - n_1')^2}{n_1'} + \frac{(n_2 - n_2')^2}{n_2'}$$

여기서, n_1 과 n_2 는 각각 암컷과 수컷의 개체수이고, n_1' 과 n_2' 는 각각 n_1 과 n_2 의 기대치이다.

결 과

참가자미 난소의 성숙도변화를 육안관찰한 결과, 단계별 특성은 다음과 같다. 미숙상태 (immature)의 난소는 작고 가늘며 연회색을 띠고, 난소의 표피는 얇고 투명하였다. 중숙상태 (maturing)의 난소는 불투명하고 표면에 소혈관이 산재되어 있었으며, 난의 크기가 아주 작았다. 완숙상태 (mature)의 난소는 연분홍빛을 띠고, 난이 크고 투명란이 많았으며, 불투명란도 소량 존재하였다. 방중상태 (spawning)는 대부분의 알이 투명하고 복부에 힘을 가하면 자연적으로 난립이 밖으로 유출되었다. 방후상태 (spent)의 난소는 난이 거의 방란되어 산란흔적을 볼 수 있었고, 표피는 얇고 축소되어 있었다.

참가자미 암컷의 월별 생식소 발달과정을 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 중숙상태의 개체가 10월부터 출현하기 시작하여 다음해 5월까지 나타났으며, 1~2월에 50~63%로 높은 출현율을 보였다. 완숙상태의 개체는 12월~다음해 4월에 걸쳐 출현하였으며, 2월에 43%로 가장 높았고, 3월과 4월에 각각 26%, 33%씩 출현하였다.

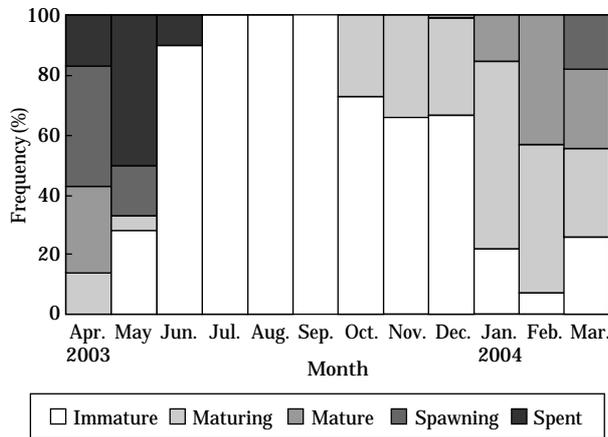


Fig. 2. Monthly changes in maturity stages of female brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

3~5월에는 방란중의 개체가 17~40% 출현하였으며, 4월에 가장 많은 높은 출현율을 보였고, 4~6월에는 방란후의 개체가 각각 17%, 50%, 10%씩 출현하였다. 그리고 7~9월에는 대부분의 출현개체가 미숙상태이었다.

생식소중량지수 (GSI)의 월 변화를 보면 (Fig. 3), 암컷의 경우 GSI는 7~11월에 낮은 값을 보이다가 12월부터 증가하기 시작하여 2~4월에 현저히 높았고, 5월 이후 급격히 감소하였다. 따라서 생식소 발달과정 및 GSI의 월 변화로부터 동해안 참가자미의 산란기는 2~5월, 주 산란기는 3~4월로 추정된다.

산란기동안의 방란횟수 및 난소의 성숙발달에 따른 난경크기 변화를 알아보기 위해 좌·우별 난경조성의 월 변화를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다. 7~12월에는 난경 크기가 0.1~0.3 mm 전후의 작은 난이었으나 1월부터 난이 성장하여 4월에 1.0 mm 전후로 최대이었고, 6월 이후 0.3 mm 전후의 크기로 급격히 감소하였다.

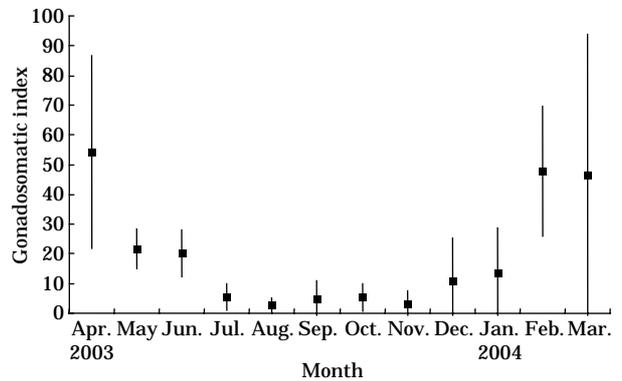


Fig. 3. Monthly changes in gonadosomatic index of female brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

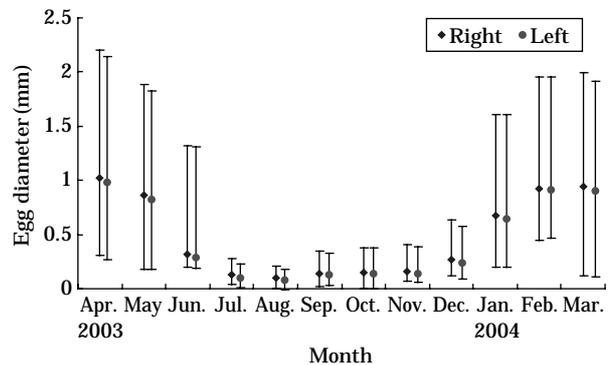


Fig. 4. Monthly changes in egg diameter for brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea. Diamonds and circles indicate the mean values of egg diameter in gonad, respectively and vertical lines indicate the ranges of egg diameter.

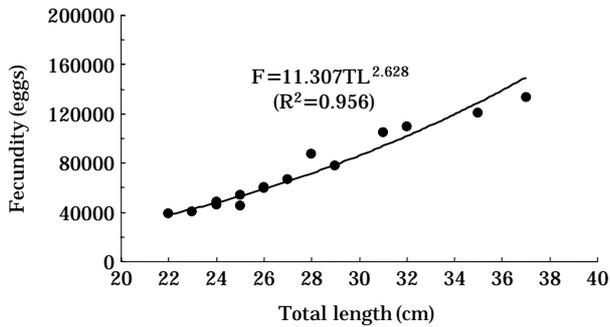


Fig. 5. Relationship between total length and fecundity of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

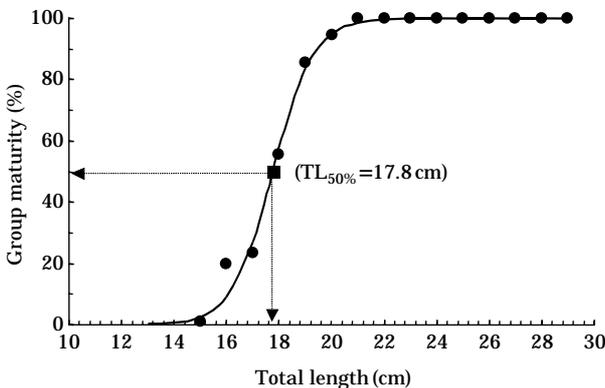


Fig. 6. Relationship between total length and group maturity of female brown sole, *Pleuronectes herzensteini* in the East Sea of Korea.

참가자미의 재생산력을 알아보기 위해 주 산란기로 추정되는 3~4월의 성숙된 개체 총 15미를 대상으로 포란수를 조사한 결과, 최소 38,702개에서 최대 133,085개로 계승되었다. 따라서 전장(TL)과 포란수(F)간의 관계식은 $F=11.307TL^{2.628}$ ($R^2=0.956$)으로 체장이 커질수록 포란수도 증가하는 경향을 보였다(Fig. 5).

참가자미가 산란에 참여하는 군성숙체장을 알아보기 위해 중숙상태 이상의 개체는 당해연도에 산란에 참여하는 것으로 간주하여 어체크기별 성숙개체의 출현율을 조사한 결과는 Fig. 6과 같다. 전장 15 cm 체장군에서 처음으로 산란에 참여하여 16 cm 체장군에서 20%, 18 cm 체장군에서 56%, 19 cm 체장군에서 86%, 21 cm 이상에서는 100%가 산란에 참여하는 것으로 나타나, logistic식에 의한 50% 군성숙체장은 전장 17.8 cm이었고, 이때의 연령은 Lee *et al.* (2006)에 의한 참가자미의 성장식에 의해 3세로 추정되었다.

2003년 4월부터 2004년 3월까지 채집된 표본을 대상으로 월별 암수비를 분석한 결과는 Table 1과 같다. 조

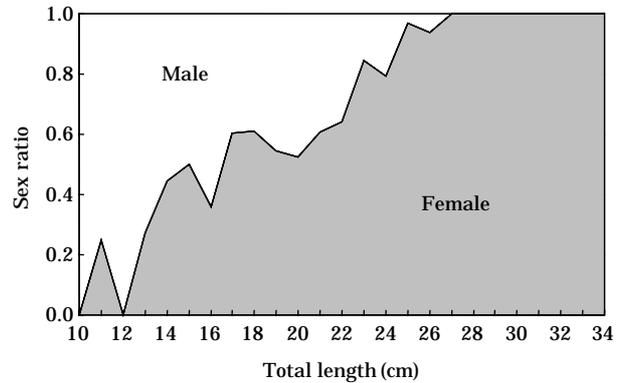


Fig. 7. Sex ratio of brown sole, *Pleuronectes herzensteini* by length class in the East Sea of Korea.

사기간 전체에 대한 성비(암:수)는 60.2:39.8로 암컷이 수컷보다 높게 나타났다($P<0.01$). 체급별 암수비에서는 체장 17 cm 이하에서는 수컷의 비율이 높았고, 그 이상에서는 암컷의 비율이 높았다(Fig. 7).

고 찰

육안관찰에 의한 생식소 발달과정 및 GSI의 월 변화 분석으로부터 우리나라 동해안 참가자미의 산란기는 2~5월, 주 산란기는 3~4월로 추정되었다. 동해안에 서식하는 참가자미의 산란기 추정에 관한 연구결과들을 정리해 보면, 우리나라 영일만 참가자미의 주 산란기는 3~4월(Choi *et al.*, 1986), 일본 니이가타 근해에 서식하는 참가자미의 산란기는 2~4월(Wada, 1970), 샌다이만에 서식하는 참가자미는 2~5월 중순에 걸쳐 산란이 일어난다고 하여(Kawasaki and Hadanaka, 1951), 우리나라와 일본 연안에 분포하는 참가자미의 산란기는 지역적으로 큰 차이가 없는 것으로 보인다. Kawasaki and Hadanaka (1951)는 참가자미의 산란시기는 체장에 따라 차이를 보이며, 체장(BL) 20 cm 이상의 3~4세어는 4월 중순까지, 14~20 cm의 개체는 20 cm 이상의 개체보다 산란이 늦게 일어나 5월 중순까지 산란이 일어난다고 하였다. 한편, 본 연구결과가 Chang *et al.* (2004)에 의한 연구 결과와는 다소 차이를 보였는데, GSI는 2~4월에 높은 값으로 월 변화 경향이 유사하였으나, 조직학적 조사 결과에서는 참가자미의 산란기가 1~3월이라 하여 본 연구결과보다 산란기가 1개월 정도 빠른 것으로 나타났다.

우리나라 동해안 참가자미 암컷의 50% 군성숙체장은 17.8 cm(TL)로 추정되었고, Wada (1970) 및 Kawasaki and Hadanaka (1951)에 의하면 일본 연안 참가자미의

군성숙체장은 14 cm (BL)로 보고하였다. 그러나 본 연구에서 제시된 군성숙체장은 전장 (TL)이고, 그들은 체장 (BL)이기 때문에, 이를 비교하기 위해 본 연구에서 조사된 자료를 사용하여 전장 (TL)과 체장 (BL)간의 관계식, $BL=0.8638TL-0.4719$ ($R^2=0.988$)를 구하였으며, 위 관계식으로부터 전장 (TL) 17.8 cm를 체장 (BL)으로 환산하면 14.3 cm로 큰 차이가 없었다. 그러나 Choi *et al.* (1986)은 군성숙체장을 전장 (TL) 15 cm로 보고하여 본 연구결과보다 약 2.8 cm 작았는데, 이러한 차이가 채집시기 또는 지역의 차이에 기인한 것인지, 아니면 해양환경의 변화에 기인한 것인지, 또는 자원감소로 인한 개체군의 내적 변화에 의한 것인지는 이에 대한 보다 종합적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

전장 (TL)과 포란수 (F)간의 관계식은 $F=11.307TL^{2.628}$ 으로, 전장이 커짐에 따라 포란수가 기하급수적으로 증가하는 것으로 나타났다.

성비조성에서는 전체적으로 암컷이 우세한 것으로 나타났다으며, Choi *et al.* (1986)은 수컷이 우세하게 나타나 본 연구 결과와는 차이가 있었는데, 특히 Choi *et al.* (1986)에 의한 결과에서는 산란기인 2월에 암컷의 비율이 30%도 미치지 못한 반면, 본 연구에서는 산란시기에 암컷이 70%를 차지하여 본 조사지역이 참가자미의 주요 산란장인 것으로 추정된다. 체급별 성비조성에서는 어체가 커질수록 암컷의 비율이 높게 나타났는데, 27 cm 이상의 수컷은 전혀 출현하지 않았다.

적 요

2003년 4월부터 2004년 3월까지 우리나라 동해안 강원도 양양군 현남면 남애리 연안에서 어획된 참가자미를 대상으로 성숙과 산란에 관한 연구를 수행하였다. 암컷의 생식소 발달과정 및 생식소중량지수의 월 변화로부터 참가자미의 산란기는 2~5월, 주 산란기는 3~4월로 추정된다. 전장 (TL)과 포란수 (F)간의 관계식은 $F=11.307TL^{2.628}$ 으로 체장이 커질수록 포란수도 증가하는 경향을 보였다. 산란에 참여하는 군성숙체장은 전장 17.8 cm이었고, 이때의 연령은 3세이었다. 전 조사기간에 대한 성비(암·수)는 60.2:39.8로 암컷이 우세하였고, 체급별 성비는 전장 17 cm 이하에서는 수컷의 비율이 높았으나 체장이 커질수록 암컷의 비율이 증가하여 27 cm 이상에서는 전 출현개체가 암컷이었다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 (동해연안어업자원관리연

구, RP-2006-FR-017)의 지원에 의해 운영되었습니다.

인 용 문 헌

- Bagenal, T.B. and E. Brown. 1978. Eggs and early life history. In: Bagenal T.B. (ed.), Methods for assessment of fish production in fresh waters, 3rd ed., Blackwell scientific publications Ltd., Oxford, pp. 165~201.
- Chang, Y.J., J.Y. Lee and Y.J. Chang. 2004. Reproductive cycle of the Brown sole, *Limanda herzensteini* in the Eastern Waters of Korea. J. of Aquaculture, 17(2) : 128~132.
- Choi, S.H., Y.Y. Chun, Y.G. Gong and S.J. Son. 1986. Studies on the age, growth and maturity of the flounder *Limanda herzensteini* Jordan et Snyder in Yong-il Bay of the Eastern Sea of Korea. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 39 : 43~51.
- Han, K.H. and Y.U. Kim. 1999. Eggs development and morphology of larvae of the flounder, *Limanda herzensteini*. Korean J. Ichthyol., 11(1) : 86~93.
- Kawasaki, T. and M. Hadanaka. 1951. Studies on the populations of the flatfish in Sendai Bay. I. *Limanda angustirostris* KITAHARA, Tohoku. J. Agri. Res., 2(1) : 83~104.
- Lee, J.Y., W.K. Kim and Y.J. Chang. 1997. Influence of water temperature and salinity on egg development of flatfish, *Limanda herzensteini*. J. of Aquaculture, 10 : 357~362.
- Lee, S.I., K.Y. Park, Y.S. Kim, H.W. Park, J.H. Yang and S.H. Choi. 2006. Age and growth of Brown sole, *Pleuronectes herzensteini* (Jordan et Snyder) in the East Sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 18(4): 355~362. (in press)
- National Fisheries Research and Development Institute. 2004. Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea. 2nd ed. Hangul Press, Busan, pp. 256.
- Rho, Y.G., D.W. Park and G.T. Lee. 1988. Early development and rearing of floating larvae and fry of flatfish, *Limanda herzensteini* Jordan et Snyder. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 41 : 65~73.
- Wada, K. 1970. Studies on the population biology of the flatfish, *Limanda herzensteini* JORDAN et SNYDER in Niigata region. II. Maturity and spawning. Bull. Jap. Sea Reg. Lab., 22 : 45~57.

Received: November 6, 2006

Accepted: December 1, 2006