

한국 순천만 갯벌지역 큰벃말뚝망둥어 (*Periophthalmus magnuspinnatus*)의 생식

김재원·윤양호¹·신현출¹·Toru TAKITA²·김지형³·박세창³·박찬일^{4,5}·백근욱^{4,5*}
강릉도립대학교 자원개발학과, ¹전남대학교 해양기술학부, ²나가사키대학교 수산학부,
³서울대학교 수의학과, ⁴경상대학교 해양생명과학부, ⁵경상대학교 해양산업연구소

Reproduction of the Goby Fish *Periophthalmus magnuspinnatus* in Mud Flat of Suncheon Bay, Korea

Jae Won KIM, Yang Ho YOON¹, Hyun Chool SHIN¹, Toru TAKITA², Ji Hyung KIM³,
Se Chang PARK³, Chan Il PARK^{4,5} and Gun Wook BAECK^{4,5*}

Department of Marine Bio-resources, Kangwon Provincial University, Kangnung 210-804, Korea

¹Faculty of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

²Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Bunkyo, Nagasaki 852, Japan

³Laboratory of Aquatic Animal Medicine, College of Veterinary Medicine, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

⁴Department of Marine Biology and Aquaculture, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

⁵Institute of Marine Industry, Department of Marine Biology and Aquaculture, College of Marine Science, Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

Reproduction of the goby fish *Periophthalmus magnuspinnatus* was examined using 298 specimens collected from April to October 2005 in a mud flat of Suncheon Bay, Korea. Specimens ranged in body length (BL) from 1.3 to 9.1 cm. The gonadosomatic index (GSI) of females was highest in June and decreased until August. The hepatosomatic index (HSI) and fatness index of females were high in April and then decreased to nadirs in July. Spawning season lasted from April to August and the ratio of females to males did not significantly differ (χ^2 -test, $p>0.05$). The first spawning length was 4.5 cm BL, and the size of 50% maturity was estimated at 4.98 cm BL. Fecundity (F) ranged from 1,316 to 4,768 eggs, and the relationship between F and BL was estimated as $F=0.1562BL^{1.4068}$ ($R^2=0.59$).

Key words: *Periophthalmus magnuspinnatus*, Reproduction, Suncheon Bay

서 론

큰벃말뚝망둥어 (*Periophthalmus magnuspinnatus*)는 우리나라에 서식하는 58종의 망둑어과 (Gobiidae)에 속하는 어종으로 (Yoon, 2002), Lee et al. (1995)에 의해 한국 연안에 출현하는 신종으로 보고되었으며, 최근 중국 발해만, 황해, 동·남중국해 연안에서도 출현하는 것으로 보고되었다 (Wang et al., 2006). 말뚝망둥어속 (*Periophthalmus*) 어류는 전 세계적으로 17종이 출현하는 것으로 보고되고 있으며 (Larson and Takita, 2004), 한국에는 말뚝망둥어 (*Periophthalmus modestus*)와 큰벃말뚝망둥어 2종이 출현하는 것으로 알려져 있다. 큰벃말뚝망둥어는 말뚝망둥어와 유사한 생태학적 특징을 가지고 있는데 1년 중 온도가 낮아지는 11월부터 이듬해 3월까지 동면을 하는 특성을 가지고 있으며, 간조시 갯벌에서 소형 동물플랑크톤, 게 유생, 곤충 등의 먹이를 섭이하고, 번식을 위한 특이한 구애행동을 한다 (Chyung, 1977; Ryu and Lee, 1979). 또한 산란, 습도유지, 월동, 천적으로부터의 보호 등을 위하여 갯벌

에 서식공을 만들어 생활하며 난을 굴에 부착하여 산란하는 등의 특성을 가지고 있다 (Chyung, 1977; Ryu and Lee, 1979). 일반적으로 같은 지역에서 같은 과 (family)에 속하면서 비슷한 생활양식을 가지고 서식하는 어류들은 공간경쟁, 먹이경쟁, 산란경쟁 등의 경쟁을 통하여 각 종의 생존전략을 구축한다 (Suzuki et al., 2000; Baeck, 2003; Diand, 2004; Choo, 2007). 순천만 갯벌지역에서 큰벃말뚝망둥어는 같은 과에 속하는 짱뚱어 (*Boleophthalmus pectinirostris*), 말뚝망둥어와 공존하면서 치열한 경쟁을 할 것으로 판단되며, 특히 산란경쟁을 통하여 자치어의 생존율을 최대화 하는 전략을 가졌을 것이다. 어류 자원의 생식생태에 관한 연구는 자원보존과 관리에 중요한 자료를 제공한다. 특히 말뚝망둥어와 같이 특이한 산란생태를 가진 어류에 대한 성숙과 산란에 대한 연구는 생태적으로도 중요하다. 따라서 본 연구는 순천만에 서식하는 큰벃말뚝망둥어를 대상으로 체장분포, 생식소중량지수 (GSI), 간중량지수 (HSI) 및 비만도지수 (fatness index)의 월변화, 성비 및 군성숙도 그리고 포란수 등을 조사하여 큰벃말뚝망둥어의 생식생태학적 자료를 제공하고 큰벃말뚝망둥어의 산란전략

*Corresponding author: 1233625@hanmal.net

에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 큰벃말뚝망둥어는 2005년 4월에서 10월 까지 매월 전라남도 순천시 읍촌면 상봉리에 위치한 순천만에 서 (34°50'N, 127°32'E) 낚시와 채를 이용한 훑치기 방법에 의 해 채집하였다. 채집된 시료는 냉장보관한 후, 실험실로 운반 하여 각 개체의 체장 (0.1 cm)과 체중 (0.1 g)을 측정 한 뒤, 각 개체에서 간, 생식소를 분리하여 각각의 중량을 0.01 g 단 위까 지 측정하였다.

큰벃말뚝망둥어의 각 개체는 생식소 추출과정에서 암, 수 를 구별하였고, 월별 생식소중량지수 (gonadosomatic index, GSI), 간중량지수 (hepatosomatic index, HSI)와 비만도 지수 (fatness index)를 다음과 같이 구하였다.

$$GSI (\%) = \frac{GW (g)}{BW (g)} \times 10^2$$

$$HSI (\%) = \frac{LW (g)}{BW (g)} \times 10^2$$

$$Fatness\ index = \frac{BW (g)}{BL (cm)^3} \times 10^3$$

여기서 GW (gonad weight)는 생식소 중량이고 BW (body weight)는 체중, LW (liver weight)는 간 중량, BL (body length) 은 체장이다.

포란수는 난의 무게를 이용한 중량법 (gravimetric method) 을 사용하여 산정하였으며, 최소성숙체장은 난경 400 μm 이 상을 나타내는 가장 작은 체장으로 나타내었고, 군성숙도는 (group maturity)는 산란기 동안 체장별 성숙개체의 비율로 logistic regression의 방법으로 추정하였다 (King, 2007).

$$P = \frac{1}{1 + e^{-\lambda(BL - BL_{50})}}$$

결 과

체장 분포

조사기간 동안 채집된 큰벃말뚝망둥어의 총 개체수는 298 개체 였으며, 체장은 1.3-9.1 cm 범위였다 (Fig. 1). 월별 체장 분포를 보면, 4월에 체장은 5.5-8.1 cm 범위, 5월에 3.1-8.6 cm, 6월에 3.8-8.6 cm의 범위를 나타내었다. 7월부터 1.3-1.9 cm의 작은 개체가 채집되기 시작하였는데 이는 난에서 부화한 큰벃 말뚝망둥어의 유어가 출현하기 시작하였기 때문으로 판단된 다. 8월 이후 작은 개체의 크기가 증가하는 경향을 보였으며, 10월에 3.3-7.3 cm의 체장 범위를 나타내었다.

생식소중량지수, 간중량지수 및 비만도지수의 월변화

암컷의 생식소중량지수는 4월에 평균 2.53였던 것이 그 이 후 급격히 증가하여 5월에는 7.31의 값을 보였으며, 6월에 연중 가장 높은 8.48의 값을 보였다 (Fig. 2). 그 이후 점진적으 로 감소하여 8월에 0.94를 보였으며 10월에는 연중 가장 낮은 0.32의 값을 보였다. 이와 같은 생식소중량지수의 월변동 양상 을 보았을 때 큰벃말뚝망둥어의 산란기는 4월부터 8월까지이

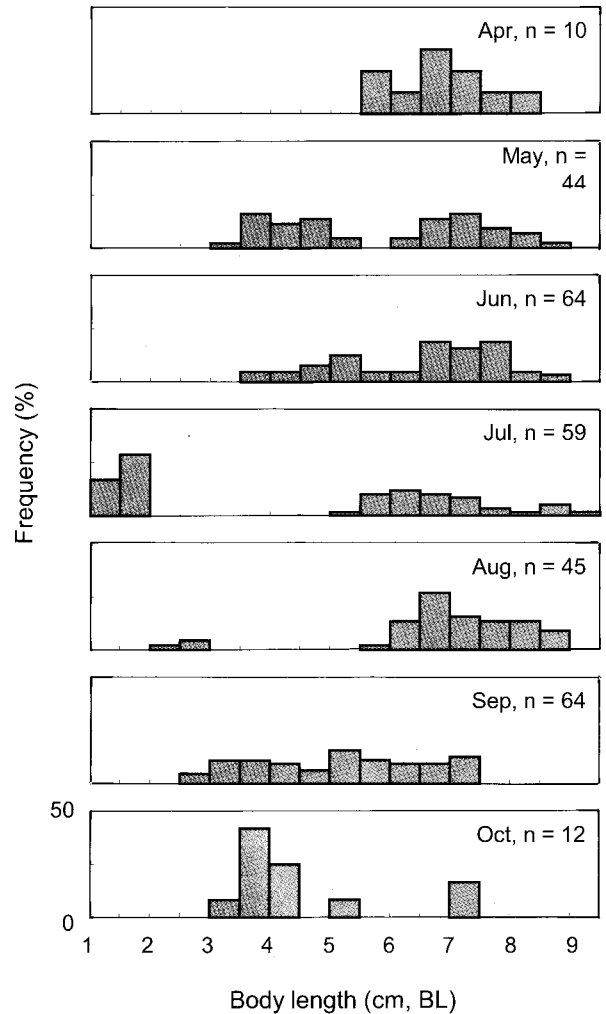


Fig. 1. Monthly variation in body length-frequency distribution of *Periophthalmus magnuspinnatus* collected from April to October, 2005.

며, 산란 성기는 5월에서 6월으로 판단된다. 말뚝망둥어 암컷 의 월별 간중량지수 (HSI)와 비만도지수는 4월에 각각 2.49와 16.32의 값을 보이던 것이 이후 감소하여 간중량지수는 5월 (1.64), 비만도 지수는 7월 (12.86)에 연중 가장 낮은 평균값을 보였다. 두 값은 7월 이후 증가하여 10월에 높은 평균값 (간중 량지수, 5.45; 비만도지수, 16.20)을 보였다 (Fig. 2).

성비 및 군성숙도

본 연구에서 큰벃말뚝망둥어의 암컷과 수컷의 성비는 1:1.1 로 1:1과 유의한 차이를 보이지 않았다 (χ^2 -test, $p > 0.05$) (Table 1). 큰벃말뚝망둥어 암컷의 경우 체장 4.5 cm 이상에서 성숙한 개체가 출현하기 시작하였으며, 체장 7.5 cm 이상부터는 모든 개체가 성숙한 것으로 나타났다. 50% 군성숙 체장은 logistic equation을 통하여 추정한 결과 4.98 cm로 나타났다 (Fig. 3).

$$P = \frac{1}{1 + e^{-2.69(BL - 4.98)}}$$

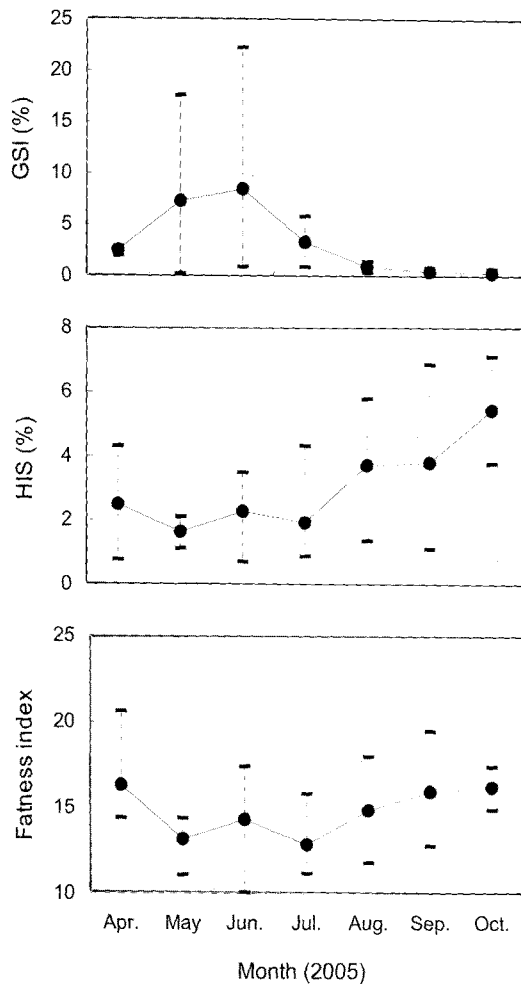


Fig. 2. Monthly change of gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI) and fatness index of female *Periphthalmus magnuspinnatus*.

Table 1. Monthly variation of sex ratio of *Periphthalmus magnuspinnatus*

Month (2004)	Female (n)	Male (n)	Total (n)	Sex ratio (M/F)
Apr.	6	4	10	0.67
May	22	22	44	1.00
Jun.	33	31	64	0.94
Jul.	28	31	59	1.11
Aug.	19	26	45	1.37
Sep.	29	35	64	1.21
Oct.	5	7	12	1.40
Total	142	156	298	1.10

포란수

큰벚말뚝망둥어의 개체당 포란수는 1,316-4,768개의 범위를 보였으며, 평균 포란수는 2,526개 였다 (Fig. 4). 체장별 포란수를 보면 체장 6 cm 미만에서는 평균 1,793개, 체장 6-7 cm 크기군에서는 1,848개, 체장 7-8 cm 크기군에서는 2,271개,

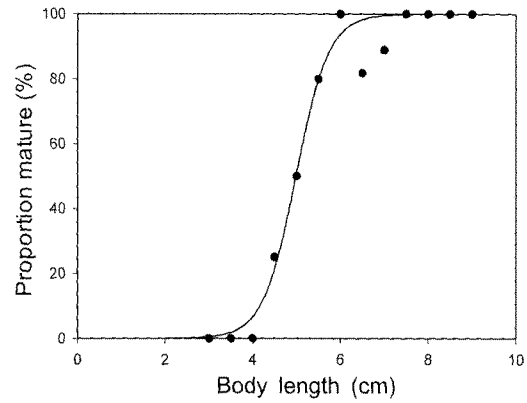


Fig. 3. Relationship between body length and maturation rate of female *Periphthalmus magnuspinnatus*.

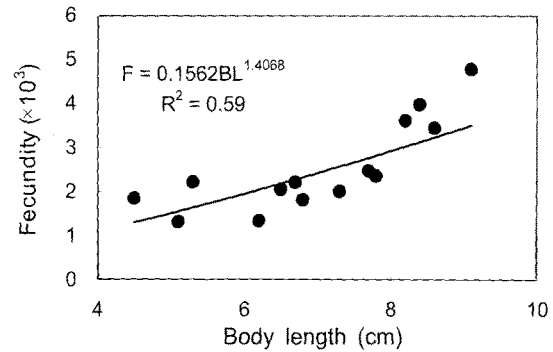


Fig. 4. Relationship between the body length and fecundity of *Periphthalmus magnuspinnatus*.

8 cm 이상에서는 평균 3,946개의 난을 포란하여 체장이 증가함에 따라 포란수가 증가하는 경향을 보였다. 산란기간 동안 큰벚말뚝망둥어의 체장(BL)과 포란수(F)의 관계식은 $F = 0.1562BL^{1.4068}$ ($R^2 = 0.59$) 로 나타났다.

고찰

본 조사에서 채집된 큰벚말뚝망둥어의 최대 체장은 9.1 cm 였는데, 이는 같은 지역에서 조사된 말뚝망둥어 (8.4 cm)보다 더 큰 체장을 보였다 (Kim et al., 2007). 우리나라에서 출현하는 쟁둥어 (*Boleophthalmus pectinirostris*)와 남방쟁둥어 (*Scartelaos gigas*)의 성어는 체장 18 cm 전후로 성장하는 것으로 나타났다 (Jeong et al., 2004; Kim et al., 2005). 큰벚말뚝망둥어는 우리나라 갯벌에 서식하는 어류 중 쟁둥어와 남방쟁둥어보다는 크기가 작았으나, 같은 속에 속하는 말뚝망둥어보다는 더 큰 체장을 보였다. 본 연구에서 말뚝망둥어 암컷의 월별 생식소중량지수 (GSI), 간중량지수 (HSI), 비만도지수를 살펴본 결과, 생식소중량지수는 6월, 간중량지수와 비만도지수는 모두 10월에 최대값을 보였으며, 생식소중량지수와 간중량지수 및 비만도지수는 역의 상관관계를 나타내었다. 일반적으로 어류의 산란 유형을 춘계 산란형, 준-하계 산란형, 하계 산란

Table 2. Comparison with reproductive character of three gobiid fishes in the mud flat of Suncheon Bay, Korea

Species name	Spawning period	Fecundity	Max. oocyte diameter (mm)	Reference
<i>Boleophthalmus pectinirostris</i>	May - Aug. (4 month)	5,400-10,300	0.60	Chung et al. (1991) Washio et al. (1993)
<i>Periophthalmus modestus</i>	Apr. - Aug. (5 month)	1,664-13,428	0.55*	Kim et al. (2007)
<i>P. magnuspinnatus</i>	Apr. - Sep. (6 month)	1,316-4,768	0.75	present study

*: unpublished data.

형, 춘·추계 산란형, 추계 산란형, 동계 산란형의 6가지로 나누어지는데 (Aida, 1991), 본 연구에서 큰벃말뚝망둥어의 산란기는 4-8월로 나타나 춘·하계 산란형임을 알 수가 있었다. 온도, 빛 (일조량), 조석 등의 환경요인은 간조시 갯벌에 서식하는 시간이 많은 큰벃말뚝망둥어의 산란활동과 많은 영향을 미친다 (Reise, 1985). 또한 큰벃말뚝망둥어는 겨울철에 동면하는 특징을 가지고 있기 때문에 연중 활동시간은 6-7개월로 길지가 않다. 따라서 큰벃말뚝망둥어는 이러한 환경에서 연중 생산성이 가장 높은 봄에서 여름까지 산란함으로써, 부화한 어린 개체들이 풍부한 먹이를 이용하여 초기성장을 빠르게 하는 산란전략을 가진다고 볼 수 있다. 본 연구의 큰벃말뚝망둥어와 같은 지역에서 조사된 말뚝망둥어의 산란기는 4-9월로 나타났다 (Kim et al., 2007), 쨍둥어의 산란기는 봄에서 여름까지로 알려져 있다 (Chung et al., 1991; Washio et al., 1993). 이와 같이 갯벌에 서식하는 대부분의 망둥어과 어류들은 큰벃말뚝망둥어와 비슷한 산란기를 가지는 것으로 나타났다. 어류의 간중량지수는 체내 영양물 축적과 소비, 난황전구물질인 vitellogenin의 합성 등과 관련이 있으며, 비만도지수는 섭이율과 관련이 있다 (Aida et al., 1973; Miller, 1989). 산란을 시작하기 전에 높은 간중량지수와 비만도지수를 보이는 것은 산란을 위해 높은 영양상태를 유지하다가 산란이 시작되면 산란에 많은 영양분을 소비하기 때문에 그 값들이 감소하는 것으로 추정된다 (Baeck and Kim, 2004). 큰벃말뚝망둥어는 말뚝망둥어와 비슷하게 11월에서 이듬해 3월까지 월동기간을 가지는 특성을 가지고 있기 때문에 말뚝망둥어와 유사한 간중량지수와 비만도지수의 월변동 특징을 가진 것으로 판단된다 (Kim et al., 2007). 본 연구지역인 순천만 갯벌지역에서는 큰벃말뚝망둥어, 말뚝망둥어, 쨍둥어가 비슷한 생활양식을 가지면서 공존하는 것이 관찰되었으며, 이들 3종은 겨울철에 동면하는 특징을 가지고, 비슷한 산란기 (봄-여름)를 가짐에 따라 (Washio et al., 1993; Kim et al., 2007) 큰벃말뚝망둥어는 순천만 갯벌지역에서 말뚝망둥어, 쨍둥어와 치열한 산란경쟁이 있을 것으로 판단된다. 따라서 이들 3종의 생식생태적 특징을 비교해 본 결과 (Table 2) 산란기는 말뚝망둥어가 가장 길었으며, 포란수 또한 말뚝망둥어가 가장 많았다. 그리고 최대 난경의 크기는 큰벃말뚝망둥어가 가장 컸다. 일반적으로 어류는 복강내 용적과 성숙 난경의 크기에 따라 포란수가 달라지는데 (Wotton, 1990), 최적 성숙난의 크기 및 포란수는 자치어의 생존을 최대화 하는 시점에서 결정된다 (Sibly and Calow,

1986). 따라서 큰벃말뚝망둥어는 3종 중에서 가장 적은 포란수를 가지는 대신 가장 큰 성숙 난의 크기를 가짐으로써 큰 크기의 자치어를 생산하여 자치어의 생존율을 높이는 산란전략을 가진 것으로 판단된다.

사 사

이 논문은 2005년도 정부재원 (교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었습니다 (KRF-2005F00003).

참 고 문 헌

- Aida, K. 1991. Environmental regulation of reproductive rhythms in teleosts. Bull. Inst. Zool. Acad. Sinica, Monogr., 16, 173-187.
- Aida, K.P., V. Nagama and T. Hibiya. 1973. Physiological studies on the gonadal maturation of fish. I. Sexual difference in composition of plasma protein of ayu in relation to gonadal maturation. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 39, 1091-1106.
- Baeck, G.W. 2003. Comparative fisheries ecology on three tonguefish species, genus *Cynoglossus*, from the Yosue coast, Korea and the Seto Inland Sea, Japan. Ph.D. Thesis, Hiroshima University, Japan, 1-129.
- Baeck, G.W. and J.W. Kim. 2004. Maturation and spawning of robust tonguefish *Cynoglossus robustus* (Soleidae; Teleostei). J. Fish. Sci. Technol., 7, 136-140.
- Choo, H.G. 2007. Species composition and feeding ecology of fishes in the coastal waters off Kori, Korea. Ph.D. Thesis, Pukyong National University, Korea, 1-126.
- Chung, E.Y., C.M. An and T.Y. Lee. 1991. Sexual maturation of the bluespotted mud hopper, *Boleophthalmus pectinirostris* (Linnaeus). Bull. Kor. Fish. Soc., 24, 167-176.
- Chyung, M.K. 1977. The Fishes of Korea. Ilji-sa, Seoul, Korea, 1-727.
- Diand, J.S. 2004. Biology and Ecology of Fishes. 2nd ed. Biological Sciences Press, Carmel, CA, USA,

- 1-498.
- Jeong, S.J., K.H. Han, J.K. Kim and D.S. Sim. 2004. Age and growth of the blue spot mudskipper (*Boleophthalmus pectinirostris*) in the mud flat of Southwestern Korea. J. Kor. Fish. Soc., 37, 44-50.
- Kim, I.S., C. Youn, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-hak Publication Co., Seoul, Korea, 1-615.
- Kim, J.W., Y.H. Yoon, H.C. Shin, K.H. Lim, T. Takita, S.C. Park and G.W. Baeck. 2007. Maturation and spawning of shuttles hopfish *Periophthalmus modestus* in the mud flat of Suncheon Bay, Korea. J. Kor. Fish. Soc., 40, 79-83.
- King, M.G. 2007. Fisheries Biology, Assessment and Management. 2nd ed. Blackwell Publication, Oxford, UK, 1-382.
- Larson, H.K. and T. Takita. 2004. Two new species of *Periophthalmus* (Teleostei: Gobiidae: Oxudercinae) from northern Australia, and a re-diagnosis of *Periophthalmus novaeguineensis*. Beagle, 20, 175-185.
- Lee, Y.J., Y. Choi and B.S. Ryu. 1995. A taxonomic revision of the Genus *Periophthalmus* (Pisces : Gobiidae) from Korea with description of a new species. Kor. J. Ichthyol., 7, 120-127.
- Miller, P.J. 1989. The Ecology of Gobioid Fishes, Academic Press. New York, USA, 1-482.
- Reise, K. 1985. Tidal Flat Ecology: An Experimental Approach to Species Interaction. Spring-Verlag, Berlin, Germany, 1-191.
- Ryu, B.S. and J.H. Lee. 1979. The life form of *Periophthalmus cantonensis* in the Gum River in Summer. Bull. Kor. Fish. Soc., 12, 71-77.
- Sibly, R.M. and P. Calow. 1986. Physiological Ecology of Animals. Blackwell, Oxford, UK, 1-179.
- Suzuki, H.I., A.A. Agostinho and K.O. Winemiller. 2000. Relationship between oocytes morphology and reproductive strategy in loricariid catfishes of the Paraná River, Brazil. J. Fish Biol., 57, 791-807.
- Wang, Z.Q., J.Q. Yang and W.Q. Tang. 2006. A long-term misidentified new record species of Gobiidae from China - *Periophthalmus magnuspinnatus*. Acta Zootaxon Sin, 31, 906-910.
- Washio, M., S.I. Komiya and T. Takita. 1993. Maturation of the mudskipper *Boleophthalmus pectinirostris* distributed in the mud flats of the Midori River, Kumamoto Prefecture. Nippon Suisan Gakkaishi, 59, 575-580.
- Wottem, R.J. 1990. Ecology of Teleost Fishes. Chapman Hall, New York, USA, 1-404.
- Yoon, C.H. 2002. Fishes of Korea with Pictorial Key and Systematic List. Academy Publication Co., Seoul, Korea, 1-747.

2008년 6월 13일 접수

2008년 8월 14일 수리