

동해 왕돌초 주변해역에서 기름가자미 *Glyptocephalus stelleri* (가자미과, 어상강) 어란과 자어 출현

이해원 · 이수정¹ · 양재형 · 이재봉 · 차형기 · 김진구^{1*}

국립수산과학원 동해수산연구소 독도수산연구센터, ¹부경대학교 자원생물학과

Occurrence of Eggs and Larvae of Blackfin Flounder *Glyptocephalus stelleri* (Pleuronectidae, Pisces) off Wangdol-cho, East Sea

Hae won Lee, Soo Jeong Lee¹, Jae Hyung Yang, Jae Bong Lee, Hyung Kee Cha and Jin-Koo Kim¹

Dokdo Fisheries Research Center, National Fisheries Research and Development Institute, Pohang 791-110, Korea

¹ Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

We report the first identification of a spawning ground of the blackfin flounder *Glyptocephalus stelleri* near the Wangdol-cho sea mountains, located in the southern East Sea. Eggs and larval fish of *G. stelleri* were collected during April and June, 2014, when an abundance of eggs was found in the southern area of Wangdol-cho. Our findings suggest that *G. stelleri* prefers to spawn in the vicinity of the off-shore sea mountains, where the temperature is between 10 and 12°C and the water depth is 100 m, rather than inshore.

Key words: *Glyptocephalus stelleri*, Eggs, Larvae, Identification, Wangdol-cho, mtDNA COI, East Sea

서 론

가자미목(Pleuronectiformes), 가자미과(Pleuronectidae) 어류에 속하는 기름가자미 (*Glyptocephalus stelleri*)는 우리나라 동해에서 주로 어획되는 중요한 상업종이다(Kim et al., 2005). 기름가자미는 수심 40-700 m의 해역에 광범위하게 분포하는 것으로 알려져 있으며, 수온 5-6°C 이하에서 주로 분포한다(Okiyama, 1963; Taniguchi and Kiyono, 1980; Cha et al., 2008). 우리나라 기름가자미 산란기는 3-6월로 주 산란기는 4-6월로 알려져 있고, 연안에서 주로 산란하며 1개월 이상의 비교적 긴 부유성 자어 기간을 가진다(Cha et al., 2008; Xiao, 2010).

왕돌초는 경북 울진군 후포항에서 동쪽으로 23 km 떨어진 곳에 위치한 거대한 수중 암초(해산)이며 남북으로 길게 돌출된 암반으로 되어 있으며, 연안과 근해의 중간 위치에 있어 다양한 어족자원의 중요한 산란장으로 간주되고 있다(Shim et al., 2008). 왕돌초 주변해역에서는 주로 기름가자미, 대구, 불볼락 등이 우점적으로 어획되어(Lee et al., 2008), 이들 중의 산란 여부에 관심이 집중된다.

본 연구는 경북 왕돌초 주변해역에서 기름가자미의 어란 및

자어로 확인된 개체를 대상으로 출현량의 양적 변동과 환경자료를 참고하여 기름가자미의 산란 특성을 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

시료채집

기름가자미 산란장 확인을 위해서 Cha et al. (2008)이 보고한 주산란기인 4-6월동안, 총 4회에 걸쳐 경북 울진군 후포 왕돌초 주변해역에서 4개 정점, 그리고 대조구로 후포 연안해역에서 1개 정점, 총 5개 정점에서 조사를 실시하였다(Fig. 1).

본 조사를 위해 기름가자미의 산란 특성에 맞추어 RN80네트를 일부 개조한 망구 직경 100 cm, 망목 크기 0.505 mm, 망길이 380 cm의 ring 네트를 사용하였다. 상업어선을 이용하여 조사정점간 이동하였으며, 네트에 디프레서(15 kg)를 부착하여 저층까지 내려 표층으로 10분간 경사 인망하였으며, 채집망을 내리기 위한 로프는 수심대비 150%를 사용하였다. 조사 정점별 수심은 상업어선에 있는 어탐기를 이용하여 확인하였고, 수온은 휴대용 CTD (SBE 19, Sea-Bird Electronics, USA)를 사용하여 확인하였다.

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2014.0654>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Kor J Fish Aquat Sci 47(5) 654-658, October 2014

Received 19 September 2014; Revised 20 October 2014; Accepted 29 October 2014

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5927 Fax: +82. 51. 629. 5931

E-mail address: taengko@hanmail.net

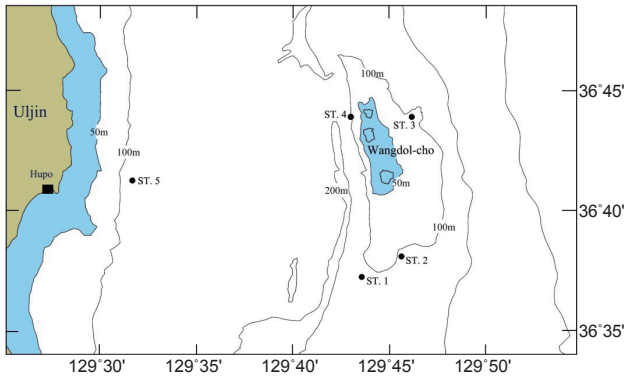


Fig. 1. Map showing sampling stations of *G. stelleri* eggs and larvae off Wangdol-cho, East Sea.

시료분석

시료는 현장에서 99% 알코올로 고정 후 실험실로 옮겨 99% 알코올에 재고정 하였다. 자어는 Kim et al. (2011), Okiyama (1988)를 참고하여 동정하였고, 이후 분자분석을 실시하였다. 어란의 경우 정점별로 난의 크기, 흑색소포 등 형태 형질에 근거하여 type을 나누었으며, 이후 분자분석을 수행하였다.

Genomic DNA는 자어의 경우, 오른쪽 눈(eyeball)을 이용하여 DNA 추출 Kit (AccuPrep®, Bioneer, Korea)로 추출하였으며, 어란은 Aranishi (2006)의 방법을 약간 변경하여 추출하였다. 추출된 genomic DNA에서 미토콘드리아 DNA Cytochrome c oxidase subunit I (COI) 영역을 Ward et al. (2005)의 primer set를 이용하여 증폭하였으며, 중합효소반응(Polymerase Chain Reaction; PCR) 조건은 다음과 같다; [Initial denaturation 95°C에서 5분; PCR reaction 35cycles (denaturation 95°C에서 1분, annealing 50°C에서 1분, extension 72°C에서 1분); final extension 72°C에서 5분]. PCR 산물은 Davinch™ PCR 정제 Kit (Davinch-K, Korea)를 이용하여 정제하였다. 염기서열은 ABI 3730XL sequencer (Applied Biosystems, USA) 과 ABI PRISM® BigDye™ Terminator v3.0 Ready Reaction Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems, USA)를 이용하여 얻었다. 염기서열 정렬은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 ClustalW (Thompson et al., 1994)를 이용하였으며, 염기서열 비교를 위해 부경대학교 어류학실험실(PKU)과 National Center for Biotechnology Information (NCBI)에 등록된 염기서열을 이용하였다. 근린결합수(Neighbor joining tree)는 MEGA version 5 (Tamura et al., 2011)에서 작성하였으며, bootstrap은 1000번 수행하였다.

결과 및 고찰

어란 출현

2014년 4-6월 동안 왕돌초 주변해역에서 기름가자미 어란은 매회 출현하였다. 조사 시기별로 보면 4월2일 1차 조사시에 가장 많은 양이 출현하였고(51.3 inds/100 m³), 이때 왕돌초 주변해역 4개 정점에서는 모두 출현하였으나, 대조구인 후포 연안에서는 출현하지 않았다. 4월24일 2차 조사부터는 어란 출현양이 현저히 감소하였으나, 조사 기간 동안 매회 출현하였다 (Table 1).

조사 정점별로 보면 왕돌초 남동쪽인 정점 2에서 어란이 월등히 많이 출현하였으며, 총 2회 출현하였고, 남서쪽인 정점 1에서 다음으로 많이 출현하였고 총 3회 출현하였다. 왕돌초의 북동쪽인 정점 3에서는 1회, 북서쪽인 정점 4에서는 2회 출현하였으며, 그 양은 남부에 비해 다소 적었다. 반면, 왕돌초의 비교 목적에서 조사가 이루어진 후포 연안 해역인 정점 5에서는 2회 출현하였으며, 그 양은 5.7 inds./100 m³로 정점 4 (2.0 inds./100 m³)에 이어 두번째로 적었으나, 마지막 조사시기(6월10일)에는 다른 조사정점에 비해 양이 상대적으로 많았다(Table 1).

조사해역에 출현한 기름가자미 어란의 난경은 평균 1.30 mm (1.20-1.44 mm, n=35)였으며, 1.25-1.30 mm에서 높은 빈도를

Table 1. Occurrence of *G. stelleri* eggs and larvae from Wangdol-cho, East Sea (inds./100 m³)

Date	Station					Total
	1	2	3	4	5	
2, April	13.5	24.9	11.4	1.5	-	51.3
24, April	5.8	-	-(1.7)	0.6	3.7	10.0
15, May	-	0.4	-	-	-	0.4
10, June	0.3	-	-	-	2.0	2.4
Total	19.7	25.3	11.4	2.0	5.7	64.2

Parenthesis indicates number of individuals of larvae

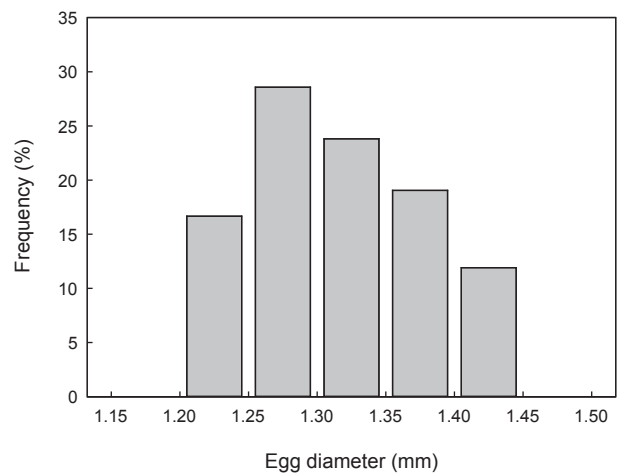


Fig. 2. Frequency distribution of egg diameter of *G. stelleri* from Wangdol-cho, East Sea.

나타내었으며, 어란은 모두 구형을 띠고 있었다(Fig. 2)

본 조사에서 출현한 어란 크기는 Okiyama (1963)의 5-6월에 네트로 조사한 결과인 1.46-1.60 mm 보다 작았으며, Cha et al. (2008)의 산란기 성어가 포란한 완숙한 알의 최대 난경인 1.60 mm 보다 작았다. 이는 본 조사에서 사용된 고정용액이 99% 알코올 용액으로 기존 포르말린 용액으로 고정된 조사결과 달리 높은 수축율에서 기인한 것으로 사료된다. 그러나, 난경 차이가 계군 차이에서 비롯될 가능성도 있으므로 추후 계군 연구가 필요할 것으로 사료된다.

각 정점별 기름가자미로 추정되는 어란 중에서 5개체씩을 무작위로 추출하여 분자분석을 실시한 결과 대부분 근린결합수

에서 기름가자미 성어의 mtDNA 염기서열과 잘 일치하였으며, 찰가자미(*Microstomus achne*), 돌가자미(*Kareius bicoloratus*), 참가자미(*Pleuronectes herzensteini*)와는 멀리 유집되어 이번 분석에서 사용된 어란은 모두 기름가자미의 난으로 동정되었다(Fig. 3).

자어 출현

4월2일 1차 조사시에는 기름가자미 어란만 출현하였고 4월 24일 2차 조사시에는 왕돌초 해역에서 기름가자미 자어(1.7 inds./100 m³, 체장 23.0 mm) (Table 1, Fig. 4)와 멸치(*Engraulis japonicus*) 자어가 출현하였고, 후포 연안에서는 물가

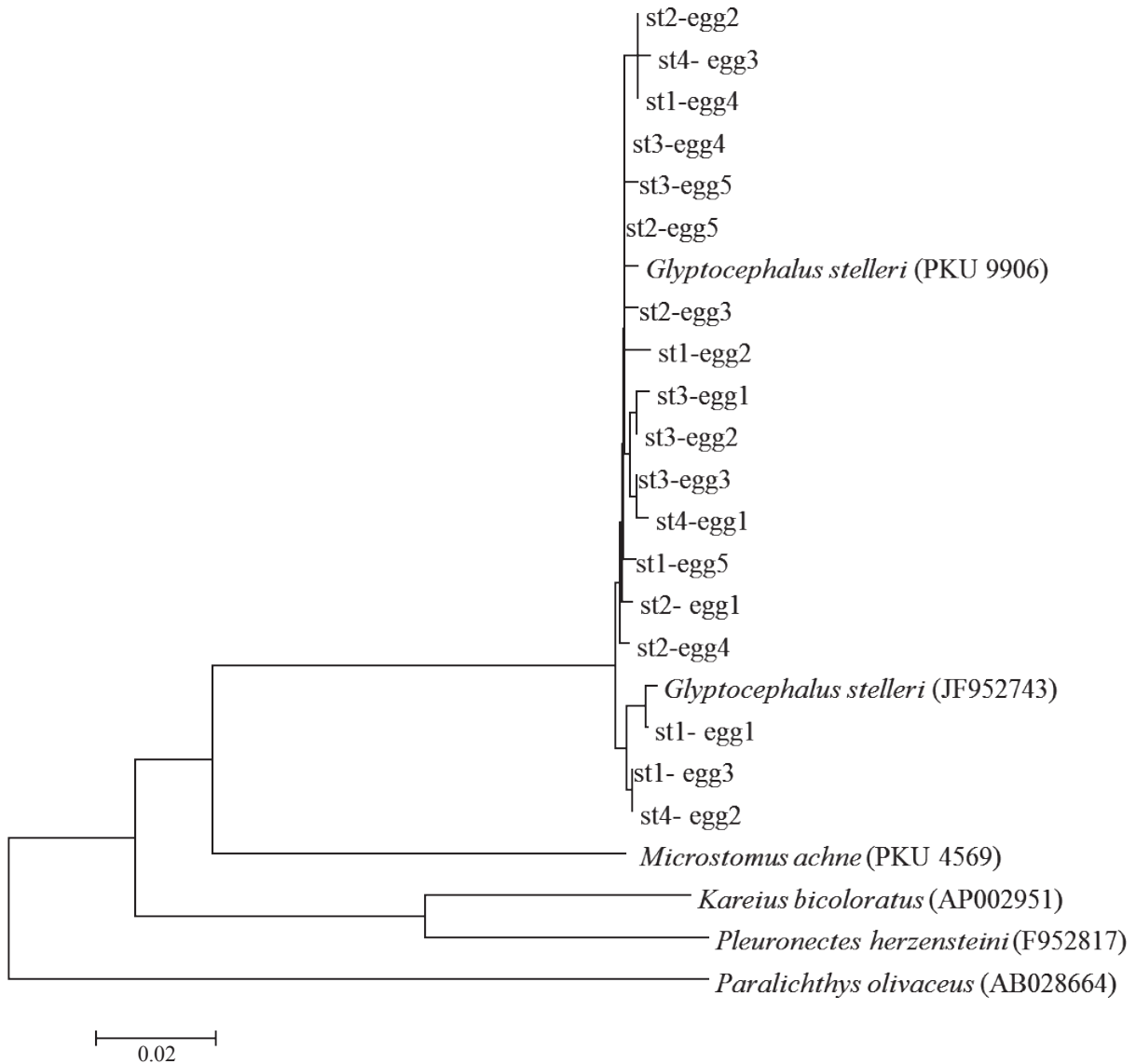


Fig. 3. Neighbor-joining tree based on mtDNA COI sequences (510bp) showing the relationship between 18 individuals of eggs and four pleuronectids fish, with one outgroup *Paralichthys olivaceus*.

자미(*Eopsetta grigorjewi*) 자어(2.4 inds./100 m³)와 망둑어과(Gobiidae sp.) 자어가 출현하였다. 5월15일 3차 조사시에는 왕돌초 해역에서 엘퉁이(*Maurolicus japonicus*), 용가자미(*Hippoglossoides pinetorum*) 자어(0.57 inds./100 m³), 멸치 자어 및 망둑어과 자어가 출현하였고, 후포연안에서는 꼼치과(*Liparidae* sp.) 자어가 출현하여, 기름가자미 자어는 이후로 출현하지 않았다. 6월10일 4차 조사시에는 후포연안에서만 망둑어과 자어가 출현하였다.

산란 특성

2014년 4-6월 동안 왕돌초 주변해역 4개 정점 및 후포연안 1개 정점(대조구)에서 기름가자미 어란을 조사한 결과 지역적으로는 왕돌초 남부해역의 100 m 수심대에서 어란 출현량이 최

대였고 후포연안에서는 어란 출현량이 다소 적어 연안보다 근해측에서 주로 산란이 일어나는 것으로 생각된다. 또한 시기적으로는 4월에 어란 출현량이 최대였고 5-6월에 급격히 감소하는 것으로 보아 아마도 4월 또는 그 이전 시기가 주산란기로 추정된다. 추후 4월 이전 시기에 대해 추가적인 어란 조사가 필요할 것으로 생각된다.

본 조사기간 동안 실시한 정점별 수심별 수온변화를 살펴보면, 기름가자미 어란이 가장 많이 출현한 4월2일 1차 조사시에는 왕돌초 주변해역인 St.1-St.4의 경우, 수심 50 m에서는 약 12℃, 수심 90-100 m의 경우 9-10℃를 보였고, 대조구 해역인 St. 5는 수심 50 m에서는 12℃를 보였으나, 70 m에서 9℃이고, 90 m의 경우 4℃로 왕돌초 주변해역보다 90-100 m 수층의 수온이 현저히 낮았다(Fig. 5). 이를 통해 동해 연안에는 차가운 북한난류가, 왕돌초 주변해역에는 따뜻한 동한난류가 영향을 주는 것을 짐작할 수 있다. 즉, 기름가자미는 북한난류보다 동한난류의 영향을 받는 곳을 산란장으로 더 선호하는 것 같다. 그러나 4월2일 및 4월24일 조사결과를 비교하면 기름가자미 어란이 급격히 감소하는데, 이는 100 m 수온이 9-10℃에서 12℃로 상승하여 기름가자미가 선호하지 않는 산란 수온대가 형성되었거나 또는 기름가자미 친어의 산란 종료 시점이 가까웠기 때문으로 추측된다.

왕돌초 주변해역에서 기름가자미는 주로 4월 초순 100 m 수온이 9-10℃의 조건에서 산란하는 것으로 추정된다. 기름가자미는 저서에 착저하여 생활하기 때문에 먼거리 회유는 하지 않을 것으로 추측되며 1개월 이상 긴 부유 자어기를 가지는 특성상(Xiao et al., 2010) 부화된 자어는 동한난류에 편승되어 동해 중부까지 수송되어 성장할 것으로 추측되는데, 동해중부(고성)



Fig. 4. Post flexion larva of *G. stelleri* (23.0 mm SL) from Wangdol-cho, East Sea on 24, April.

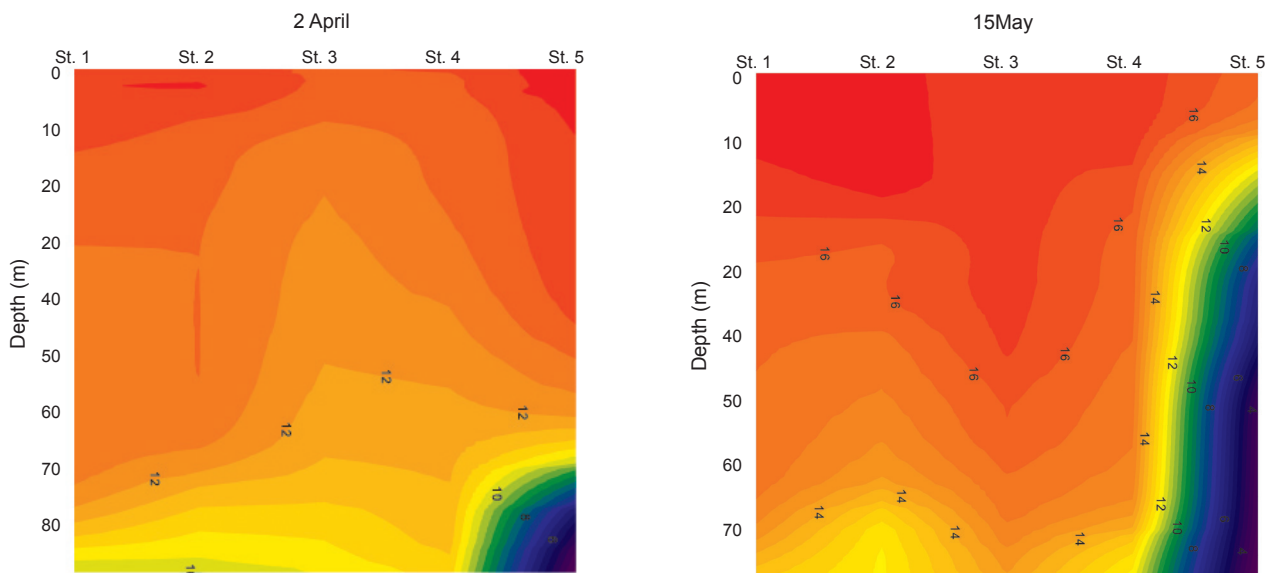


Fig. 5. Water temperature of sampling area in April and May 2014 off Wangdol-cho, East Sea.

에서 기름가자미 성어가 채집된 점에서 이와 같이 유추해 볼 수 있다(Ryu et al., 2005). 향후 왕돌초의 산란장 역할을 보다 분명히 구명하기 위해 기름가자미가 성장 후 산란을 위해 왕돌초 해역으로 되돌아 오는지? 아니면 성장한 곳에서 산란하는지? 등에 대한 좀더 면밀한 조사 연구가 필요하다.

사 사

본 연구는 국립수산물품질관리원 독도 및 심해 생태계 수산자원조사(RP-2014-FR-045)에 의해 수행되었습니다. 논문의 보다 높은 질적 수준을 위해 세심하게 검토하여 주신 세분 심사위원께 감사드립니다.

References

- Aranishi F. 2006. Single fish egg DNA extraction for PCR amplification. *Conser Genet* 7, 153-156.
- Cha HK, Kwon HC, Yang JH, Chang DS and Chun YY. 2008. Maturity and spawning of Korean flounder *Glyptocephalus stellari* (Schmidt) in the East Sea of Korea. *Kor J Ichthyol* 20, 263-271.
- Hall TA. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis. Program for Windows 95/98/NT. *Nucl Acids Symp Ser* 41, 95-98.
- Hwang SD, Choi IS and Chu EK. 2008. Comparison of sampling methods for Anchovy eggs and larvae in coastal waters of the South Sea of Korea. *Kor J Ichthyol* 20, 228-232.
- Lee SI, Hwang SJ, Yang JH and Shim JM. 2008. Seasonal variation in species composition of gill net and trammel net catches in the coastal waters off Wangdol-cho, Korea. *Kor J Ichthyol* 20, 291-302.
- Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Publishing Co, Seoul, KR.
- Kim JK, Ryu JH, Kim S, Lee DW, Choi KH, Oh TY, Hwang KS, Choi JH, Kim JN, Kwun HJ, Ji HS, and Oh JN. 2011. An identification guide for fish eggs, larvae and juveniles of Korea. Hangul, Busan, KR.
- Shim JM, Jin HG, Sung KT, Hwang JD, Yun SH, Lee YH, Kim YS and Kwon KY. 2008. The community structure of phytoplankton in winter and summer around Wangdol-cho. *J Environ Sci* 17, 1403-1411.
- Okiyama M. 1963. Larvae and young of the Witch flounder, *Glyptocephalus stellari* (Schmidt) at metamorphosis stages. *Bull Jap Sea Fish Res Lab* 11, 101-108.
- Okiyama M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo, JP.
- Park HH, Millar RB, Bae BS, An HC, Chun YY, Yang JH and Yoon SC. 2011. Size selectivity of Korean flounder (*Glyptocephalus stellari*) by gillnet and trammel nets using an extension of select for experiments with differing mesh sizes. *Fish Res* 107, 196-200.
- Ryu JH, Kim PK, Kim JK and Kim HJ. 2005. Seasonal variation of species composition of fishes collected by gill net and set net in the middle East Sea of Korea. *Kor J Ichthyol* 17, 279-286.
- Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M and Kumar S. 2011. Mega5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol Biol Evol* 28, 2731-2739.
- Taniguchi M and Kiyono S. 1980. Biological studies on the Witch Flounder in the sea of Kyoto Prefecture. *Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science Res Bull* 4, 45-51.
- Thompson JD, Higgins DG and Gibson TJ. 1994. CLUSTALW: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weight in, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucl Acids Res* 22, 4673-4680.
- Ward RD, Zemplak TS, Innes BH, Last PR and Hebert PDN. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. *Phil Trans R Soc B* 360, 1847-1857.
- Xiao Y, Gao T, Zhang Y and Yanagimoto T. 2010. Demographic history and population structure of blackfin flounder (*Glyptocephalus stellari*) in Japan revealed by mitochondrial control region sequences. *Biochem Genet* 48, 402-417.