JFMSE, 27(2), pp. 363～370, 2015.
수산해양교육연구, 제27권 제2호, 통권74호, 2015.
www.ksfme.or.kr
http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2015.27.2.363

우리나라 남서해 종묘방류해역에서 어획된 넙치집단의 성비

정달상 · 민병화* · 하동수* · 김철원 · 강창수 · 명정인†
(한국농수산대학 · *†국립수산과학원)

Sex Ratio of Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus* Populations Collected from Stocked Areas in Southwestern Sea of Korea

Dal-Sang JEONG · Byung-Hwa MIN* · Dong-Soo HA* · Chul-Won KIM · Chang-Soo KANG · Jeong-In MYEONG†
(Korea National College of Agriculture and Fisheries · *†National Fisheries Research and Development Institute)

Abstract

Olive flounder, *Paralichthys olivaceus* is one of the most target fish for aquaculture and national stock enhancement program in Korea. In order to find more information about hatchery fish stocking for stock enhancement we investigated the sex ratio of wild-caught fish populations which were artificially released into wild seas. The recapture rate was 9.0% to 94.5% in studied areas. The proportion of sex ratio ranged from 7.8% to 64.6% in female and from 34.4% to 92.1% in male respectively. This result suggests that the sex ratio of wild populations might be effected by the released fish. So we need more careful stocking program of the fish to preserve the balance of the sex ratio in the wild population.

Key words : Olive flounder, Paralichthys olivaceus, Sex ratio, Stock enhancement

Ⅰ. 서 론

넙치는 우리나라의 연안어업과 수산양식업의 중요한 위치를 차지하고 있는 수산자원이다. 넙치자원의 지속적인 관리와 이용을 위해 넙치종묘가 매년 평균 4 백만 마리 이상이 전 연안에 방류되고 있다. 지역과 어획시기적으로 차이는 있으나 방류된 넙치의 혼획률이 약 20%에서 90% 이상 나타나서 종묘방류에 따른 어획 효과가 높다고 볼 수 있다(Jeong and Jeon, 2008). 그러나 인위적으로 생산된 종묘의 대량방류는 오랫동안 특정해역의 해양환경에 적응되어 온 자연집단의 유전학적 조성에 커다란 영향을 미칠 수 있기 때문에 조심스럽게 접근할 필요가 있다. 특히 한정된 어미로 생산된 인공 종묘는 친어의 성비 불균형, 가계의 크기 등과 같은 요소들에 영향을 받아 유전적 다양성이 감소되며, 또한 이러한 종묘가 방류됨에 따라 자연집단의 유전적 다양성을 감소시킨다는 결과가 있다(Sekino et al., 2003; Jeong et al., 2006; Jeong and Jeon, 2008). 따라서 종묘방류는 종묘의 질적인 측면이 검토되어 자연생태계에 영향을 최소화하는 방류사업으로 진행되어야 한다.

넙치종묘 방류로 인한 생태계의 영향에 대한

† Corresponding author : 051-720-2420, cosmo@nfrdi.re.kr
※ 이 논문은 국립수산과학원 연구비(2008년)에 의해 연구되었음.

연구로는 지역집단의 유전학적 영향(Jeong and Jeon, 2008), 양식집단과 자연집단의 유전학적 평가(Jeong et al., 2009; Noh et al., 2008), 방류용 종묘생산을 위한 유효어미수 평가(Jeong et al., 2006), 어미관리에 의한 양식넙치의 유전적 다양성 변화 등 많은 연구가 진행되고 있다(Sekino et al., 2003; Fujii, 2006; Nakayama et al., 2006).

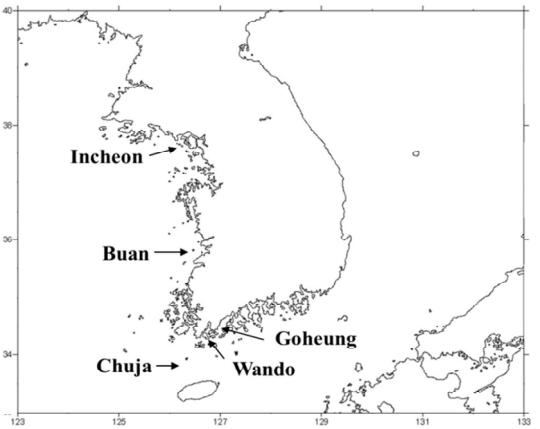
그러나 종묘방류에 의한 자연집단의 성비에 미치는 영향에 대한 연구는 없다. 어류에 있어서 암·수의 성은 유전적, 생리적, 환경적인 여러 요인에 의해 영향을 받으며, pH, steroid hormone 등은 성비에 영향을 미치는 외부 요인들로 알려져 있다(Luckenbach et al., 2003; Rougeot et al., 2008). 특히 틸라피아, 조피볼락, 넙치 등에서 사육수온에 의해 암수 성비의 변화가 발생 된다는 보고가 있고(Kim et al., 1996; Lee et al., 2000; Rougeot et al., 2008), 인공적인 종묘생산과정에서 개체간의 성장차이에 따른 선별과정을 통하여 암수의 비율에 차이가 생길 수 있다(Kim et al., 2004). 넙치는 종묘생산 단계에서부터 성장이 빠른 개체들은 암컷의 비율이 높고, 성장이 느린 개체들은 대부분 수컷의 비율이 높은 특징이 있다(Lee and Lee, 1990). 즉 성장이 빠르거나 느린 개체만을 방류한다면 자연집단의 성비에도 커다란 영향을 미칠 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 넙치종묘가 방류된 해역을 대상으로 인공적으로 생산된 넙치 종묘의 방류가 방류해역에 서식하고 있는 자연집단 넙치의 성비에 영향을 미치는지를 검토하기 위한 기초적인 정보를 얻기 위해 실시되었다. .

Ⅱ. 재료 및 방법

넙치 종묘방류에 따른 각 방류집단의 성비에 대한 영향을 분석하기 위하여 인천(Incheon), 부안(Buan), 고흥(Goheung), 완도(Wando) 그리고 추자(Chuja) 연안의 5 개 지역집단을 조사하였다 [Fig. 1].

지역집단은 2008～2009 년에 조사 하였으며, 넙치의 산란시기인 4～6 월에 연안에서 정치망, 자망으로 어획된 것으로 방류된 넙치와 자연 넙치가 섞여 있는 것을 크기와 관계없이 무작위로 구입하여 총 635 마리를 분석하였다(Table 1).



[Fig. 1] Map showing sampling locations of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus* in South and West Sea of Korea.

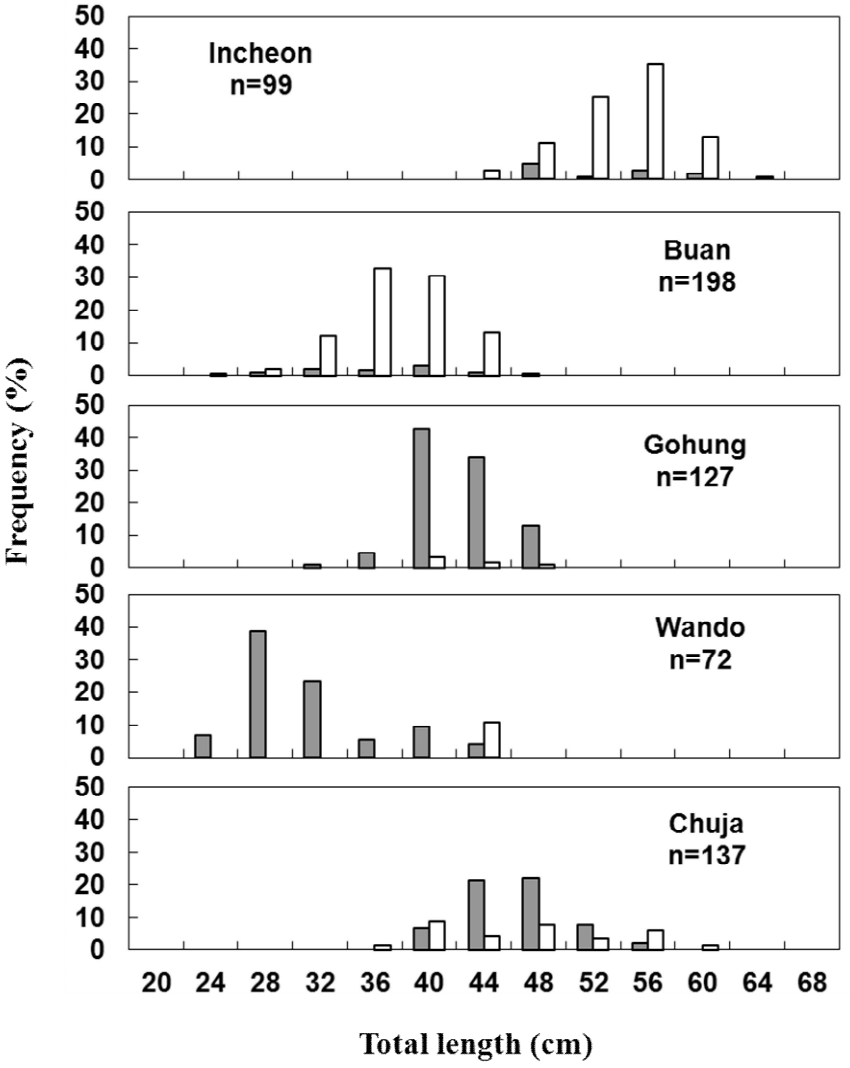
자연 넙치와 방류 넙치의 구별은 인공종묘생산 시에 나타나는 무안측의 검은 반점의 유무로 구분하였으며 무안측에 검은 반점이 있는 것은 모두 방류된 넙치로 분류하였다. 이를 바탕으로 각 해역별로 어획된 전체 넙치 중에서 방류어의 혼획률을 산정하였다. 넙치집단의 성별은 산란시기에 복부를 압박하여 나온 정액과 알로서 암수를 구분하였고, 복부압박으로 정액이나 알이 나오지 않은 개체는 복부를 절개하여 육안으로 생식소를 관찰하여 암수를 추정하였다. 집단별 성비의 차이는 이론적인 암수 1:1의 비율을 Chi-squared (x^2)test로 검정하였다.

Ⅲ. 결 과

조사된 해역에서 어획된 각 집단의 평균 체장 (Total length, TL) 범위는 34.3～55.3 cm 였으며,

체장조성은 [Fig. 2]와 같다. 집단별 방류넙치의 혼획률은 인천집단 11.1%, 부안집단 9.0%, 고흥집단 94.5%, 완도집단 88.9%, 추자집단 63.5%로 남해안의 고흥집단, 완도집단, 추자집단이 서해안의 인천집단과 부안집단보다 방류넙치의 혼획률이 높게 나타났다(<Table 1>).

방류넙치와 자연넙치가 혼획되어 어획된 집단의 암컷 비율의 범위는 7.9～64.6%로써 고흥집단이 가장 낮았고 인천집단이 가장 높았다. 각 집단별 암컷의 비율은 인천집단과 완도집단에서 64.6%와 54.2%로 수컷의 비율보다 높게 나타났으나, 부안집단과 고흥집단 그리고 추자집단에서는 암컷비율이 34.5%와 7.9% 그리고 40.2%로 수컷에 비해 낮았다($p<0.05$). 특히 고흥집단에서의 수컷 비율이 92.1%로 가장 높게 나타났다 (<Table 2>).



[Fig. 2] Total length distribution of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* caught in the experimental areas. (■: released fish, □: wild fish)

<Table 1> Number of samples, sampled date, mean size and stocked composition of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus* sampled from released areas

Population	Sampled date	Number of samples	Mean size (cm±sd)	Composition (%)	
				Stocked	Wild
Incheon	2009. 06	99	55.3±4.3	11.1	88.9
Buan	2008. 04	200	39.1±4.0	9.0	91.0
Goheung	2009. 05	127	43.8±3.2	94.5	4.5
Wando	2008. 05	72	34.3±6.0	88.9	11.1
Chuja	2008. 05	137	48.5±5.5	63.5	36.5
Total		635			

<Table 2> Sex ratio of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus* sampled from released areas

Population	Total			Released			Wild		
	Number of F/M	F(%)	M(%)	Number of F/M	F(%)	M(%)	Number of F/M	F(%)	M(%)
Incheon	64/35	64.6*	35.4	6/5			58/30	65.9*	34.1
Buan	69/131	34.5	65.5*	7/11			62/120	34.1	65.9*
Goheung	10/117	7.9	92.1*	10/110	8.3	91.7*	0/7		
Wando	39/33	54.2	45.8	36/28	56.3	43.7	3/5		
Chuja	55/82	40.2	59.8*	23/64	26.4	73.6*	32/18	64.0*	36.0
Total	237/398	37.3	62.7	82/218	27.3	72.7	155/180	46.3	53.7

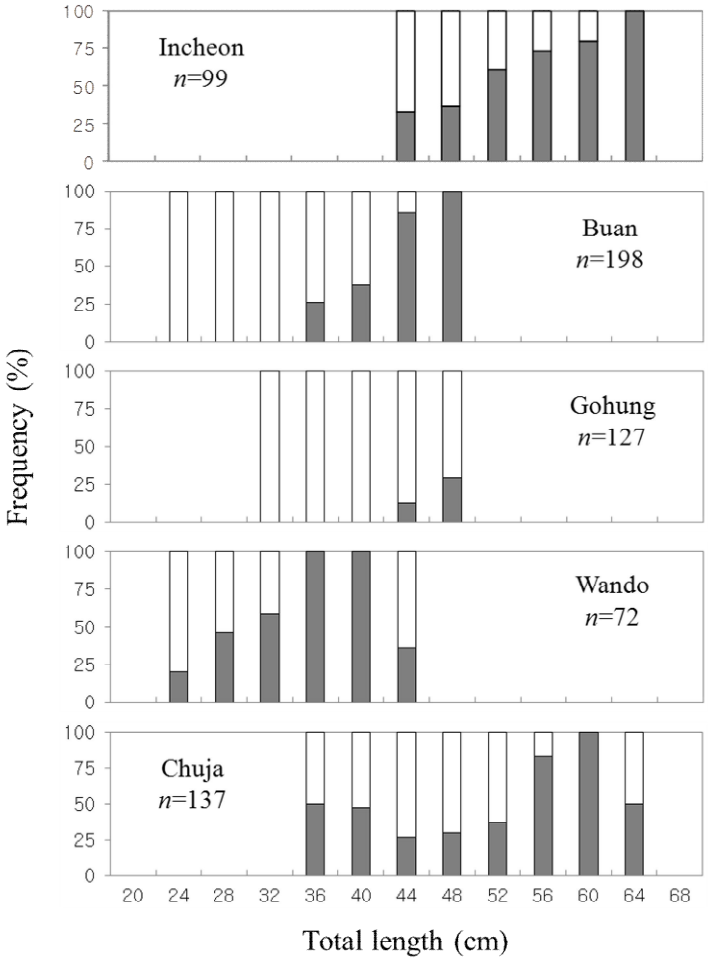
F: female, M: male, F/M: ratio of female to male.
* Significantly different from the theological 1:1 sex ratio ($p<0.05$)

방류어의 암수비율을 보면 완도집단에서 56.3%와 43.7%로 암컷의 비율이 다소 높게 나타났으나 고흥집단은 8.3%와 91.7%였고, 추자집단에서 26.4%와 73.6%로 고흥집단과 추자집단의 수컷 비율이 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$).

방류 넙치의 혼획률이 낮았던 인천집단과 부안집단의 암수비율은 자연 넙치의 암수비율과 유사하게 나타났다.

어획된 집단 중에서 방류되어 재포되었다고 추정되는 넙치를 제외한 넙치의 암컷과 수컷의 비율은 인천집단에서 각각 65.9%, 34.1% 였으며, 추자집단에서는 각각 64.0%, 36.0%로 모두 암컷 비율이 수컷 비율보다 높게 나타났으며 두 집단의 암수비율이 비슷한 경향을 나타냈다. 그러나 부안집단에서 채집된 자연넙치의 암컷과 수컷의 비율은 각각 34.1%, 65.9%로 수컷의 비율이 높게 나타났다. 조사된 자연집단의 성비는 유의적인 차이를 보였다 ($p<0.05$).

각 지역집단의 체장별 암수비율을 보면 대체적으로 체장이 클수록 수컷의 비율은 줄어들고 암컷의 비율이 높아지는 것을 볼 수 있다([Fig. 3]).



[Fig. 3] Sex distribution from each size class of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* sampled from released areas. (■: female, □: male)

Ⅳ. 고 찰

조사된 집단에서 방류넙치의 혼획률은 9.0~94.5% 였으며, 이 중 남해안의 고흥집단과 완도집단이 각각 94.5%와 88.9%로 서해안의 부안과 인천지역의 9.0%와 11.1% 보다 높게 나타났다. 또한 Jeong and Jeon(2008)의 연구에서 동해안의 영덕집단이 69.0%, 남해안의 거제집단이 88.9%의 방류넙치의 혼획률을 종합해 보면, 남해안에서 방류된 넙치의 혼획률이 서해안과 동해안 보다 높게 나타났다. 서해안의 집단에서 혼획률이 낮게 나타난 원인은 서해안이 다른 해역에 비해서 상대적으로 수심이 낮고 조석에 따른 이동, 겨울철 저수온에 의한 월동장으로의 이동 등으로 방류된 넙치가 분산되어 나타난 것으로 추정된다. 그러나 남해안에서 방류넙치의 혼획률이 높게 나타난 결과는 다른 해역에 비해 넙치가 연중서식이 가능한 환경조건이 주어졌기 때문인지 혹은 방류가 상대적으로 많았기 때문인지는 정확히 추정이 어렵다.

넙치의 표지방류 조사와 분자생물학적 조사 등의 연구결과에 의하면, 많은 해역으로 방류된 넙

치의 대부분은 그 해역에서 어획되고, 해역에 따라서는 방류지점으로부터 수백 km를 이동한다고 보고하고 있다 (Imai et al., 2002, Fujii, 2006). 그러나 본 연구에서와 같이 넙치 무안측의 검은 반점의 유무로 방류어를 구분한 조사에서는 방류된 넙치가 어느 해역에서 방류된 것인지를 알 수 없다. 따라서 이러한 현상의 보다 정확한 원인 분석을 위해서는 넙치의 회유특성 및 방류넙치의 이동 등 다양한 조사가 필요할 것으로 생각된다.

우리나라 동해안과 마주하고 있는 일본의 연안에서 어획된 방류 넙치 1,450 마리의 성비를 검토한 결과에서는 거의 자연집단과 같은 1:1의 비율로 나타나 종묘방류가 자연집단의 성비에 미치는 영향은 적다고 보고하고 있다(Fujii, 2006). 그러나 본 조사 결과에서는 방류된 넙치를 제외한 자연 넙치와 방류된 넙치의 암수비율은 1:1의 비율을 보이지 않았으며, 특히 고흥집단의 암수 성비는 큰 차이를 보였다. 완도집단을 제외한 고흥집단과 추자집단에서 전체적으로 수컷의 비율이 월등히 높게 나타났다. 이러한 원인은 인공적으로 생산되어 방류된 넙치의 수컷 비율이 91.7%와 73.6%로 매우 높아 그 지역에 서식하고 있는 넙치집단의 성비에 직접적인 영향을 미치고 있는 것으로 보인다.

또한 어획된 넙치 중 방류된 넙치를 제외한 자연 넙치를 각 지역별로 비교해 보면 지역적으로 암수비율이 다르게 나타났다. 인천집단과 추자집단에서 자연산 암컷의 비율이 수컷에 비해 약 2배 높게 나타났지만, 부안집단에서는 반대현상을 보였다. 넙치의 성비는 성분화시기의 수온에 영향을 받으며(Yamamoto and Masutani, 1990; Kim et al., 1996; Luckenbach et al., 2003), 암컷이 빨리 성장하는 특성을 가지고 있으므로 약 45 cm 이상에서 암컷이 많고 75 cm 이상에서는 전부 암컷이었다고 보고 하였다(Gorie et al., 2005). 이번 조사에서 지역간 암수 성비의 차이는 지리적으로 인천지역과 추자지역의 중간지점에 있는 부안집단의 성비가 인천집단과 추자집단의 성비와 반대 현상이 나타났다. 이것은 산란시기인 4~6월 봄철 저위도와 고위도 지역의 수온의 차이에 대한 영향 보다는 조사에 사용된 넙치의 크기가 인천집단은 평균체장 55.3 cm, 추자집단이 48.5 cm로써 부안집단의 39.1 cm보다 크기 때문에 큰 개체에서 암컷이 많이 나타나는 넙치의 특성 때문인 것으로 추정된다. 그러나 일본의 나가사키 연안에서 어획된 넙치집단의 크기별 성비를 보고한 자료에 의하면 체장 20~25 cm와 45 cm 이상에서는 암컷이 많고, 체장 35~45 cm에서는 수컷의 비율이 높으며, 도토리 연안에서는 체장이 클수록 암컷의 비율이 높다는 보고(Gorie et al., 2005)도 있어 각 해역의 자연 넙치의 성비 특성에 대해서 보다 자세한 조사와 연구가 필요하다고 생각된다.

넙치 양식에 있어서 넙치 종묘를 약 18 개월 양성하면 암컷이 수컷보다 체중이 약 2 배의 차이가 생기기 때문에 주로 암컷의 비율이 높은 치어를 양식용 종묘로 이용하는 것이 효율적이다. 일반적으로 빨리 성장하는 개체들은 암컷으로 분화될 가능성이 높은 종묘로서 이러한 종묘들은 양식용으로 많이 이용되고 있다(Lee and Lee, 1990). 이에 따라 종묘생산시에 성장이 빠른 개체와 늦은 개체를 선별하는 작업은 양식의 필수적인 과정이다. 그러므로 성장이 빠른 개체를 선별하고 남은 개체들 즉, 상대적으로 성장이 느린 개체들은 수컷일 가능성이 높다. 따라서 이러한 선별이 이루어진 후의 작은 개체들이 대량으로 자연계에 방류된다면 방류치어의 성비 불균형이 자연집단의 성비에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단된다.

V. 요 약

넙치종묘 방류가 자연집단의 성비에 어떠한 영향을 미치는지 5 개 지역에서 어획된 넙치집단에 대한 성비를 조사하였다. 조사된 지역에서 방류

넙치와 자연넙치가 혼획 되어 어획된 집단의 암컷 비율의 범위는 7.9～64.6%로 나타났으며, 고흥집단에서의 수컷의 비율이 92.1%로 가장 높게 나타났다.

방류어의 암수비율을 보면 완도집단에서 56.3%와 43.7%로 암컷의 비율이 다소 높게 나타났으나 고흥집단은 8.3%와 91.7%였고, 추자집단에서 26.4%와 73.6%로 수컷의 비율이 높게 나타났다. 방류넙치의 혼획률이 높은 고흥집단과 완도집단에서는 방류 넙치의 암수비율이 자연 집단의 성비에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Ⅵ. 사 사

이 연구는 국립수산과학원의 지원에 의하여 연구되었으며, 본 연구를 위하여 시료의 채집과 정보를 제공해 주신 어업인들께 감사드립니다.

References

Fujii T.(2006). Migration of released hatchery-reared Japanese flounder *Palalichthys olivaceus* along the Sea of Japan. Bull Fish Res Agen 5, 143~146. (in Japanese)

Gorie S. · Ohtani T. · Miyahara K.(2005). Population characters of the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* caught in the Sea of Japan, off Hyogo prefecture. Bull Hyogo Pref Fish Exp Sta 38, 7~15. (in Japanese)

Imai Y · Yoshimura K. · Kiyokawa S.(2002). Movement and growth of hatchery-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* tagged and released at northern Hokkaido coast in 1999. Sci Rep Hokkaido Fish Exp Stn, 63, 33~39. (in Japansese)

Jeong D. S. · Jeon C. Y.(2008). Genetic variability and population structure of olive flounder *Paralichthys olivaceus* from stocked areas using microsatellite DNA markers. Kor J Ichthyol 20, 156~162.

Jeong D. S. · Kim K. S. · Kim K. K.(2006). Evaluation of effective breeders number (Ne) for stock enhancement in olive flounder *Paralichthys olivaceus* using Microsatellite DNA markers. J Kor Aquaculture 19, 205~209.

Jeong D. S. · Noh J. K. · Myeong J. I. · Lee J. H. · Kim H. C. · Park C. J. · Min B. H. Ha D. S. Jeon C. Y.(2009). Genetic variability comparison of wild population and cultured stocks of flounder *Paralichthys olivaceus* based on microsatellite DNA markers. Kor J Ichthyol 21, 221~226.

Kim J. H. · Bang I. C. · Cho J. K. · Baek J. M. · (2004). Effect of size grading on growth and sex ratio of parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). J Kor Fish Soc 37, 197~201.

Kim K. K. · Bang I. C. · Kim Y.(1996). Studies on the production of all-female populations of olive flounder, *Paralichthys olivaceus* Ⅳ: Sex determination by water temperature during sex differentiation period, J Aquaculture 9, 429~435.

Lee C. H. · Na O. S. · Yeo I. K. · Baek H. J. · Lee Y. D.(2000). Effects of sex steroid hormones and high temperature on sex differentiation in black rockfish, *Sebastes schlegeli.* J Kor Fish Soc 33, 373~377.

Lee Y. D. · Lee T. Y.(1990). Sex differentiation and development of the gonad in the flounder, *Paralichthys* olivaceus(TEMMINCK et SCHLEGEL). Bull Mar Res Inst, Cheju Nat Univ, 14, 61-86.

Luckenbach J. A. · Godwin J · Daniels H. V. · Borski R. J.(2003). Gonadal differentiation and effects of temperature on sex determination in southern flounder (*Paralichthys lethostigma*). Aquaculture 216, 315~327.

Nakayama K · Ohkawa T · Marukawa Y · Tainosho Y. · Tanaka M.(2006). Studies on genetic population structure and ecological-physiological characteristics of local populations of Japanese flounder (*Palalichthys olivaceus*). Bull Fish Res Agen 5, 139~142. (in Japanese)

Noh J. K. · Kim H. C. · Park C. J. · Lee J. H. · Kim J. H. · Lee M. S. · Kim W. J. · Kim K. K. · Myeong J. I.(2008). Genetic variability of farmed olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) populations managed with no consideration of genetic diversity. Kor J Ichthyol 20, 248~254.

Rougeot C. · Prignon C. · Kengne CVN · Melard C.(2008). Effect of high temperature during embryogenesis

on sex differentiation process in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 276, 205~208.

Sekino M. · Saitoh K. · Yamada T. · Kumagai A. · Hara M. · Yamashita Y.(2003). Microsatellite-based pedigree tracing in a Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* hatchery strain: implications for hatchery management related to stock enhancement program. Aquaculture 221, 255~263.

Yamamoto E. · Masutani R.(1990). Spawning experiments with gynogenetically diploid sinistral flounders (hirame, *Paralichthys olivaceus*) with corroborative evidence of large-scale all-female production. Bull Tottori Pref Fish Exp Sta 32, 28~38. (in Japanese)

● Received : 03 November, 2014
● Revised : 05 March, 2015
● Accepted : 10 March, 2015