

한국 동해 연안에 내유한 산란기 도루묵, *Arctoscopus japonicus*의 행동습성

안희춘[†] · 이경훈 · 이성일 · 박해훈 · 배봉성 · 양재형 · 김종빈
(국립수산과학원)

Behaviour habitats of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus* approaching toward the eastern coastal waters of Korea in the spawning season

Heui-Chun AN[†] · Kyoung-Hoon LEE, Sung-Il LEE · Hae-Hoon PARK ·
Bong-Seong BAE · Jae-Hyeong YANG · Jong-Bin KIM
(National Fisheries Research & Development Institute)

Abstract

Behaviour habitats of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, one of the stock recovery species of Korea, were investigated when they were approaching toward the eastern coastal waters of Korea during spawning season.

Underwater surveys were conducted in December, 2009 at Jug-island, Goseong, Gangwon-province to observe the behaviour of sailfin sandfish by underwater video camera and underwater camera, and the body characteristics of sailfin sandfish caught by gillnet were measured.

It was observed that the species generally move in school but a few of individuals go out of the school to approach and dig into the sand bottom.

Eggs of sailfin sandfish were shown in many cases to be attached to seaweed like *Sargassum fulvellum* and *Zostera mairna*. The females maintain its body in horizon and shake the body to breed eggs. It was also observed that the males spray sperm on the eggs attached on seaweed.

Sailfin sandfish is assumed to make diurnal migration by moving to the shallow coast at night for spawning and fertilization, and moving out to the offshore at sunrise.

Key Words : *Arctoscopus japonicus*, *Sailfin sandfish*, *Behaviour habitats*, *Spawning*

I. 서론

도루묵(*Arctoscopus japonicus*)은 우리나라 동해,

일본 중부 이북, 감차카반도, 사할린 및 알래스카
해역에 분포하며(NFRDI, 2004), 수심 약 100-
300m인 대륙붕의 모래 또는 펄 지역에 서식하고

[†] Corresponding author : 033-660-8550, anhc1@nfrdi.go.kr

* 이 연구는 국립수산과학원(저비용 고효율 어업기기 개발 연구, RP-2010-FE-14)의 지원에 의해 수행되었습니다.

있다(Kim et al., 2005; Sakuramoto et al., 1997). 도루묵은 산란시기인 겨울철에는 수심 2-10m의 해조류가 무성한 얕은 연안으로 회유하는 습성이 있는 것으로 알려져 있다(NFRDI, 2004; Myoung et al., 1989). 한국 동해안에서는 11월-12월에 강원도 양양군의 동산항을 비롯하여 기사문, 고성군 오호항 인근 해역 등에 도루묵이 회유해 와서 모자반을 비롯한 수초에 산란을 하고 있다. 그러나 최근에는 연안오염과 환경 변화 등의 영향으로 모자반과 같이 도루묵이 산란할 수 있는 연안역의 해조류가 현저하게 줄어들고 있는 실정이며, 국립수산과학원에서는 도루묵 자원의 회복을 위하여 도루묵이 회유해 오는 강원도 양양군의 동산항을 비롯하여 고성군 오호리 해역 등에 2006년부터 인공산란초를 조성해 오고 있다(Yang et al., 2009).

도루묵과 관련하여 자원량 추정(Lee et al., 2009; Sakuramoto et al., 2001), 도루묵의 연령과 성장(Choi et al., 1983; Lee and Kang, 2006; Yang et al., 2008), 수온과 도루묵의 풍도(Sakuramoto et al., 1997), 도루묵의 식성(Lee et al., 2007), 자망의 도루묵 어획 선택성(Jeong et al., 2009; Park et al., 2007) 등 다수의 연구결과가 보고되고 있으나 산란기에 연안으로 접근해온 도루묵의 행동습성에

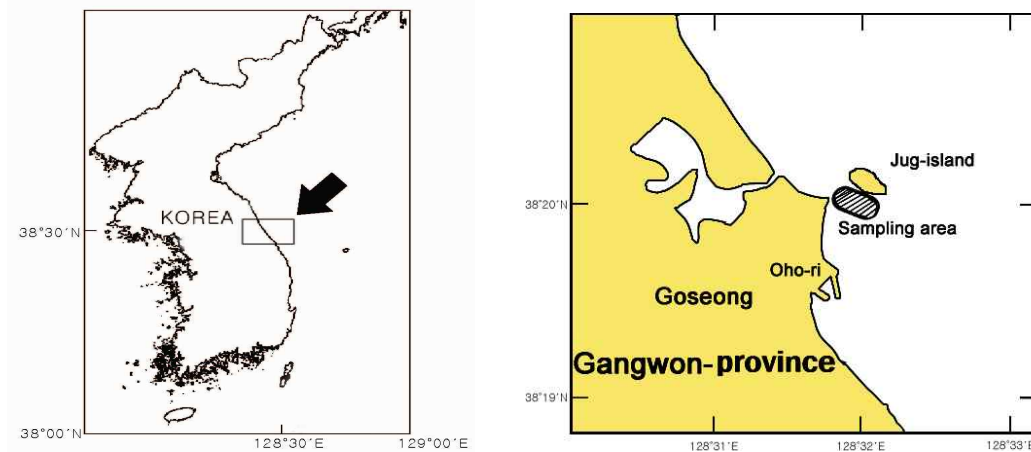
대한 연구는 적은 편이다.

본 연구는 도루묵이 산란기에 연안으로 내유한 시기의 행동 습성을 구명하여 도루묵 자원의 회복을 위한 기초자료를 제공하고자, 강원도 고성군 오호항 인근의 죽도 해역에서 도루묵의 행동을 조사하고 자망어구로 채포한 도루묵의 특성을 분석하였다.

II. 재료 및 방법

산란시기에 연안으로 회유해온 도루묵의 행동 습성은 강원도 고성군 오호항 앞 죽도 해역에서 잠수부를 활용하여 수중비디오카메라(비디오카메라 Sony, VX-2000, 하우스징 LIGHT & MOTION, BLUEFIN VX-2000) 및 수중카메라(카메라 Nikon, D80, 하우스징 파티마엔지니어링, PDCH-D80)로 촬영하고 조사자의 목시 관찰도 이루어졌다[Fig. 1].

잠수조사는 2항차에 걸쳐 수행되었으며, 1항차가 2009년 12월 7일부터 12월 8일까지, 2항차가 2009년 12월 21일부터 12월 22일까지였고, 항차별로 이틀에 걸쳐 각각 야간 2회, 주간 1회 실시하였다. 잠수조사가 실시된 곳은 자망을 주로 설치하여 도루묵을 어획하는 수심 7m 되는 곳에서



[Fig. 1] Map showing the observation area around Jug-island, Goseong, Gangwon-province in the East Sea

죽도 해안선까지의 해역이며, 잠수부는 수심이 깊은 곳에서 잠수하여 등심선을 따라 이동하면서 섬 쪽으로 접근하여 해저의 모래와 바위, 정치망 어장 주변 등을 조사하였다. 조사 시각은 야간은 18시-21시 사이였고, 주간은 14시-17시 사이에 이루어졌다. 1회의 잠수조사는 1시간 이내로 수행되었다. 또한, 조사해역이 물이 맑아서 수심 3m 되는 곳에서 1m되는 곳까지는 선상에서 해저까지 볼 수 있어서 잠수조사와 같은 시각에 목시 관찰도 병행하여 이루어졌다.

조사해역이 우리나라 북동쪽의 휴전선과 가까운 특수 해역인 관계로 야간 조사는 일몰 후부터 21시까지 제한적으로 이루어졌다.

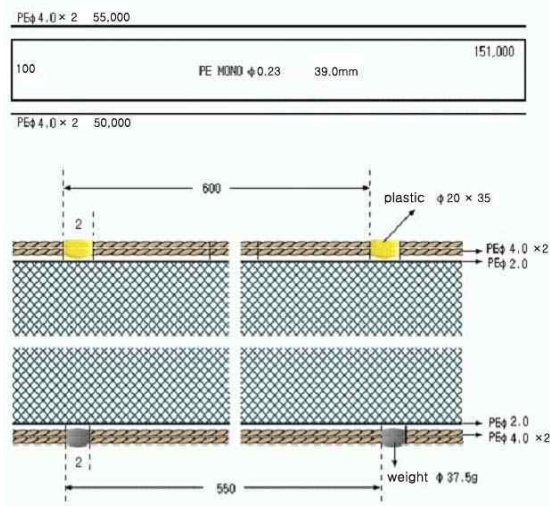
자망에 의한 어획시험은 상업어선인 광명호(0.86톤)로 수행하였으며, 도루묵 자망어구 5폭을 당일 오후에 죽도 남서쪽 수심 2-7m 되는 해역에 한 폭씩 분산 부설하고 다음날 오전에 양망하여 어획물을 측정하였다. 어획시험은 2009년 12월 8일부터 12월 23일 사이에 4회에 걸쳐 실시하였고, 연안에 내유한 도루묵의 어체 크기, 자망의 어획성능 등을 분석하였다. 조사기간 중 12월 8일은 기상 악화로 2일간 침지하였다가 양망하게 되었으며, 그 외 3회는 1일간 침지하고 양망하였다. 어획물 측정은 자망어구 매 폭별로 표본 조

사를 하였으며, 가랑이체장은 1mm 단위로, 중량은 전자저울로 1g 단위로 측정하였다. 표본 조사 후 남은 어획물은 총중량을 측정하였고 마리수를 세었다. 조사에 사용된 도루묵 자망은 홀자망으로 망사는 경심 2호이고 망목의 크기는 39.4mm, 한 폭의 규모는 길이가 55m 설이 100코인 것을 사용하였다[Fig. 2].

III. 결과 및 고찰

조사장소인 죽도 주변해역은 저질이 모래이며 섬 남서쪽의 수심 5-7m 보다 얇은 곳은 바위나 큰 돌이 혼재되어 있다. 또한, 이곳에는 정치망이 한 통 부설되어 있다. 도루묵은 주로 섬의 남서쪽으로 많이 회유해오는 것으로 알려져 있으며, 도루묵을 포획하는데 주로 사용되는 자망은 수심 7m 이내의 얇은 곳에 집중적으로 부설되었다.

산란시기에 도루묵의 행동습성을 보면, 야간에는 도루묵이 군을 이루어 유영하는 것이 많이 보였으며, 카메라의 조명에는 회피 반응을 나타내었다. 또한, 일부 개체는 한 마리씩 떨어져서 바닥에 접근하여 몸을 흔들어 모래 속으로 잠입하고 머리 부분만 밖으로 내어 놓고 있는 경우도 있었으며, 몸을 절반 정도 잠입하는 경우도 있었다. 그리고 일몰 후 시간이 경과됨에 따라 부설되어 있는 자망에 걸리는 개체수와 무리를 이루어 유영하는 개체수가 증가하는 현상을 볼 수 있었다[Photo 1]. 그러나 주간 조사에서는 잠수부가 일정 간격으로 해저의 모래를 파보기도 하고 바위틈을 탐색하였으나 도루묵을 발견하기 어려웠다. 따라서 도루묵은 일몰 이후에 연안의 얇은 곳으로 접근하여 산란을 하고 날이 밝아지면 외해로 이동하는 일주운동을 하는 것으로 추정된다. 그리고 도루묵 암컷의 산란 행동을 보면, 수초 사이의 공간에서 몸을 수평으로 한 상태에서 머리와 꼬리를 흔들어 난을 몸 밖으로 내보내는 행동을 나타내었다. 난이 해초에 부착된 후에는



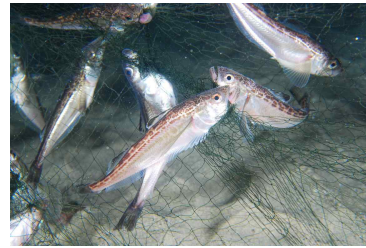
[Fig. 2] Layout of *Arctoscopus japonicus* gillnet



(*Arctoscopus japonicus* on the sand)



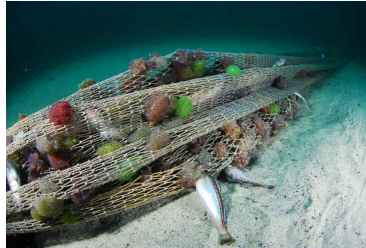
(*Arctoscopus japonicus* submerged into the sand)



(*Arctoscopus japonicus* caught by a gillnet)



(Egg mass of *Arctoscopus japonicus* attached at a *Codium fragile*)



(Egg mass of *Arctoscopus japonicus* attached at a net)



(Diver work to detect *Arctoscopus japonicus* during daytime)

[Photo 1] Behaviour of *Arctoscopus japonicus* during spawning season, winter 2009

여러 마리의 수컷이 접근하여 정액을 방사하는 광경이 포착되어 도루묵은 체외 수정하는 어종임이 확인되었다.

도루묵의 서식수온은 2-13°C이고(NFRDI, 2005), 산란수온은 6-10.5°C인 것으로 알려졌으며(Chyung, 1977), 도루묵의 분포 해역 및 수층과 관련하여(Yang, 2009; Kim et al., 2005), 도루묵은 겨울철에 산란을 위해 강원연안의 얕은 곳으로 회유하고, 산란 후 봄철 이후에는 수심 약 100-200m인 깊은 곳으로 이동하여 강원연안에서 울산연안까지 넓게 분포하였다가 가을철에 다시 산란을 위해 강원연안으로 북상하는 것으로 추정하였다. 금번 조사에서 죽도 주변해역에서는 도루묵은 산란기에 일몰 이후 어두워지면 연안으로 유영하여 오고 주간에는 외해로 이동하는 것은 밝혀졌으나 이동 경로와 주간에 체류하는 해역 등과 관련해서는 보다 체계적인 연구를 통해 규명되어야 할 것으로 사료된다.

Morioka(2005)는 도루묵이 자치어시기에 가슴

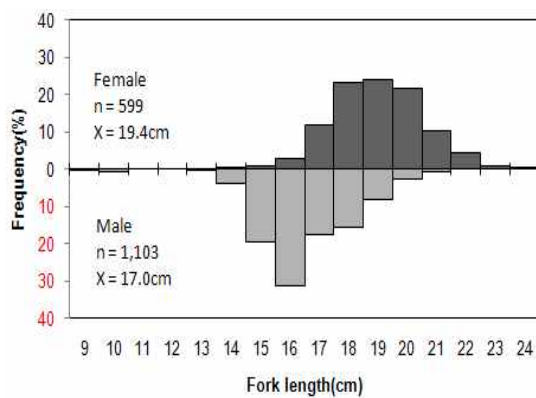
지느러미와 몸을 흔들어 머리 부분만 제외하고 모래 속에 숨어있다고 보고하여 본 연구 결과의 도루묵 성어의 행동습성과 유사한 것으로 추정된다.

도루묵 알은 모자반이나 잘피와 같은 해초에 부착된 것이 가장 많았으며, 정치망의 멍줄이나 멍을 감싸고 있는 그물, 로프 등에 부착되어 있는 것도 다수 발견되었고, 모래위에 몇 개의 덩어리가 뭉쳐있는 경우도 있었다. 도루묵 난괴의 모양은 포도송이와 같이 둥근 것이 많았으며 난괴의 색깔은 대부분 갈색이나 일부는 녹색을 띤 것도 있었다.

도루묵자망으로 조사한 도루묵의 총 어획량은 692.4kg, 16,074마리였으며, 수컷이 14,376마리, 암컷이 1,698마리로 수컷과 암컷의 비는 8.5:1 이었다<Table 1>. 또한, 어획된 도루묵의 체장범위를 살펴보면[Fig. 3], <Table 2>, 암컷의 가랑이체장 범위는 14.6-24.5cm로 평균이 19.4cm로 나타났으며, 수컷의 가랑이체장 범위는 9.9-21.8cm로 평균이 17.0cm로 나타났다.

<Table 1> Catches of *Arctoscopus japonicus* according to the sex caught by gillnet at Jug-island, Goseong, Gangwon-province of Korea in December of 2009

Date	Soak duration (day)	Male		Female		Total	
		Weight (g)	Number (individuals)	Weight (g)	Number (individuals)	Weight (g)	Number (individuals)
2009-12-08	2	498,340	12,331	26,219	381	524,559	12,712
2009-12-09	1	13,343	313	7824	131	21,167	444
2009-12-22	1	17,830	392	55,538	868	73,368	1,260
2009-12-23	1	51,778	1340	21,539	318	73,317	1,658
Total		581,291	14,376	111,120	1,698	692,411	16,074



[Fig. 3] Length-frequency distribution of *Arctoscopus japonicus* caught by gillnet at Jug-island, Goseong, Gangwon-province of Korea in December of 2009



[Photo 2] Shape of male and female *Arctoscopus japonicus*

Jeong et al.(2009)이 강원도 고성군 공현진 연안에서 2007년에 망목크기가 다른 자망을 사용하여 도루묵을 대상으로 시험 조업한 결과에 의하

면 암컷과 수컷의 최빈치(mode)는 각각 가랑이 체장 20cm, 18cm로 나타났고, 어획된 암컷 및 수컷의 가랑이체장 범위는 각각 15.0-27.0cm, 14.1-28.1cm로 나타났다. 또한, 도루묵 암컷 및 수컷의 50% 성숙체장은 각각 16.7cm 및 13.0cm로 알려져 있다.

금번의 조사 결과[Fig. 3]에서 어획된 도루묵의 암수 체장조성에 차이가 나는 것은 산란 시기에 연안으로 내유하는 도루묵의 암수 체장 조성의 차이에 기인한다고 생각된다[Photo 2]. 다양한 망목크기(36.4-57.6mm)의 도루묵 자망을 사용한 Jeong et al.(2009)의 결과에서도 알 수 있는 바와 같이 도루묵 수컷의 경우에는 가랑이체장 20cm 이상의 개체수가 매우 적으나, 암컷의 경우에는 가랑이체장 20cm의 개체수가 최빈치를 나타내고 있다. 또한, 도루묵 수컷의 비율이 암컷에 비해 약 8배 높은 것은 사용한 자망(망목크기 39.4mm)의 선택범위 내에 수컷의 개체수가 많았던 영향으로 추정된다.

산란시기에 어획된 도루묵의 체장범위를 살펴 보면[Fig. 3], <Table 2>, 암컷의 경우에는 가랑이 체장 16cm 이상이 어획된 개체수의 99%를 차지하고 수컷의 경우에는 14cm 이상이 99%를 차지하고 있다. 이와 같은 결과로부터 산란기에 연안으로 내유하는 대부분의 도루묵 개체는 산란에 기여하는 성숙한 개체라는 것을 알 수 있다. 또한, 도루묵의 암·수간의 체장크기 차이는 Yang et

<Table 2> Number of individuals and accumulated rate of *Arctoscopus japonicus* according to the sex caught by gillnet at Jug-island, Goseong, Gangwon-province of Korea in December of 2009

Range of fork length (cm)	Female		Male	
	Number of individuals	Accumulated rate(%)	Number of individuals	Accumulated rate(%)
9.1-10.0			1	<1
10.1-11.0			6	1
11.1-12.0				
12.1-13.0				
13.1-14.0			2	1
14.1-15.0	1	<1	41	5
15.1-16.0	5	1	217	24
16.1-17.0	17	4	344	55
17.1-18.0	70	16	194	73
18.1-19.0	139	39	171	88
19.1-20.0	143	63	91	97
20.1-21.0	130	84	30	99
21.1-22.0	61	94	6	100
22.1-23.0	26	99		100
23.1-24.0	5	100		100
24.1-25.0	2	100		100
Total	599	100	1,103	100

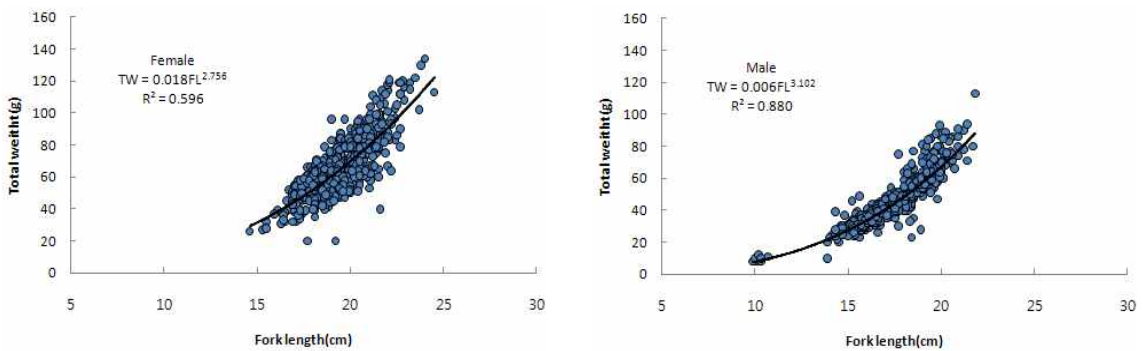
al.(2008)이 제시한 바와 같이 암컷이 수컷보다 성장상태가 좋기 때문일 것이다.

어획시험조사에 의한 도루묵의 체장과 체중간의 관계식은 수컷이 $TW=0.006FL^{3.102}$ ($R^2=0.880$)이고, 암컷이 $TW=0.018FL^{2.756}$ ($R^2=0.596$)이었다[Fig. 4]. 도루묵의 암·수컷 상대성장 관계식에 있어서 체장 증가에 따른 체중 증가 경향은 암컷보다 수컷에서 상관성이 더 높게 나타났고, 암컷의 분산

이 다소 큰 것으로 나타났다. 이는 암컷의 경우 이미 방란을 하여 성숙난이 체내에 없는 개체와 체내에 성숙난을 포란한 개체가 혼재되어 있어서 분산이 크게 나타나는 것으로 추정된다.

IV. 결론

본 연구에서 조사한 죽도 해역에서는 도루묵은



[Fig. 4] Relationship between fork length(cm) and total weight(g) of *Arctoscopus japonicus* caught by gillnet at Jug-island, Goseong, Gangwon-province of Korea in December of 2009

산란기에 일몰 후 어두워지면 연안으로 유영하여 오고 주간에는 외해로 이동하는 것으로 밝혀졌으나 이동 경로와 주간에 체류하는 해역 등과 관련해서는 보다 체계적인 연구를 통해 규명되어야 할 것으로 사료된다. 도루묵은 야간에 군을 이루어 유영하는 경우가 많았으며, 일부 개체는 한 마리씩 떨어져서 바닥에 접근하여 몸을 흔들며 모래 속으로 잠입하는 경우도 있었다. 그러나 주간에는 죽도 해역에서 도루묵을 발견하기 어려웠다. 도루묵의 알은 모자반이나 잘피와 같은 해초에 부착된 것이 많았다. 그리고 도루묵 암컷은 산란할 때 수초 사이에서 몸을 수평으로 한 상태로 온몸을 흔들며 알을 몸 밖으로 내보내는 행동을 하였다. 도루묵 알이 해초에 부착된 후에는 여러 마리의 수컷이 접근하여 정액을 방사하였다. 어획된 도루묵 암컷의 가랑이체장 범위는 14.6-24.5cm로 평균이 19.4cm로 나타났으며, 수컷의 가랑이체장 범위는 9.9-21.8cm로 평균이 17.0cm이었다. 따라서 산란기에 연안으로 내유하는 도루묵 개체는 대부분 산란에 기여하는 성숙한 개체라는 것을 알 수 있다.

참고 문헌

- Choi, S.H., Y.Y. Chun, S.J. Son and H.K. Suh (1983). Age, growth and maturity of sandfish, *Arctoscopus japonicus*(Steindachner) in the eastern sea of Korea, Bull, Nat, Fish, Res, Dev, Agency, 31, 7~19.
- Chyung, M.K.(1977). The fishes of Korea, Il-Ji Sa Publishing Co., Seoul, 1~727.
- Jeong, E.C., H.H. Park, B.S. Bae, D.S. Chang, C.S. Kim, S.H. Choi, and H.K. Cha(2009). Size selectivity of gill net for male Japanese Sandfish, (*Arctoscopus japonicus*) off Gangwon in water. J. Kor. Fish. Soc. 42(1), 78~82.
- Kim, I.S., Y. Cho, C.Y. Le, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim,(2005). Illustrated book of Korean fishes. Kyohak Press, Seoul, 615.
- Lee, H.W. and Y.J. Kang(2006). Age determination and growth using the transverse section method of Otoliths Sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in the eastern sea of Korea, Ocean and Polar Research, 28, 237~243.
- Lee, H.W. Y.J. Kang, S.H. Huh and G.W. Baeck(2007). Feeding habits of the Sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in the East Sea of Korea, Korean J. Ichthyol, 19(1), 44~50.
- Lee, S.I., J.H. Yang, S.C. Yoon, Y.Y. Chun, J.B. Kim, H.K. Cha and Y.M. Choi(2009). Biomass estimation of sailfin sandfish, *Arctoscopus japonicus*, in Korean waters, Kor J Fish Aquat Sci, 42, 487~493.
- Morioka, T.(2005). Onset of burying behavior concurrent with growth and morphological changes in hatchery-reared Japanese sandfish *Arctoscopus japonicus*, Fisheries science, 71, 242~244.
- Myoung, J.G., J.M. Kim and Y.U. Kim(1989). Egg development and morphology of sand fish, *Arctoscopus japonicus*(Steindachner) larvae and juveniles reared in the laboratory, Bull, Korean Fish, Soc. 22, 129~137.
- NFRDI(National Fisheries Research and Development Institute)(2004). Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea.
- NFRDI(National Fisheries Research and Development Institute)(2005). Ecology and fishing ground of major fisheries resources in Korean waters, Yeamoonasa, Busan, 1~397.
- Park, H.H., E.C. Jeong, B.S. Bae, J.H. Yang, S.H. Choi, and S.I. Lee(2007). Mesh selectivity of gill net for female Japanese Sandfish, (*Arctoscopus japonicus*) in spawning season, J. Kor. Soc. Fish. Tech, 43(4), 274~280.
- Sakuramoto, K.H. Sugiyama and N. Suzuki (2001). Models for forecasting sandfish catch in the coastal waters off Akita Prefecture and the evaluation of the effect of a 3-year fishery closure, Fisheries Science, 67: 203~213.
- Sakuramoto, K.T. Kitahara, and H. Sugiyama (1997). Relationship between temperature and fluctuations in sandfish catch(*Arctoscopus japonicus*) in the coastal waters off Akita Prefecture, ICES Jour. Marine Sci., 54, 1~12.
- Yang, J.H.(2009). Fisheries ecology and physiological studies of the Sandfish, *Arctoscopus*

japonicus in the East Sea of Korea, Doctor of Ph. D. Thesis, University of Gangneung-Wonju National University, Gangneung, Korea, 1~57.

Yang, J.H., S.I. Lee, H.K. Cha, S.C. Yoon, D.S. Chang and Y.Y. Chun(2008). Age and growth of the sandfish, *Arctoscopus japonicus* in the East Sea of Korea, J. Kor. Soc. Fish. Tech., 44(4), 312~322.

Yang, J.H., S.I. Lee, B.S. Bae, H.K. Cha, S.C.

Yoon, Y.Y. Chun, J.B. Kim, and D.S. Chang (2009). Development of artificial spawning seaweeds of the sandfish, *Arctoscopus japonicus*, J. Kor. Soc. Fish. Tech., 45(4), 234~242.

-
- 논문접수일 : 2010년 10월 25일
 - 심사완료일 : 1차 - 2010년 11월 29일
2차 - 2010년 12월 24일
 - 게재확정일 : 2011년 01월 26일