

## 가다랑어 (*Katsuwonus pelamis*) 자어의 국내 출현

윤상철 · 정연규 · 지환성\* · 신아리 · 김장근 · 최광호  
국립수산과학원 자원관리과

### Occurrence of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) larvae in Korean waters

Sang Chul YOON, Yeon Kyu JEONG, Hwan Sung Ji\*, Ari SHIN and Zang Geun KIM and Kwang Ho CHOI

Fisheries Resources Management Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan, 619-705, Korea

Three specimens of larvae (5.2~7.8 mm in standard length (SL)), of the family Scombridae, were collected from the southeastern waters off Jeju Island in August, 2014. These specimens were identified to *Katsuwonus pelamis* have melanophores distributed on the 1st dorsal-fin spines and post ventral margin on caudal peduncle. An analysis of the cytochrome oxidase submit I (COI) sequences (652 base pairs) of mitochondrial DNA showed that our specimens must be *K. pelamis*, because their sequences were concordant with those of the adult *K. pelamis* (genetic distance= 0.000~0.002), followed by *Auxis rochei* (genetic distance= 0.061~0.063) and *Euthynnus affinis* (genetic distance= 0.077~0.079). During the larval stage, *K. pelamis* differed from *Thunnus* spp. species in melanophores distribution period of 1st dorsal-fin spines, lower jaws and ventral margin on caudal peduncle. In conclusion, occurrence of *K. pelamis* larvae means Korean waters are potential spawning ground of *K. pelamis*.

Keywords: Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, Morphological identification, Molecular identification, Neighbor-Joining tree, Spawning ground

#### 서론

가다랑어 (*Katsuwonus pelamis*)는 농어목 (Perciformes), 고등어과 (Scombridae) 가다랑어속 (*Katsuwonus*)에 속하는 고도회유성 어류로서 북위 40도에서 남위 40도 사이의 열대해역과 온대해역에 주로 서식하고, 우리나라에서는 남해안 및 제주도 해역에서 어획된다. 가다랑어는 표층 외양성 어류로 낮에는 표층에서 수심 260 m 까지, 밤에는 표층 가까이에서 주로 서식하며, 유영능력이 강해 봄~여름에는 우리나라 주변 해역까지 회유해 오고 가을~겨울에는 남쪽으로 이동하는 것으로 알

려져 있다 (NFRDI, 2004).

2011년 FAO 통계에 따르면 가다랑어는 단일어종으로 멸치류 830만톤, 명태 320만톤에 이어 약 260만톤으로 세 번째로 많은 어획량을 기록하고 있고, 주요 다랑어류의 어획량 중에서는 전체의 57.4%를 차지하며 압도적으로 많은 어획량을 기록하였다 (FAO, 2013).

2012년을 기준으로 우리나라 연근해가 속한 중서부 태평양에서 어획되는 다랑어류의 어획량은 약 260만톤으로 태평양 전체어획량의 80%, 전 세계 다랑어류의 어획량의 59%를 차지하였다. 그 중 가다랑어의 어획량

\*Corresponding author: nise9@naver.com, Tel: 82-51-720-2278, Fax: 82-51-720-2337

은 약 166만톤으로 중서부태평양 전체 다랑어류 어획량의 64%를 차지하여 역대 최대의 어획량을 기록하였다 (WCPFC, 2014).

가다랑어 자치어의 분포 및 형태에 관해서는 전 세계 여러 학자들에 의해서 수행되었는데, 인도양산 가다랑어 자치어의 형태발달 (Jones, 1959), 일본산 다랑어류 자치어 6종 (가다랑어 *Katsuwonus pelamis*, 점다랑어 *Euthynnus affinis*, 황다랑어 *Thunnus albacares*, 눈다랑어 *Thunnus obesus*, 날개다랑어 *Thunnus alalunga*, 참다랑어 *Thunnus thynnus*)의 형태특징 및 상관관계 연구 (Matsumoto et al., 1972; Okiyama and Ueyanagi, 1978; Okiyama, 1988), 인도양산 고등어과 자치어 19종의 분자동정 (Robertson et al., 2007), 북태평양산 고등어과 자치어 9종의 분자동정 (Paine et al., 2008) 등이 대표적인 연구결과들이다.

가다랑어에 대한 국내 연구는 기후변동 혹은 기후인자에 따른 중서부태평양 해역의 가다랑어 분포 (Kim, 2005), 한국 다랑어 선망어업의 어장변동에 관한 연구 (An et al., 2003), 한국 다랑어 선망어업의 조업특성에 관한 연구 (Moon et al., 2005), 다랑어 선망 어획물의 종조성에 대한 연구 (Lee et al., 2011), 중서부태평양 가다랑어의 연령과 성장 추정 (Ku, 2015) 등으로 극히 드문 실정이다. 우리나라 근해에서 출현한 다랑어류의 자치어에 대한 보고는 날개다랑어 (Yoo et al., 2012), 백다랑어 (Yoon et al., 2013) 등이 있고, 아직까지 가다랑어에 대해서는 우리나라 연근해의 자치어 분포 유무가 보고되어 있지 않다.

자치어는 발육단계별 형태적 특징이 급격히 변하기 때문에 (Kendall et al., 1984), 정확한 종 동정을 위해서는 분자동정이 선행되어야 한다. 국내에서는 고등어과 자치어를 대상으로 분자동정을 실시하여 형태특징 및 출현양상이 보고되었다 (Ji et al., 2011; Yoo et al., 2012; Yoon et al., 2013). 본 연구는 우리나라 연근해에서 다랑어류 자치어 분포현황을 조사하는 과정에서 발견된 가다랑어 자어의 외부형태와 분자동정 결과를 상세히 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 채집

2014년 8월 24일부터 8월 29일간 국립수산물과학원 시

험조사선 탐구20호 (885G/T)로 제주도 남동 해역의 33개 정점에서 다랑어류 자치어 채집에 이용되는 ORI (Ocean Research Institute) net (망구직경 2 m, 망길이 9 m, 망목크기 500  $\mu$ m)로 수심 10 m와 30 m를 선속 약 2 k't로 각각 5분씩 수평인망하여 시료를 채집하였다 (Fig. 1). 채집한 시료는 선상에서 즉시 알코올 99%에 고정하였다.

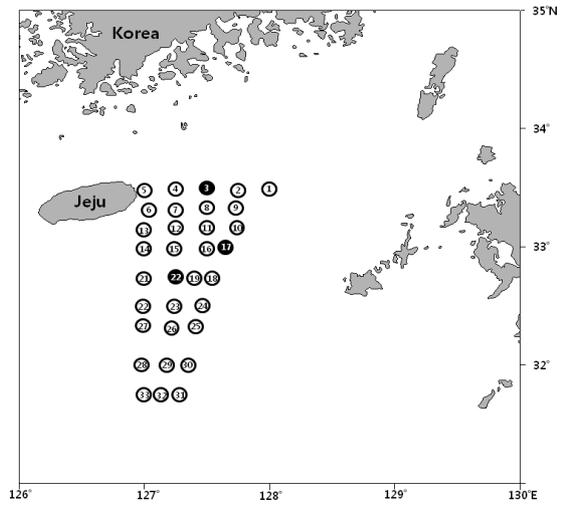


Fig. 1. The sampling stations around Jeju Island of Korea, August 2014. Black sampling stations indicate that *Katsuwonus pelamis* larvae were sampled.

### 형태분석

몸의 각 부위의 계수 및 계측은 Matsumoto et al. (1972)의 형태기재 방법을 따라 입체 현미경 (Olympus SZX-16, Japan)하에서 관찰하였고, 0.1 mm 단위까지 측정하였다. 종 동정은 Okiyama and Ueyanagi (1978)와 Richard (2006)가 제시한 고등어과 자치어기 분류기에 따라 실시하였다.

### DNA 추출, PCR 및 Sequencing

Genomic DNA는 DNesay Blood and Tissue kit (Qiagen)를 이용하여 가다랑어속 자어의 우측 눈알에서 추출하였다. 미토콘드리아 DNA cytochrome oxidase subunit I (COI) 영역을 VF2\_t1 (5'-TGTAACGACGGCCAGTCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC-3'), FishR2\_t1 (5'-CAGGAAACAGCTATGACACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA-3') primer로 증폭시켰다. 10X PCR 5  $\mu$ l, 2.5 mM dNTP 4  $\mu$ l, 각 primer 5

$\mu\text{l}$ , FX Taq DNA polymerase (GnP, Korea) 1  $\mu\text{l}$ 를 섞은 혼합물에 genomic DNA 5  $\mu\text{l}$ 를 첨가한 후, 총 50  $\mu\text{l}$ 가 될 때까지 3차 증류수를 넣고 Thermal cycler (Bio-rad MJ mini PTC-1148, USA)를 이용하여 다음과 같은 조건으로 PCR (Polymerase Chain Reaction, 종합 효소 연쇄반응)을 수행하였다; Initial denaturation 94°C에서 5분; PCR 반응은 35회 반복(denaturation 94°C에서 30초, annealing 55°C에서 30초, extension 72°C에서 1분), final extension 72°C에서 7분 실시하였다. PCR 최종산물의 정제는 ExoSAP-IT (United States Biochemical Corporation, USA)을 이용하였다.

### 분자변이 분석

PCR product는 자동염기서열분석장치 (Automated DNA Sequencer; ABI 3130)에 의해 염기서열을 결정하였다. 미토콘드리아 DNA 염기서열은 BioEdit version 7 (Hall, 1999)의 ClustalW (Thompson et al., 1994)를 이용하여 정렬하였으며 비교그룹으로 NCBI (National Center for Biotechnology Information)에 등록된 고등어과 어류 10종 및 전갱이과 (Carangidae) 전갱이 (*Trachurus japonicus*)를 외집단으로 설정하였다. 유전거리는 Mega 5 (Tamura et al., 2011)에서 Kimura-2-parameter 모델 (Kimura, 1980)로 계산하였으며, 계통수는 MEGA 5의 근린결합법 (Neighbor joining)을 이용하여 작성하였고, bootstrap은 1,000번을 수행하였다.

## 결 과

### 자치어 출현 현황

조사기간 중 제주도 남동 해협부근에서 ORI net로 채집된 자치어는 총 80종, 471.6개체/1000m<sup>3</sup>이었다. 우점 자치어는 상주물뱀 (*Pisodonophis sangjuensis*)이 전체의 14.0%를 차지하였으며, 다음으로 깃비늘치 (*Benthosema pterotum*)가 전체의 10.9%, 망둑어과 sp. A가 7.9%, 등갈넙치과 sp. A가 6.3%로 우점하였다. 그 외 출현량이 4% 이상인 종으로는 날개멸 (*Bregmaceros japonicus*)(5.2%), 멸치 (*Engraulis japonicus*)(4.9%), 필립흙무굴치 (*Synagrops philippinensis*)(4.8%), 날봉장어 (*Echelus uropterus*)(4.6%)가 있으며, 이들 8종이 전체의 58.6%를 차지하였다. 정점별 자치어 종수를 살펴보면, St. 33에서 103.2개체/1000m<sup>3</sup> (21.9%)로 가장 많이 출현하였으며, St. 28에서 69.3개체/1000m<sup>3</sup> (14.7%), St.

29가 33.6개체/1000m<sup>3</sup> (7.1%)로 나타났다. 정점 중 20.0개체/1000m<sup>3</sup> 이상 출현한 정점은 3개 정점 (St. 4, 19, 25)으로 나타났다.

고등어과 어류중에서는 몽치다래 (*Auxis rochei*)는 St. 29에서 1.3개체/1000m<sup>3</sup>, St. 1과 St. 8에서 각각 1.1개체/1000m<sup>3</sup>가 출현하였고, 가다랑어 (*K. pelamis*)는 St. 3에서 전장 5.5 mm의 0.5개체/1000m<sup>3</sup>, St. 17에서 전장 5.4 mm의 0.6개체/1000m<sup>3</sup>, St. 22에서 전장 8.9 mm의 0.5개체/1000m<sup>3</sup>가 출현하였다 (Fig. 2). 가다랑어는 제주도 연안 (St. 3)과 근해 (St. 17, 22)에 모두 출현하였고, 자치어 분포에 있어 특별한 경향성을 나타내지는 않았다.

### 형태 동정

가다랑어속 자어의 체장에 따른 외부형태 특징은 다음과 같다. 가다랑어속 자어는 두고가 높고, 6~7개의 전새개골 가지, 두정부와 등지느러미 극조부에 흑색소포 분포, 꼬리자루의 배쪽 및 꼬리지느러미 기저에 흑색소포 분포, 주둥이 경사가 완만한 형태 특징 등에 의해 가다랑어속 자어로 판단되었다 (Okiyama and Ueyanagi, 1978; Okiyama, 1988; Richard, 2006).

체장 5.2~5.3 mm 자어 : 두장은 체장의 37.7~42.3%로 크며, 체고는 체장의 28.3~28.8%로 다소 높고 항문장은 체장의 50.9~53.8%로 몸의 중앙 또는 약간 후방에 위치한다. 척색말단이 등쪽으로 휘었다 (Fig. 2A). 주둥이가 전방으로 돌출되어 있고 뾰족하다. 주둥이 경사가 완만하다. 눈은 크고 머리의 중앙에 위치한다. 입은 비교적 크며 위턱의 후단은 눈의 중앙 아래에 달한다. 양턱의 길이는 같고, 날카로운 송곳니가 1열로 나 있다. 콧구멍은 눈 전방에 2개 있다. 제1등지느러미와 제 2등지느러미, 뒷지느러미 원기가 출현하였으며, 배지느러미는 관찰되지 않았다 (Fig. 2A). 두정부와 뺨에는 나뭇가지 모양 또는 별 모양의 흑색소포가 분포하며, 복강의 등쪽 가장자리를 따라 질게 분포한다 (Fig. 2A). 양턱의 선단부와 아래턱에는 별모양 또는 점모양의 흑색소포가 분포한다. 꼬리자루의 배쪽 가장자리에는 별모양의 흑색소포가 1개가 나 있으며, 꼬리지느러미 기저에도 약하게 분포한다 (Fig. 2A).

체장 7.8 mm 자어 : 두장은 체장의 44.9%, 체고는 체장의 32.1%, 항문장은 체장의 64.9%로 이전 보다 전체적으로 증가한다. 이시기에는 모든 지느러미가 잘 발달

되어 있다 (Fig. 2B). 제1등지느러미 극조수는 12개, 제2등지느러미 연조수 10개, 뒷지느러미 극조수는 2개, 뒷지느러미 연조수는 10개, 꼬리지느러미 연조수는 30개가 관찰된다. 등쪽 토막지느러미는 7개, 배쪽 토막지느러미는 6개가 관찰된다. 흑색소포는 두정부와 복강의 등쪽 가장자리를 따라 길게 분포한다 (Fig. 2B). 양턱의 선단부에는 흑색소포가 길게 흩어져 나 있다. 등지느러미 극조수에 점모양의 흑색소포가 약하게 분포하고 등지느러미 극조의 기저를 따라 1열로 별 모양의 흑색소포가 분포한다 (Fig. 2B). 꼬리지느러미의 배쪽 가장자리에는 흑색소포가 관찰되지 않았다.

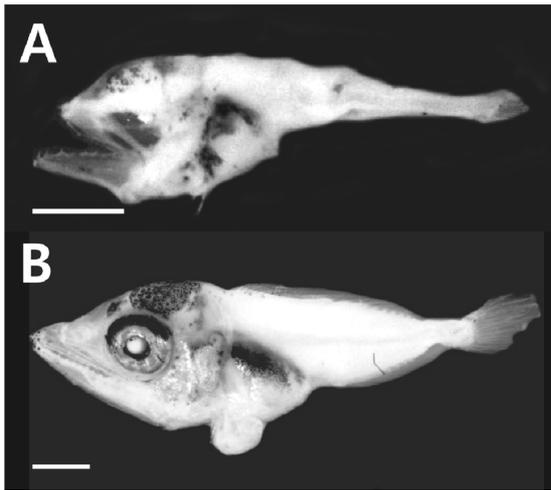


Fig. 2. Larval development of *Katsuwonus pelamis* sampled in the southeastern waters off Jeju Island in August, 2014. (A) Flexion larvae, 5.2 mm SL, (B) Postflexion larvae, 7.8 mm SL. Scale bars= 2.0 mm.

분자동정

제주도 동남부에서 채집된 가다랑어속 자어 3개체를 대상으로 미토콘드리아 DNA COI 652 base pair 염기서열을 분석한 결과, 가다랑어 성어와 99.8~100% 일치하여 가다랑어 자어인 것으로 확인되었고, 가다랑어 자어는 몽치다래와 유전거리 93.9~93.7% 일치하였으며, 다음으로 점다랑어와 유전거리 92.1~92.3% 일치하였다 (Table 1). 한편, 가다랑어는 참다랑어속 5종과는 유전거리 89.7~90.5%로 다소 멀게 나타났다. 근린결합수 (Neighbor joining tree)를 통해 가다랑어 자어는 가다랑어 성어와 일직선상에 유집되었으며, 몽치다래, 점다랑어 순으로 유집되었다 (Fig. 3).

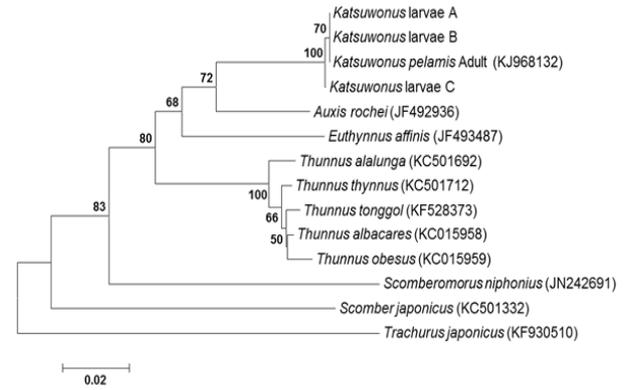


Fig. 3. Neighbor-Joining tree based on mtDNA COI nucleotide sequences showing the relationships among our 3 *Katsuwonus pelamis* larvae and 10 scombrid species with one outgroup (*Trachurus japonicus*). The Neighbor-Joining tree using the Kimura-2-parameter distance model. 1,000 replications of bootstrap. Bar indicates genetic distance of 0.02. *Katsuwonus pelamis* larvae were sampled in the southeastern waters off Jeju Island in August, 2014.

Table 1. Genetic distance among our 3 *Katsuwonus pelamis* larvae (1-3) and 10 scombrid (4-14) with one outgroup (15). *Katsuwonus pelamis* larvae were sampled in the southeastern waters off Jeju Island in August, 2014

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
<i>Katsuwonus</i> larvae (1)													
<i>Katsuwonus</i> larvae (2)	0.000												
<i>Katsuwonus</i> larvae (3)	0.002	0.002											
<i>Katsuwonus pelamis</i> (4)	0.000	0.000	0.002										
<i>Euthynnus affinis</i> (5)	0.079	0.079	0.077	0.079									
<i>Thunnus thynnus</i> (6)	0.101	0.101	0.099	0.101	0.096								
<i>Thunnus albacares</i> (7)	0.103	0.103	0.101	0.103	0.094	0.006							
<i>Thunnus alalunga</i> (8)	0.097	0.097	0.095	0.097	0.092	0.012	0.016						
<i>Thunnus tonggol</i> (10)	0.099	0.099	0.097	0.099	0.090	0.009	0.006	0.019					
<i>Thunnus obesus</i> (11)	0.102	0.102	0.101	0.102	0.096	0.012	0.009	0.022	0.012				
<i>Scomber japonicus</i> (12)	0.162	0.162	0.164	0.162	0.173	0.160	0.160	0.164	0.160	0.158			
<i>Scomberomorus niphonius</i> (13)	0.142	0.142	0.144	0.142	0.156	0.137	0.133	0.137	0.133	0.139	0.193		
<i>Auxis rochei</i> (14)	0.063	0.063	0.061	0.063	0.091	0.083	0.090	0.088	0.087	0.091	0.143	0.158	
<i>Trachurus japonicus</i> (15)	0.189	0.189	0.187	0.189	0.194	0.200	0.203	0.192	0.196	0.209	0.205	0.211	0.183

## 고찰

한국 연근해에서 발견된 다랑어류의 자치어는 날개다랑어 (Yoo et al. 2012), 백다랑어 (Yoon et al., 2013)가 있었으나, 금번 조사에서 국내에서 처음으로 가다랑어 자어가 발견되었다.

가다랑어 자어는 두정부, 뺨, 등지느러미 극조부 및 극조 기저에 흑색소포가 있고, 등지느러미 연조 및 뒷지느러미 기저에 흑색소포가 없는 점에서 참다랑어속 자어 3종 (참다랑어, 날개다랑어, 백다랑어)과 매우 유사하였다 (Okiyama and Ueyanagi, 1978; Okiyama, 1988; Yoon et al., 2013). 하지만 이들은 등지느러미 극조부의 흑색소포 발달시기 (가다랑어 자어는 체장 8.0 mm에서 길게 발달하지만, 참다랑어, 날개다랑어, 백다랑어 자어는 체장 6.0 mm에서 길게 발달) 및 아래턱 선단부의 흑색소포 출현 시기 (가다랑어 자어는 체장 5.0 mm 이상이나 참다랑어, 백다랑어 자어는 체장 6.0 mm 이상이고, 날개다랑어 자어는 체장 9.0~10.0 mm에서 출현), 꼬리지느러미 기저에 흑색소포 유무 (가다랑어 자어는 흑색소포가 작게 발달 하나 참다랑어, 백다랑어 자어는 흑색소포 없음)에서 잘 구분된다 (Matsumoto et al., 1972; Okiyama and Ueyanagi, 1978; Okiyama, 1988; Yoo et al., 2012).

본 연구의 가다랑어 자어와 일본산 가다랑어 자어를 비교하면, 표준체장 5.0 mm 이하의 흑색소포 분포양상과는 유사하였으나, 표준체장 8.0 mm 자어에서 등지느러미 극조부 흑색소포 발달양상 (제주산 가다랑어 체장 7.8 mm 자어에서는 작게 발달하나 일본산 가다랑어 체장 8.0 mm 자어에서는 길게 발달) 및 등지느러미 극조의 기저부의 흑색소포 유무 (제주산 가다랑어 체장 7.8 mm 자어에서는 작게 발달하나 일본산 가다랑어 체장 8.0 mm 자어에서는 없음)에서는 차이를 보였다 (Okiyama, 1988) (Fig. 2). 이는 지역 또는 개체간 흑색소포 발생시기의 차이일 것으로 판단된다. 또한, 가다랑어와 유전적으로 가깝게 나타난 몽치다래 자어 형태와 비교하면, 극조부의 흑색소포 분포 (가다랑어 자어는 있으나, 몽치다래 자어는 없음) 및 꼬리자루 등쪽의 흑색소포 발달 유무 (가다랑어는 없으나 몽치다래는 있음)에서 잘 구분된다 (Okiyama, 1988; Ji et al., 2011).

가다랑어는 적도 부근 해역에서는 특정 시기와 무관하게 연중 산란이 가능하고, 아열대 해역에서는 주로

봄부터 가을 사이에 산란하는 것으로 알려져 있다 (Collette and Nauen, 1983; Matsumoto et al., 1984). 금번 조사에서 가다랑어 자어는 8월에 채집되어 선행 연구결과와 일치하는 결과를 나타내었다. 또한, 일반적으로 가다랑어 치어는 24°C 이상의 해역에서 많이 발견되는 것으로 보고된 바 (Ueyanagi, 1969), 본 연구의 자치어 채집수심 10 m와 30 m의 평균 수온도 각각 27.4°C, 25.7°C로 선행 연구결과와 일치하는 결과를 보였다. 따라서, 본 연구결과는 한국 근해에 가다랑어 산란장의 존재 가능성을 시사하는 것으로 판단되며, 한국 연근해 다랑어류 출현에 관한 이전 연구결과에서 드러난 온대성다랑어류인 날개다랑어 (Yoo et al., 2012), 백다랑어 (Yoon et al., 2013) 뿐만 아니라 열대다랑어에 속하는 가다랑어의 산란장 존재 가능성까지 확인되어 한국 연근해에서 다양한 다랑어류의 산란이 이뤄지고 있음을 확인하였다.

본 연구에서는 형태동정과 분자동정을 이용하여 가다랑어 자어의 출현을 확인하였고 한국 연근해에 가다랑어의 산란장 존재 가능성을 밝혔다. 국내에서 아직까지 가다랑어를 포함한 다랑어류의 생태 연구는 극히 드문 실정이고, 최근 국제수산관리기구(중서부태평양수산위원회, WCPFC)에 의한 자원회복을 위해 치어 어획한도가 설정되어 어획량을 파악하고 있는 참다랑어를 제외하고는 한국 연근해에서 다랑어류가 어종별로 얼마만큼 어획이 되고 있는지도 명확하게 파악되지 않고 있다. 따라서, 본 연구결과를 바탕으로 한국 연근해 가다랑어 자원의 생태 기작을 우선 밝히고 그에 따른 자원평가 및 자원진단을 실시하여 자원의 지속적 이용을 도모해야 할 것이며 본 연구는 이를 위한 초기 연구로 의미를 부여할 수 있을 것이다.

## 결론

2014년 8월 24~29일까지 제주도 남동 해역의 33개 정점에서 ORI net를 이용하여 한국 연근해의 다랑어류 자치어 분포를 파악하기 위한 조사를 실시하였다. 고등어과 어류중에서는 몽치다래 (*Auxis rochei*)는 St. 29에서 1.3개체/1000m<sup>3</sup>, St. 1과 St. 8에서 각각 1.1개체/1000m<sup>3</sup>가 출현하였고, 가다랑어 (*K. pelamis*)는 St. 3에서 전장 5.5 mm의 0.5개체/1000m<sup>3</sup>, St. 17에서 전장 5.4 mm의 0.6개체/1000m<sup>3</sup>, St. 22에서 전장 8.9 mm의

0.5개체/1000m<sup>3</sup>가 출현하였다. 본 연구에서는 정확한 가다랑어 자어의 동정을 위해서 형태동정과 분자동정을 병행 실시하여 동정의 정확도를 높였다. 본 연구결과는 한국 근해에 가다랑어 산란장의 존재 가능성을 시사하는 것으로 판단되며, 한국 연근해 다랑어류 출현에 관한 이전 연구결과에서 드러난 온대성다랑어류인 날개다랑어, 백다랑어 뿐만 아니라 열대다랑어에 속하는 가다랑어의 산란장 존재 가능성까지 확인되어 한국 연근해에서 다양한 다랑어류의 산란이 이뤄지고 있음을 확인하였다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물과학원(RP-2015-FR-001)의 지원에 의해 수행되었습니다. 본 논문의 심사를 맡아주신 익명의 심사위원 세 분께 감사드리며, 조사를 위해 밤낮으로 고생하신 국립수산물과학원 탐구20호의 최영호 선장님 이하 직원분들에게 진심으로 감사드립니다.

## References

- An DH, Moon DY, Koh JR, Cho KD and Park YC. 2003. Changes in availability of tuna species due to ENSO events in the Pacific ocean. *J Kor Fish Soc* 36(4), 430–436.
- Collette BB and Nauen CE. 1983. *Scombrids of the worlds*. FAO, Rome (Italy).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. *Yearbook of fishery and aquaculture statistics 2011*, 1-76.
- Hall TA. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp Ser* 41, 95-98.
- Ji HS, Yoo JT, Ryu JH and Kim JK. 2011. Molecular identification and morphological development of *Auxis* (Scombridae) larvae. *Kor J Fish Aquat Sci* 44(6), 677-683. (DOI:http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2011.0325)
- Jones S. 1959. Notes on eggs, larvae and juveniles of fishes from Indian waters. III. *Katsuwonus pelamis* (Linnaeus) and IV. *Neothunnus macropterus* (Temminck and Schlegel). *Indian J Fisheries* 1959, 360-373.
- Kendall AW, Ahlstrom EH and Moser HG. 1984. Early life history stages of fishes and their characters. In: *Ontogeny and Systematics of Fishes*. Moser HG and Richards WJ, eds. Allen Press INC, Lawrence, USA, 11-22.
- Kim EJ. 2005. Climate-induced variation in the distribution, catch and biology of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) in the Western and Central Pacific Ocean. MS thesis, Pukyong National University, 1-43.
- Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *J Mol Evol* 16, 111-120.
- Ku J. 2015. Age and growth of the skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* (Scombridae, Perciformes) in the western and central Pacific Ocean. MS thesis, Pukyong National University, 1-41.
- Lee SI, Kim ZG, Sohn HS, Yoo JT, Kim MJ, Lee DW, Kim DN and Moon DY. 2011. Pilot research on species composition of Korean purse seine catch at cannery. *J Kor Soc Fish Technol* 47(4), 390-402. (DOI:10.3796/KSFT.2011.47.4.390)
- Matsumoto WM, Ahlstrom EH, Jones S, Klawe WL, Richards WJ and Ueyanagi S. 1972. On the clarification of larval tuna identification particularly in the genus *Thunnus*. *Fish Bull* 70, 1-10.
- Matsumoto WM, Skillman RA and Dizon AE. 1984. Synopsis of biological data on skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*. US Nat Mar Fish Serv, NOAA Tech Rep NMFS Circ 451, 1-92.
- Moon DY, Yang WS, Kim SS, Koh JR and Kim EJ. 2005. Characteristics of the Korean tuna purse fishery in the western and central Pacific Ocean. *J Kor Soc Fish Technol* 41(4), 263-270.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute), 2004. *Commercial fishes of the coastal and offshore waters in Korea*. Han-Geul Publ Co Ltd, 1-333.
- Okiyama M and Ueyanagi S. 1978. Interrelationships of scombroid fishes: An aspect from larval morphology. *Bull Far Fish Res Lap* 16, 103-113.
- Okiyama M. 1988. *An atlas of the early stage fishes in Japan*. Tokai University Press Tokyo, Japan, 608-624.
- Paine MA, McDowell JR and Graves JE. 2008. Specific identification using COI sequence analysis of Scombrid larvae collected off the Kona coast of Hawaii Island. *Ichthyol Res* 55, 7-16.
- Richards WJ. 2006. Scombridae. In: *Early stages of Atlantic fishes an identification guide for the western central North Atlantic-II*. Richards W.J, ed. Taylor and Francis USA, 2187-2227.
- Robertson MD, Ovenden JR and Barker SC. 2007. Identification of small juvenile scombrids from northwest tropical Australia using mitochondrial DNA cytochrome b sequences. *Ichthyol Res* 54, 246-252.
- Tamura K, Peterson D, Peterson N, Stecher G, Nei M and Kumara S. 2011. MEGA5: Molecular Evolutionary Genetics Analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol Bio Evol* 28, 2731-2739. (DOI: http://dx.doi.org/10.1093/molbev/msr121)
- Thompson JD, Higgins DG and Gibson TJ. 1994. CLUSTAL W:

- improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position specific gap penalties and weight matrix choice. Nucl Acids Res 22, 4673-4680. (DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/nar/22.22.4673>)
- Ueyanagi S. 1969. Observations on the distribution of tuna larvae in the Indo-Pacific Ocean with emphasis on the delineation of the spawning areas of albacore, *Thunnus alalunga*. Bull Far Seas Fish Res Lab 2, 177-256.
- WCPFC (Western and Central Pacific Fisheries Commission). 2014. Summary report of 10<sup>th</sup> regular session of the scientific Committee of Western and Central Pacific Fisheries Commission. ISBN 978-982-9103-31-4, 1-194.
- Yoo JT, Kim ZG, Kim JK and Ryu JH. 2012. Occurrence of a *Thunnus alalunga* Juvenile from Korea. Kor J Fish Aquat Sci 45, 180-182.(DOI:<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0180>)
- Yoon SC, Choi KH, Jeong YK, Lee DW and Ryu JH. 2013. Occurrence of longtail tuna (*Thunnus tonggol*) juvenile in Korean waters. J Kor Soc Fish Technol 49, 500-504. (DOI:<http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2013.47.4.500>)
- 
2015. 1.14 Received  
2015. 2.11 Revised  
2015. 2.16 Accepted