

흑전갱이, *Carangoides ferdau*의 형태적 특징 및 분자계통분류학적 위치

김준상 · 송춘복^{1,*}

한국수산자원관리공단 제주지사, ¹제주대학교 해양과학대학

Morphological Characteristics of the Blue Trevally, *Carangoides ferdau* (Perciformes: Carangidae) and its Phylogenetic Relationships among Korean Relatives by Joon Sang Kim and Choon Bok Song^{1,*} (Korea Fisheries Resources Agency, Jeju Branch, Jeju City 695-947, Korea; ¹College of Ocean Sciences, Jeju National University, Jeju City 690-756, Korea)

ABSTRACT As *Carangoides ferdau* was previously reported based on its underwater photograph, morphological descriptions have been incomplete up to the presence in Korea. On the base of two samples collected at the coast of Jeju island, morphological characters of *C. ferdau* are described in detail. This species is characterized by having the forepart of second dorsal fin much prolonged, 7~8 transverse dark bands on body, and snout length almost equal to eye diameter. It is morphologically very similar to *C. orthogroammus*, but is easily distinguished in having transverse dark bands instead of yellow spot on the body of *C. orthogroammus*. Phylogenetic relationships based on the mitochondrial cytochrome *b* (1,141 base pairs) sequences shows that *C. ferdau* is closely related to *C. orthogroammus*, and *C. dinema* also has a sister group relationship with *C. oblongus*. Both genetic distances (p-distances) are 8.2%, respectively.

Key words : *Carangoides ferdau*, Carangidae, morphological characteristics, phylogenetic relationships

서 론

농어목에 속하는 전갱이과 (Carangidae) 어류는 태평양, 인도양 및 대서양의 열대 및 아열대 해역에 널리 분포하며, 세계적으로 25속 140종이 알려져 있다. 이들 어류의 형태적 특징은 측선 위에 모비늘이 있고, 뒷지느러미 앞에 2개의 극조가 분리되며 꼬리지느러미의 상엽과 하엽이 깊게 갈라져있다 (Nelson, 2006). 한국산 전갱이과 어류는 16속 30종으로 제주도를 포함한 우리나라 남부해역에 주로 분포한다. 전갱이과에 포함되는 유전갱이속 (*Carangoides*) 어류는 전 세계에 22종이 알려져 있고, 우리나라에는 유전갱이 (*Carangoides uii*), 흑전갱이 (*C. ferdau*), 노랑점무늬유전갱이 (*C. orthogrammus*) 및 미늘전갱이 (*C. dinema*), 채찍유전갱

이 (*C. oblongus*), 흑전갱이 (*C. hedlandensis*)의 6종이 알려져 있다 (Kim *et al.*, 2005; Lim *et al.*, 2010). 이 가운데 흑전갱이는 Yoo *et al.* (1995)에 의해 형태형질의 상세한 기재 없이 제주도 연안에서 수중 촬영된 사진을 기반으로 한국 미기록으로 보고되었으나 이러한 경우 중동정의 정확성을 담보할 수 없다. 따라서 이 연구에서는 제주도에서 채집된 *C. ferdau* 2개체의 표본을 대상으로 형태적 특징을 상세하게 기재하였으며, 형태적인 특징과 함께 유사종들의 미토콘드리아 cytochrome *b* 염기서열 정보와 더불어 유전갱이속 어류 내에서 흑전갱이의 분자계통분류학적 위치를 알아보았다.

재료 및 방법

이 연구를 위하여 유전갱이속 (Genus *Carangoides*) 어류인 흑전갱이 (*C. ferdau*), 노랑점무늬유전갱이 (*C. orthogrammus*),

*Corresponding author: Choon Bok Song Tel: 82-64-754-3471
Fax: 82-64-756-3493, E-mail: cbsong@jejunu.ac.kr

유전갱이 (*C. uii*), 미늘전갱이 (*C. dinema*), 채찍유전갱이 (*C. oblongus*) 5종과 참조분류군으로 풀가라지 (*Decapterus macarellus*), 부시리 (*Seriola lalandi*), 잭방어 (*S. demerili*) 3종을 2008년부터 2009년까지 제주도 근해의 정치망과 자망으로 채집하였다. 채집된 표본은 DNA를 추출하기 위해 가슴지느러미 또는 근육 조직 일부분을 절단하였다. 절단된 조직은 실험 전까지 -50°C에 보관하였다. 생체 표본은 표본번호를 부여하고 10% 포르말린 용액에 고정한 후 80% 알코올로 옮겨 제주대학교 어류유전육종실의 표본실에 보관하고 있다. 본 종의 계수와 계측은 Gushiken (1983)의 방법을 따랐다.

흑전갱이의 유전갱이속 어류 내에서의 분자계통 진화적 위치를 알아보기 위한 염기서열 결정은 다음과 같이 진행하였다. 즉 total DNA는 시료로부터 25~50 mg의 기저 근육조직이나 지느러미로부터 QIAamp DNA Mini Kit (QIAGEN Inc.)를 사용하여 추출하였다. PCR 증폭은 Glu-F3 (5'-ACC ACC GTT GT (A/T/C) (A/T/G/C)TT CAA CTA-3')와 Pro-R (5'-TAG AAT (T/C) (T/C)T (G/A)GC TTT GGG AG-3')을 사용하여 미토콘드리아 cytochrome *b* 유전자 전체를 PCR 증폭하였다 (Kim and Song, 2011). PCR 반응 주기는 최초의 denaturing step을 위하여 94°C에서 2분 동안 1회 반응시키고, 이어서 94°C에서 45초, primer annealing을 위해 43°C에서 1분, primer extension을 위해 72°C에서 1분 30초의 반응 조건에서 총 30회 반복하였고, 최종적으로 72°C에서 7분 동안 마지막 extension을 실시하였다. PCR 산물은 Gel Extraction Kit (Takara Bio Inc., Japan)을 이용하여 정제한 후 pBlue-script II SK (-) (Stratagene Co.) 벡터에 삽입하였다. Sequencing 반응은 ABI PRISM BigDye Terminator Cycle Sequencing Kits (Applied Biosystems)을 이용하여 Peltier Thermal Cycler (PTC-225. MJ Research Inc.)에서 수행되었으며, 염기서열결정 시에는 T3와 T7 primer를 사용하였다.

염기서열 분석은 이 연구를 위해 표본으로부터 확보한 8종의 염기서열 (FK60447-FK60454)과 NCBI에 등록된 *C. armatus* (AP004444), *C. chrysophrys* (AF363742), *C. otrynter* (AF363744) 3종의 염기서열을 대상으로 실시하였다. 염기서열의 정렬은 DNAssist version 2.2 (Pattern and Graves, 2000) 프로그램을 이용하였으며, 염기조성과 종간의 유전학적 차이 (*p*-distance)는 MEGA 5.05 (Tamura *et al.*, 2011) 프로그램을 사용하여 계산하였다. 계통수는 neighbor joining (NJ)와 maximum parsimony (MP) 및 maximum-likelihood (ML) 방법을 이용하였다. NJ 계통수 작성은 MEGA 5.05 (Tamura *et al.*, 2011)를 사용하였고 MP와 ML 계통수는 PAUP version 4.0b8 (Swofford, 1998)을 사용하여 작성되었다. NJ 계통수는 Kimura-two-parameter 진화모델을 사용하였고 ML 방법을 이용한 분석은 MODELTEST Version 3.06 (Posada and Crandall, 1998)을 사용하여 분석 자료에 가장 적합한 진화모델

을 선택한 후 실시하였다. 그리고 MP 방법에 의한 분석 시에는 heuristic search 방법으로 사용하였다. NJ 방법과 MP 방법을 이용한 분석 결과 계통수에 생성된 각각의 internal node에 대한 신뢰성을 확인하기 위하여 10,000회의 bootstrapping 통계검증 (Felsenstein, 1985)을 실시하였다. ML 방법에 의한 분석 시 likelihood 조건들은 MODELTEST 결과에서 얻은 자료들을 사용하였다. 즉 염기조성은 A=0.2578, C=0.3817, G=0.1205, T=0.2400을 사용하였으며, estimated transition/transversion 비율과 함께 HYK+G+I 진화모델을 사용하여 실시하였다.

결과 토의

Carangoides ferdau (Forsskål, 1775)

(국명: 흑전갱이) (Fig. 1, Table 1)

Scomber ferdau Forsskål, 1775: 55 (Red Sea).

Carangoides ferdau: Williams, 1958: 392 (East Africa);

Gushiken, 1983: 233 (Japan); Shameem and Dutt, 1986:

160; Yoo *et al.*, 1996: 93 (Jeju Island, Korea).

관찰표본: JNU 20070921-1, 2, 표준체장 176~180 mm, 제주도 제주시 귀덕리, 정치망, 2007년 8월 21일.

비교표본: 노랑점무늬유전갱이, JNU 1185 제주도 제주시 용수, 정치망, 2007년 10월 13일; 유전갱이, JNU 0425, 제주도 서귀포시 신산리, 정치망, 2007년 8월 22일; 미늘전갱이, JNU 0424, 제주도 제주시 귀덕리, 정치망, 2007년 8월 25일; 채찍유전갱이 JNU 0426, 제주도 제주시 애월읍, 정치망, 2007년 8월 15일; 풀가라지; JNU 1198, 제주도 서귀포시 대포동, 정치망, 2007년 10월 3일; 부시리; JNU 1184, 제주도 서귀포시 대정읍, 주낙, 2007년 11월 3일; 잭방어, JNU 1199, 제주도 제주시 귀덕리, 정치망, 2008년 6월 10일.

형태적 특징: 계수치는 Table 1에 나타내었으며, 계측치는 체장에 대한 백분율 (%)로 나타내었다. 체고 47.3~48.5; 머리길이 29.1~29.2; 눈지름 7.3~7.7; 주둥이길이 8.1~8.5; 윗턱길이 10.3~10.4; 양안간격 10.3~11.3; 등지느러미까지 길이 38.7~39.7; 가슴지느러미까지 길이 32.3~33.0; 배지느러미까지 길이 34.8~35.4; 뒷지느러미까지 길이 59.3~59.8; 가장 긴 등지느러미 길이 26.3 (결손)~31.3; 가장 긴 가슴지느러미 길이 25.7 (결손)~33.6; 가장 긴 뒷지느러미 길이 22.3~24.0; 측선 곡선부 46.7~48.0; 측선 직선부 31.3~33.8.

몸의 체형은 장방형이고 측편되었으며, 눈 위 외곽선은 급격하게 곡선을 이룬다. 제2등지느러미와 뒷지느러미의 첫 번째 연조는 길게 되었으며, 뒷지느러미 연조보다 등지느러



Fig. 1. *Carangoides ferdau* (Forsskål), JNU20070921-1, 176 mm SL, Gwidek-ri, Jeju-si, Jeju Island.

Table 1. Comparison of the meristic characters of *Carangoides ferdau*

Meristic characters	Present study	Gushiken (1983)	Lin and Shao (1999)
Fork length (mm)	200-241 (n=2)	-	178-238 (n=2)
Standard length (mm)	176-213	158-220 (n=4)	-
Counts			
Dorsal fin rays	VIII-I, 32-33	VIII-I, 30-33	VIII-I, 31-34
Pectoral fin rays	i, 22	i, 20-22	i, 20-21
Pelvic fin rays	I, 5	-	-
Anal fin rays	II-I, 25-27	II-I, 25-27	II-I, 22-26
Scutes	26-30	25-28	26-31
Gill rakers	8-9+18-20	8-9+18-19	7-8+17-19

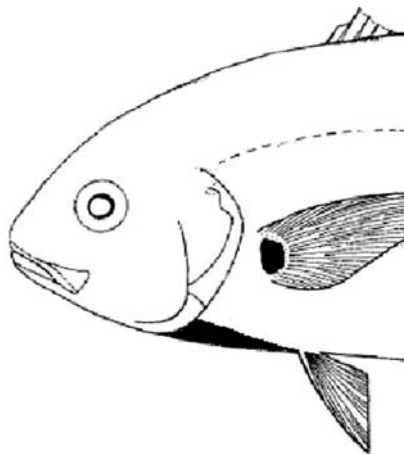


Fig. 2. Black parts indicate the naked area of breast.

미 연조가 길게 연장되었다. 가슴지느러미는 5번째 연조가 가장 길게 연장되었으며, 이 연조는 17번째 2등지느러미 연조 아래까지 도달된다. 주둥이는 약간 둥글고 윗턱은 눈의

1/3 지점까지 도달한다. 양턱에 작은 이빨이 있으며, 눈은 머리의 앞쪽에 위치한다. 아가미 뚜껑의 위쪽에는 불분명한 반점이 있다. 측선의 곡선부보다 직선부가 짧으며 직선부는 제2등지느러미 19번째부터 시작되어 꼬리지느러미 기부까지 이른다. 미병부에 있는 모비늘은 측선 전반부보다 크며 강하다. 가슴지느러미 기부와 흉부에는 비늘이 없다(Fig. 2). 꼬리지느러미는 중앙이 매우 들어간 가랑이 형태 (forked form)를 보이면서 양쪽 끝은 약간 뾰족하다.

표본이 신선할 때 몸의 등쪽은 푸른색을 띠며, 배부분은 하얀색을 띤다. 몸에는 7~8개의 분명한 가로줄 무늬가 나타났다. 각 지느러미의 기부 부분은 하얀색 및 노랑색을 띠고 말단은 검은색을 띤다. 꼬리지느러미 기부는 하얀색을 나타내며, 측선의 직선부는 어두운 색을 띤다. 포르말린 용액에 고정된 표본은 전체적으로 갈색으로 변하고 가로줄무늬는 희미해진다.

분포: 우리나라의 제주도에서 수중 촬영된 바 있다(Yoo et al., 1995). 외국에서는 일본(Senou, 2002), 동중국해(Randall and Lim, 2000), 대만(Lin and Shao, 1999), 인도해(Sha-

Table 2. *p*-distance (lower-left) and nucleotide difference (upper-right) among *Carangoides* species

Species	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>C. ferdau</i> (1)		93	155	166	152	156	140	144
<i>C. othogrammus</i> (2)	0.082		155	158	157	143	141	145
<i>C. uii</i> (3)	0.136	0.136		139	166	148	142	145
<i>C. armatus</i> (4)	0.145	0.138	0.122		159	150	149	149
<i>C. chrysophrys</i> (5)	0.133	0.138	0.145	0.139		158	157	143
<i>C. otrynter</i> (6)	0.137	0.125	0.130	0.131	0.138		147	149
<i>C. dinema</i> (7)	0.123	0.124	0.124	0.131	0.138	0.129		94
<i>C. oblongus</i> (8)	0.126	0.127	0.127	0.131	0.125	0.131	0.082	

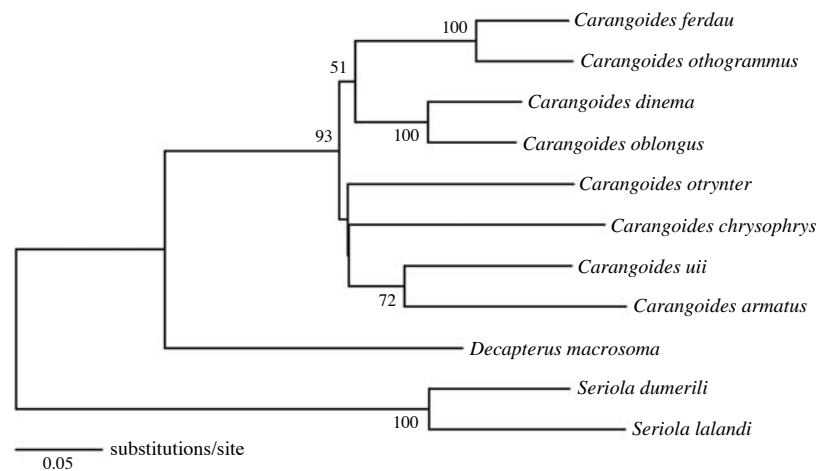


Fig. 3. Maximum likelihood (ML) tree based on cytochrome *b* DNA sequences obtained from 8 species of *Carangoides* fishes and 3 outgroup species (*Decapterus macrosoma*, *Seriola dumerili*, and *Seriola lalandi*). Bootstrap values (over 50%) are displayed on internal nodes.

meem and Dutt, 1986), 인도네시아 (Allen and Adrim, 2003) 등을 포함한 인도-태평양의 아열대 및 열대해역에 널리 분포하고 있다 (Smith-Vaniz, 1999).

분자계통분류학적 위치: Cytochrome *b* 유전자 (1,141 bp) 를 대상으로 유전갱이속 어류 간의 유전적인 다형 정도를 *p*-distance와 염기서열 차이로 나타낸 결과는 Table 2와 같다. 유전갱이속 어류의 염기서열 차이는 93~166 bp였고, *p*-distance는 0.082~0.145였다. 작성된 세 가지 계통수 (MJ, MP, ML)는 계통학적으로 차이가 없었기 때문에 대표적인 ML 방법으로 작성된 계통수를 Fig. 3에 나타내었다. 작성한 분자계통수에서 흑전갱이와 노랑점무늬유전갱이, 그리고 체적유전갱이와 미늘전갱이가 각각 계통학적으로 가장 가깝게 묶여서 자매군을 형성하였으며, 이들의 염기서열 차이 (*p*-distance)는 각각 0.082를 나타내었다.

비고: 유전갱이속 어류는 우리나라에서는 6종이 보고되었다. 이 가운데 *C. ferdau*는 제주도 연안에서 촬영된 수중 사진을 대상으로 “흑전갱이”라는 국명을 새롭게 붙여 보고하였으며 (Yoo *et al.*, 1995), Choi *et al.* (2002)은 도감을 발간하면서 이 종을 한국어류상 목록에 포함시켰고, Kim *et al.* (2005) 역시 확증표본의 사진 없이 그림과 함께 간단하게

형태적 특징을 기재함으로써 우리나라 어류상 목록에 포함시켰다. 따라서 이제까지 흑전갱이에 관한 형태적 특징 기재는 확증표본에 근거한 것이 아니기 때문에 이 연구에서는 제주도 연안에서 채집된 *C. ferdau* 2개체를 대상으로 형태적 특징을 면밀히 검토하였으며, 그 결과 기존의 *C. ferdau*의 형태형질에 대한 보고 (Senou, 2002)와 잘 일치하였기 때문에 채집한 표본을 *C. ferdau*로 동정하였고, 자세한 형태적 특징을 제시하였다. 한편, 흑전갱이 (*Carangoides ferdau*)는 제주도 주변해역에 분포하는 노랑점무늬유전갱이 (*C. orthogrammus*)와 형태적으로 매우 유사하지만, 흑전갱이는 몸에 7~8개의 가로줄이 있으며 (노랑점무늬유전갱이는 몸에 노랑반점이 있음), 문장 (snout length)이 눈의 지름과 거의 유사한 점 (노랑점무늬유전갱이는 눈의 지름보다 문장이 훨씬 큼)으로 노랑점무늬유전갱이와 쉽게 구별된다 (Senou, 2002).

요 약

수중사진으로만 보고되었던 흑전갱이 (*Carangoides fer-*

dau)에 관해서 제주도 연안에서 채집된 표본 2개체를 근거로 하여 형태적 특징을 상세하게 기재하였다. 이 종의 특징은 제2 등지느러미 전반부가 길고, 몸에 7~8개의 가로줄 무늬가 있으며 문장이 눈의 지름과 거의 유사하다는 점이다. 그리고 흑전갱이는 제주도 주변해역에 분포하는 노랑점무늬유전갱이 (*C. orthogroammus*)와 형태적으로 매우 유사하지만 몸통에 있는 가로줄무늬로, 몸통에 노란 반점을 가지는 노랑점무늬유전갱이와 쉽게 구분된다. 한편, cytochrome *b* 염기서열을 이용하여 작성한 분자계통수에서 흑전갱이와 노랑점무늬유전갱이, 그리고 채찍유전갱이와 미늘전갱이가 각각 계통분류학적으로 가장 가깝게 묶어서 자매군을 형성하였으며, 이들의 염기서열 차이 (*p*-distance)는 각각 8.2%를 나타내었다.

인 용 문 헌

- Allen, G.R. and M. Adrim, 2003. Coral reef fishes of Indonesia. *Zool. Stud.*, 42: 1-72.
- Choi, Y., J.-H. Kim and J.-Y. Park. 2002. Marine fishes of Korea. Kyo-Hak Publishing, Seoul, 640pp. (in Korean)
- Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution*, 39: 783-791.
- Forsskål, P. 1775. Descriptions animalium avium, amphibiorum, piscium, insectorum, vermium; quae in itinere orientali observavit. Post mortem auctoris edidit Carsten Niebuhr. Hauniae, 164pp.
- Gushiken, S. 1983. Revision of the carangid fishes of Japan. *Galaxea, Publ. Sesoko Mar. Sci. Cent. Univ. Ryukyus*, 2: 135-264.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyo-Hak Publishing, Seoul, 615pp. (in Korean)
- Kim, M.J. and C.B. Song. 2011. Origin of the Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri* and its molecular phylogenetic relationships to other *Siniperca* fishes. *Korean J. Ichthyol.*, 23: 95-105.
- Lim, Y.S., C.B. Kang, K.H. Han and J.G. Myoung. 2010. First record of a carangid fish species, *Carangoides hedlandensis* (Perciformes: Carangidae), in Korean waters. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 315-319.
- Lin, P.L. and K.T. Shao. 1999. A review of the carangid fishes (Family Carangidae) from Taiwan with descriptions of four new records. *Zool. Stud.*, 38: 33-68.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world. 4th ed, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 601pp.
- Posada, D. and K.A. Crandall. 1998. Modeltest: testing the model of DNA substitution. *Bioinformatics*, 14: 817-818.
- Pattern, H.G. and S. Graves. 2000. DNAssist: the integrated editing and analysis of molecular biology sequences in windows. *Bioinformatics*, 16: 652-653.
- Randall, J.E. and K.K.P. Lim. 2000. A checklist of the fishes of the South China Sea. *Raffles Bull. Zool. Suppl.*, 8: 569-667.
- Shameem, A. and S. Dutt. 1986. Fishes of the family Carangidae from Visakapatanam: List of species and new records from the Indian seas. *J. Mar. Biol. Ass. India*, 28(1 & 2): 159-162.
- Senou, H. 2002. Carangidae. In: Nakabo, T. (ed.), Fishes of Japan with pictorial keys to the species, English edition. Tokai Univ. Press, Tokyo, pp. 791-808.
- Smith-Vaniz, W.F. 1999. Carangidae. Jacks and scads (also trevallies, queenfishes, runners, amberjacks, pilotfishes, pampanos, etc.). pp. 2659-2756. In: Carpenter, K.E. and V.H. Niem (eds.), FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Vol. 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae). Rome, FAO, pp. 2069-2790.
- Swofford, D.L. 1998. PAUP: phylogenetic analysis using parsimony, version 4.0b8, Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Tamura, K., D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei and S. Kumar. 2011. MEGA5: Molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Mol. Bio. Evol.*, 28: 2731-2739.
- Williams, F. 1958. Fishes of the family Carangidae in British East African waters. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser. 13*, 1: 369-430.
- Yoo, J.M., S. Kim, E.K. Lee, W.S. Kim, C.S. Myoung and S.M. Lee. 1995. Marine fishes around Cheju Island. Hyunamsa, Seoul, 248pp. (in Korean)