KFAS 한국수산과학회지 Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences
한수지 55(5), 736-741, 2022

Original Article
Korean J Fish Aquat Sci 55(5),736-741,2022

한국산 연어과(Salmonidae) 어류 1미기록종, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum, 1792)

이유진 · 김진구*

부경대학교 해양생물학과

New Record of Chinook Salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum, 1792) (Salmoniformes: Salmonidae) from Sokcho, Korea

Yu-Jin Lee and Jin-Koo Kim*

Department of Marine Biology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

A single specimen (91.5 cm standard length) of the salmonid species, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum, 1792) was collected on April 19, 2022 in Sokcho-si, Gangwon-do, Korea. *O. tshawytscha* has the following morphological characteristics: base of lower jaw teeth is black, black spots are scattered on the dorsal section of body, and the edge of caudal fin is black. Although the species is morphologically similar to *Oncorhynchus kisutch*, *O. tshawytscha* differs from it in having black spots on the caudal fin. Molecular analysis results based on mitochondrial cytochrome *c* oxidase subunit I (COI) sequences showed that our specimen perfectly matched with the COI sequences of *O. tshawytscha* registered at the NCBI. Therefore, we suggest the new Korean name 'Wang-yeon-eo' for *O. tshawytscha*.

Keywords: New record, Korea, Salmonidae, *Onchorynchus*, *Oncorhynchus tshawytscha*

서 론

연어목(Salmoniformes)에 속하는 연어과(Salmonidae) 어류에는 전세계적으로 11속 226종(Fricke et al., 2022), 일본에는 20종(Motomura, 2020), 한국에는 열목어(*Brachymystax lenok*; Pallas, 1773), 곱사연어(*Oncorhynchus gorbuscha*; Walbaum, 1792), 연어(*O. keta*; Walbaum, 1792), 은연어(*O. kisutch*; Walbaum, 1792), 산천어/송어(*O. masou masou*; Brevoort, 1856), 무지개송어(*O. mykiss*; Walbaum, 1792), 홍송어(*Salvelinus leucomaenis*; Pallas, 1814)의 7종이 알려져 있다(MABIK, 2022). 연어과 어류는 북반구에 서식하는 냉수성 어종으로, 상업적 가치가 뛰어나 양식 대상종으로 매우 인기 있는 분류군이다(López et al., 2014). 이들 어류는 기름지느러미를 가지는 점, 모든 지느러미에 극조가 없는 점, 몸 전체가 크기가 작은 둥근비늘로 덮인 점이 주요한 특징이며, 유어 시기에는 체측에 Parr라 불리는 가로줄무늬가 존재한다(Nelson et al., 2016). 일부를 제외하고 대부분 성장을 위해 바다에서 머물다 산란을 위해 강으로 소상하는 소하성 어류이다(Royce, 2013). 국내에 보고된 연어과 어류는 Jordan and Metz (1913), Mori (1928), Mori and Uchida (1934) 등에 의해 최초 보고되었으며, 이후 Chyung (1961), Chyung (1977), Kim et al. (2005)에 의해 집필된 한국어류도감에 자세히 수록되어 있다. 그 외에도 Myoung and Kim (1993a), Myoung and Kim (1993b), Myoung et al. (1993)에 의한 난자치어 형태 및 골격 발달, 성적 이형 등 형태 특성에 관한 연구와 Kim et al. (2007)에 의한 분자특성에 관한 연구 등이 선행된 바 있다. 국외에는 계통분류, 유전적 구조 및 산란회유에 관한 연구가 활발히 진행되었다(Stearley and Smith, 1993; Center, 1989; Crespi and Fulton, 2004; Ford et al., 2004; Esteve and McLennan, 2007; Shedko et al., 2013; Mobley et al., 2021). 본 연구에 사용된 연어속 어류 1개체는 2022년 4월 19일 강원도 속초시에서 어업인에 의해 정치망으로 채집되었으며, 꼬리지느러미에 흑색 반점이 산재하는 점에서 기존에 보고된 연어과 어류와는 다른 것으로 확인되었다. 따라서 본 연구에서는 국내에서 처음 보고되는 연어속 어류의 확

***Corresponding author:** Tel: +82. 51. 629. 5927 Fax: +82. 51. 629. 5931
E-mail address: taengko@hanmail.net

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.

https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0736
Korean J Fish Aquat Sci 55(5), 736-741, October 2022
Received 21 August 2022; **Revised** 30 August 2022; **Accepted** 19 October 2022
저자 직위: 이유진(대학원생), 김진구(교수)

Copyright © 2022 The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

증 표본에 근거한 형태 및 분자 분석 결과를 자세히 기술하고 새로운 국명을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구에서 사용된 연어과 1개체는 2022년 4월 19일 강원도 속초시 대포항(38°12'51.1"N 128°36'24.5"E)에서 정치망으로 채집되었으며, 채집 수온은 12°C, 채집 수심은 30–40 m이다(Fig. 1). 채집된 시료는 부경대학교(Pukyong National University, PKU) 어류학실험실(Ichthyological Laboratory)로 운반하여 사진촬영 후 표본번호를 부여하였다. 이후 표본은 10% 포르말린에 약 13일 간 고정 후 7일간 수세한후 최종적으로 70% 알코올에 보관하였다. 형태 동정을 위해 Masuda et al. (1984) 및 Hosoya (2013)를 참고하였으며, 지느러미, 측선 비늘, 상횡렬린을 포함한 총 6개의 계수형질과 전장(total length, TL)과 체장(standard length, SL)을 포함한 20개의 계측형질을 분석하였다. 측정값은 체장, 두장, 문장에 대한 비율(%)로 환산하여 나타내었다.

Total DNA는 표본의 체측 조직에서 10% Chelex 100 resin (Bio-Rad, USA)를 이용하여 추출되었다. Polymerase chain reaction (PCR)은 mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit I (COI) 영역을 대상으로 진행하였으며, primer는 Ward et al. (2005)를 참고하였다. 증폭한 염기서열은 NCBI (National Center for Biotechnology Information)에 등록하여 accession number (OP175922)를 부여받은 후, BioEdit version 7 (Hall, 1999) 및 Clustal W (Thompson et al., 1994)을 이용하여 편집 및 정렬하였으며, 종 간 유전 거리는 MEGA X (Kumar et al., 2018)를 이용하여 Kimura 2-parameter 모델(Kimura, 1980)로 계산하였다. 종간 유연관계를 확인하기 위해 비교표본으로 NCBI에 등록된 *O. tshawytscha* (KX958414; KU867892), 은연어(*O. kisutch*; KX145490), 연어(*O. keta*; KX958413), 송어(*O. masou masou*; MG951607), 홍송어(*Salvelinus leucomaenis*; MF503661)를 이용하였으며, outgroup으로 날개줄고기과 1종(민어치, *Anoplagonus occidentalis*; LC125690)을 이용하였다. 계통수는 거리기반방법 중 하나인 Neighbor joining (NJ) tree로 나타냈으며 bootstrap은 1,000번 수행하였다.

결 과

Oncorhynchus tshawytscha (Walbaum, 1792) (Table 1, Fig. 1)

(New Korean name: Wang-yeon-eo)

Salmo tshawytscha Walbaum, 1792: 71 (Type locality: Kamchatka River, Russia)

Oncorhynchus tschawytscha: Son, 1980: 67 (North Korea); Chereshnev et al., 2001: 86 (Russia); Hosoya, 2013: 366 (Japan)

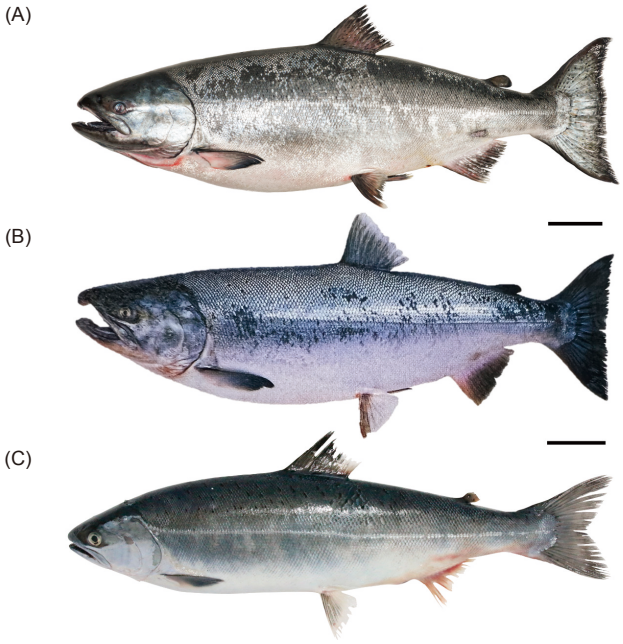

Fig. 1. Photos of *Oncorhynchus* spp. A, *Oncorhynchus tshawytscha*, MABIK PI00058426, 91.5 cm in standard length; B, *Oncorhynchus kisutch*, cited from Nakabo and Matsuzawa (2018), 88 cm in fork length; C, *Oncorhynchus masou masou*, PKU 57361, cited from Kim et al. (2019). Scale bars indicate 10 cm.

Oncorhynchus tshawytscha: Berg, 1948: 188 (Russia); Okada, 1961: 309 (Japan); Migdalski and Fichter, 1976: 116 (Canada); Lee at al., 1980: 96 (USA); Masuda et al., 1984: 40 (Japan); Burton and Lea, 2019: 41 (USA)

관찰표본

Oncorhynchus tshawytscha: 표본번호 MABIK PI00058426 (이전번호, PKU 62984), 1개체, 91.5 cm SL, 강원도 속초시 (38°12'51.1"N 128°36'24.5"E), 2022년 4월19일, 정치망, 채집자 정연수.

비교표본

송어(*Oncorhynchus masou masou*): 표본번호 PKU 10137, 1개체, 36.4 cm SL, 강원도 동해시 묵호어시장(37°32'40"N 129°6'58.9"E), 2015년 12월29일, 채집자 유효재.

기재

연어과 1개체의 계수 및 계측값은 Table 1에 나타내었다. 몸은 방추형으로 체고가 높은 편이다. 몸에 비해 머리가 크고 눈은 작은 편이다. 입은 큰 편으로 위턱의 뒤끝이 눈을 지난다. 주둥이 선단부는 눈을 가로지르는 수평선보다 아래쪽에 위치한다. 양턱에는 작은 송곳니가 1열로 나 있으며 이빨의 기저부는 검

다. 주둥이부터 등지느러미 기점까지의 경사는 완만하다. 가슴지느러미는 체측 정중선보다 아래쪽에 위치하며, 배지느러미는 등지느러미 기점보다 뒤쪽에 위치한다. 모든 지느러미는 연조로만 이루어져 있는데 등지느러미 14개, 가슴지느러미 17개, 배지느러미 10개, 뒷지느러미 17개를 가진다. 등지느러미 기저 길이는 짧은 편이며 기름지느러미가 1개 있다. 뒷지느러미는 등지느러미와 기름지느러미 사이에 위치하며 기저 길이가 짧은 편이다. 항문은 뒷지느러미 시작점 바로 앞에 위치한다. 꼬리자루 높이가 상당히 높다. 꼬리지느러미는 수직형에 가까운 이중만입형이다. 측선 비늘 수는 154개로 많고 측선 모양이 일

Table 1. Comparison of the counts and measurements of *Oncorhynchus tshawytscha* and *O. masou masou*

Morphometric characters	*O. tshawytscha*			*O. masou masou*
	Present study (MABIK PI00058426)	Walbaum (1792)	Rosenfield (1998)	Present study (PKU 10137)
Standard length (SL, cm)	91.5	-	45.0-85.5	36.4
Head length (HL, cm)	22.5	-	-	9.1
Counts				
Dorsal fin rays	14	12	10-14	14
Anal fin rays	17	15	14-19	14
Pectoral fin rays	17	15	-	15
Pelvic fin rays	10	10	-	10
LLp	154	-	130-165	139
Measurements				
% of SL				
Body depth	26.2	-	22.0-29.1	28.8
Head length	24.6	-	23.7-34.1	25.0
Head depth	22.4	-	-	22.8
Snout length	8.6	-	-	7.7
Orbital diameter	2.6	-	1.7-2.7	3.6
Interorbital length	10.2	-	-	8.5
Postorbital length	14.0	-	-	13.8
Upper jaw length	13.1	-	13.4-20.8	13.7
Preanus length	72.1	-	-	72.5
Predorsal length	48.9	-	-	50.0
Prepectoral length	25.7	-	-	21.9
Prepelvic length	55.7	-	-	52.9
Dorsal fin base length	10.9	-	-	14.6
Anal fin base length	12.0	-	-	11.2
Pelvic fin length	7.9	-	-	11.7
Pectoral fin length	13.1	-	-	14.7
Caudal peduncle depth	7.7	-	7.4-9.7	7.6
Caudal peduncle length	6.1	-	-	17.3
% of HL				
Head depth	91.1	-	-	91.2
Snout length	34.8	-	-	30.8
Orbital diameter	10.7	-	-	14.3
Interorbital length	41.3	-	-	34.1
Postorbital length	57.1	-	--	55.4
Upper jaw length	53.3	-	-	54.8

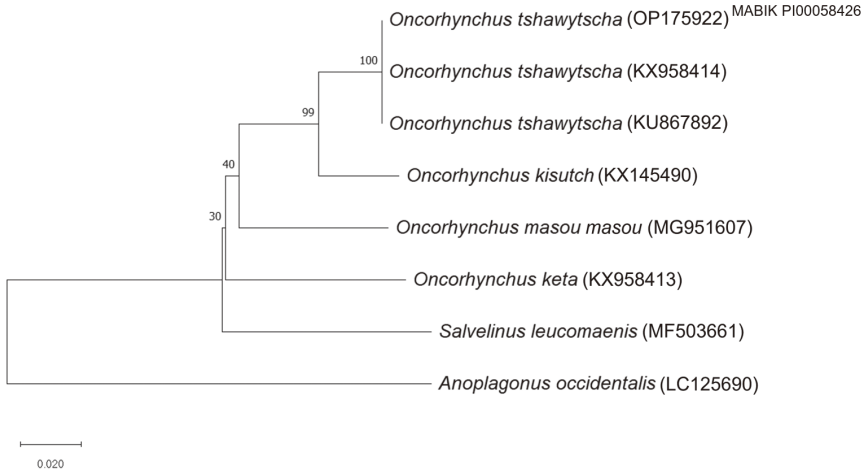

Fig. 2. Neighbor-joining tree showing relationships among five salmonid species and one outgroup (*Anoplagonus occidentalis*) based on the mtDNA COI sequences. Neighbor-joining tree was constructed by K2P model. Numbers at branches indicate bootstrap probabilities in 1,000 bootstrap replications. The scale bar indicates genetic distance of 0.02. Parentheses indicate the National Center for Biotechnology Information (NCBI) registration number and superscript indicates the voucher number.

직선에 가깝다. 몸은 전체적으로 작은 둥근 비늘로 덮여 있다.

체색

산란기가 아닐 때, 몸의 등쪽은 약간 어두운 회색을 띠며, 배쪽은 은백색을 띤다. 몸의 등쪽에는 무수히 많은 검은색 반점이 산재한다. 가슴지느러미 안쪽은 밝은색을 띠지만 가장자리는 검다. 등지느러미, 배지느러미, 기름지느러미, 뒷지느러미는 전반적으로 검다. 꼬리지느러미 가장자리는 가장자리가 짙은 검은색을 띠며 꼬리지느러미 전체에 검은색 반점이 산재한다.

분포

한국 동해(본 연구), 일본, 러시아, 미국, 캐나다 등의 주로 수온이 낮은 해역에 분포하며, 산란기에 강으로 소상한다(Froese and Pauly, 2022).

분자동정

본 표본의 mtDNA COI 영역 591 bp를 확보하였으며, 이를 연어속(*Oncorhynchus*) 4종 및 곤들매기속(*Salvelinus*) 1종과 비교한 결과, NCBI에 등록된 *O. tshawytscha* (KX958414, KU867892)와 100% 일치하는 결과를 보였다. 은연어(*O. kisutch*, KX145490)와는 4.8%, 송어(*O. masou masou*, MG951607)와는 9.3%, 연어(*O. keta*)와는 11.2%, 홍송어(*Salvelinus leucomaenis*, MF503661)와는 12.1% 유전거리를 보여 명확히 구분되었다(Fig. 2).

고 찰

2022년 4월 19일, 강원도 속초시에서 정치망으로 채집된 연어과 어류 1개체의 형태 및 분자 특징을 면밀히 분석한 결과, 한국에는 아직 보고된 바 없는 *Oncorhynchus tshawytscha*로 확인되었다. 북한에는 조선동해어류지(Son, 1980)에서 “왕송어”라는 방언으로 보고되어 있으며 원산 이북지역에 서식하는 것으로 알려져 있다. 본 종은 연어속(*Oncorhynchus*) 중에서 가장 대형종으로 알려져 있으며 북한, 일본, 베링해, 캐나다 등 북태평양에 서식하는 것으로 알려져 있다(Migdalski and Fichter, 1976; Son, 1980). 최근에는 마다가스카르와 뉴질랜드 등 남반구 해역에 도입되어 있는 것이 확인되었다(McDowall and Roberts, 2015; Fricke et al., 2018). *O. tshawytscha*는 주로 9–12°C 수온을 선호하는 것으로 알려져 있으며(Hinke et al., 2005), 본 종이 채집된 해역의 수온은 약 11–12°C로 서식 수온과 적합한 것으로 확인되었다. *O. tshawytscha*의 산란기는 7월 말부터 12월까지로 알려져 있고 산란 전에 모천으로 회귀하는 습성을 가져(Fulton, 1968), 국내 산란 가능성에 관한 향후 모니터링 연구가 필요하다.

본 종은 서골치와 구개골치가 서로 이어지지 않고 ‘小’자 형태로 분리되어 있는 점, 몸의 등쪽과 꼬리지느러미에 작은 흑점이 산재하는 점, 아래턱 이빨의 기저부가 검은 점에서 Walbaum (1972)가 보고한 *O. tshawytscha*와 잘 일치하였다. 본 종은 은연어(*O. kisutch*) 및 송어(*O. masou masou*)와 형태적으로 매우 유사하나, 꼬리지느러미의 흑색 반점 유무로 쉽게 구분된다(본종은 흑색 반점 있음 vs. 은연어, 송어는 없음). 한편 본종은 연어(*O. keta*)와 몸의 등쪽에 흑색 반점의 분포(본종은 매우 많음 vs. 연어는 거의 없음), 꼬리지느러미 모양(본종은 이중만입형 vs. 연어는 양엽형)에서 쉽게 구분된다. 분포해역에 따른 유전적 변이 또는 잠재종 여부를 파악하기 위해 mtDNA COI 염기서열을 알래스카에서 보고된 *O. tshawytscha* 염기서열과 비교한 결과 100% 일치하여 본종이 매우 광범위한 회유범위를 가지거나

또는 충분한 분화역사를 가지지 못한 것으로 추정된다. 본 종은 Lee et al. (1999)이 집필한 원양어류도감에 왕연어로 기재되어 있으며, 이후 국립수산과학원, 국립생물자원관, 북태평양소하성어류위원회(NPAFC, 2022)에서도 본 명을 따르고 있다. 따라서 Lee et al. (1999)에 따라 우리나라 강원도 속초에서 첫 출현한 본 종의 국명으로 '왕연어'를 따르고자 한다.

사 사

이 논문은 2022년 국립해양생물자원관(2022M01100)의 재원으로 수행된 연구입니다. 시료 채집에 도움을 주신 강원도 속초시 정연수님과 논문을 세심하게 검토해주신 세분 심사 위원께 감사드립니다.

References

Berg LS. 1948. Ryby presnych vod SSSR i sopredelnych stan. In: Freshwater Fishes of the US S R and Adjacent Countries 4th ed. vol. 1. Opredeliteli po Fauna, Moscow, Russia, 27, 188.

Brevoort JC. 1856. Notes on some Figures of Japanese Fish: Taken from Recent Specimens by the Artists of the US Japan Expedition. Beverley Tucker, Washington D.C., U.S.A., 253-288. https://doi.org/10.5962/bhl.title.13771.

Burton EJ and Lea RN. 2019. Annotated checklist of fishes from Monterey Bay National Marine Sanctuary with notes on extralimital species. ZooKeys 887, 41. https://doi.org/10.3897/zookeys.887.38024.

Center AF. 1989. Genetic population structure of Chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, in the Pacific Northwest. Fish Bull 87, 239-264.

Chereshnev IA, Shestakov AV and Skopets MB. 2001. Guide to freshwater fishes in the Russian north-east. Dalnauka, Vladivostok, Russian, 86.

Chyung MK. 1961. Illustrated Encyclopedia the Fauna of Korea (2) Fishes. The Ministry of Education, Seoul, Korea, 147-155.

Chyung MK. 1977. The Fishes of Korea. Iljisa, Seoul, Korea, 121-131.

Crespi BJ and Fulton MJ. 2004. Molecular systematics of Salmonidae: combined nuclear data yields a robust phylogeny. Mol Phylogenet Evol 31, 658-679.https://doi.org/10.1016/j.ympev.2003.08.012.

Esteve M and McLennan DA. 2007. The phylogeny of *Oncorhynchus* (Euteleostei: Salmonidae) based on behavioral and life history characters. Copeia 2007, 520-533. https://doi.org/10.1643/0045-8511(2007)2007[520:TPOOES]2.0.CO;2.

Ford MJ, Teel D, Van Doornik DM, Kuligowski D and Lawson PW. 2004. Genetic population structure of central Oregon Coast coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Conserv Genet 5, 797-812. https://doi.org/10.1007/s10592-004-1983-5.

Fricke R, Eschmeyer WN and Fong JD. 2022. Eschmeyer's Catalog of Fishes. Retrieved from http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp on Aug 6, 2022.

Fricke R, Mahafina J, Behivoke F, Jaonalison H, Léopold M and Ponton D. 2018. Annotated checklist of the fishes of Madagascar, southwestern Indian Ocean, with 158 new records. Fishtaxa 3, 1. https://doi.org/10.11646/zootaxa.5065.1.1.

Froese R and Pauly D. 2022. FishBase. Retriveved from www.fishbase.org, version on Aug 6, 2022.

Fulton LA. 1968. Spawning areas and abundance of Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in the Columbia River Basin: past and present. United States Department of the Interior, US Fish and Wildlife Service Special Scientific Report Fisheries, Washington D.C., U.S.A.

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.

Hinke JT, Watters GM, Boehlert GW and Zedonis P. 2005. Ocean habitat use in autumn by Chinook salmon in coastal waters of Oregon and California. Mar Ecol Prog Ser 285, 181-192. https://doi.org/10.3354/meps285181.

Hosoya K. 2013. Salmonidae. In: Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. 3rd ed. Nakabo T, ed. Tokai Univ Press, Tokyo, Japan, 362-367.

Jordan and Metz CW. 1913. A Catalog of the Fishes Known from the Waters of Korea. Vol. 6. Memoirs of the Carnegie Museum, Pittsburgh, PA, U.S.A.

Kim GE, Kim CG and Lee YH. 2007. Genetic similarity-dissimilarity among Korea Chum salmons of each stream and their relationship with Japan salmons. The Sea 12, 94-101.

Kim IS, Choi Y, Lee CL, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., Seoul, Korea, 155-159.

Kim JK, Ryu JH, Kwun HJ, Ji HS, Park JH, Myoung SH, Song YS, Lee SJ, Yu HJ, Bae SE, Jang SH and Lee WJ. 2019. Distribution Map of Sea Fishes in Korean Peninsula. Ministry of Oceans and Fisheries, Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion and Pukyong National University, Busan, Korea, 119-121.

Kimura M. 1980. A simple method for estimating evolutionary rate of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. J Mol Evol 16, 111-120. https://doi.org/10.1007/BF01731581.

Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C and Tamura K. 2018. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. Mol Biol Evol 35, 1547-1549. https://doi.org/10.1093/molbev/msy096.

Lee DS, Gilbert CR, Hocutt CH, Jenkins RE, McAllister DE and Stauffer Jr JR. 1980. Atlas of North American freshwater fishes. North Carolina State Museum of Natural History,

Raleigh, NC, U.S.A., 96.
Lee JU, Kim YU, Park YC, Moon DY, Kim JB and Kim JK. 1999. Fishes of the Pacific Ocean. Hanguel Graphics, Busan, Korea, 81-246.
López D, Enrione J and Matiacevich S. 2014. Possible use of waste products from the Salmon industry: Properties of Salmon gelatin. In Salmon: Biology, Ecological Impacts and Economic Importance. Nova Science Publishers, Inc., New York, NY, U.S.A., 1-8.
MABIK (Marine Biodiversity Institute of Korea). 2022. National List of Marine Species. Namu, Seocheon, Korea, 7.
Masuda H, Amaoka K, Araga C, Uyeno T and Yoshino T. 1984. The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai University Press, Tokyo, Japan, 40.
McDowall RM and Roberts CD. 2015. 63 Family Salmonidae. In: The Fishes of New Zealand vol. 2. Roberts CD, Stewart AL and Struthers CD, eds. Te Papa Press, Wellington, New Zealand, 409-417.
Migdalski EC and Fichter GS. 1976. The Fresh and Salt Water Fishes of the World. Random House, New York, NY, U.S.A., 116.
Mobley KB, Aykanat T, Czorlich Y, House A, Kurko J, Miettinen A, Moustakas-Verho J, Salgado A, Sinclair-Waters M, Verta J-P and Primmer CR. 2021. Maturation in Atlantic salmon (Salmo salar, Salmonidae): a synthesis of ecological, genetic, and molecular processes. Rev Fish Biol Fish 31, 523-571. https://doi.org/10.1007/s11160-021-09656-w.
Mori T and Uchida K. 1934. A revised catalogue of the fishes of Korea. J Chosen Nat Hist Soc 19, 12-33.
Mori T. 1928. A catalogue of the fishes of Korea. J Pan-Pac Res Ins 3, 3-8.
Motomura H. 2020. List of Japan's all fish species. Current standard Japanese and scientific names of all fish species recorded from Japanese waters. The Kagoshima University Museum, Kagoshima, Japan, 31.
Myoung JG and Kim YU. 1993a. Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces: Salmonidae) in Korea-I. Egg development and morphology of alevin, fry and smolt of chum salmon, *Oncorhynchus keta*. Kor J Ichthyol 5, 53-67.
Myoung JG and Kim YU. 1993b. Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces: Salmonidae) in Korea-II. Osteological development of chum salmon, *Oncorhynchus keta* in alevin, fry and smolt stage. Kor J Ichthyol 5, 68-84.
Myoung JG, Hong KP and Kim YU. 1993. Morphological study of *Oncorhynchus* spp. (Pisces: Salmonidae) in Korea-III. Sexual dimorphism of chum salmon, *Oncorhynchus keta*. Kor J Ichthyol 5, 85-95.
Nakabo T and Matsuzawa Y. 2018. The Natural History of the Fishes of Japan. Shōgakukan, Tokyo, Japan, 138.
Nelson JS, Grande TC and Wilson MVH. 2016. Fishes of the World. 4th ed. John Wiley and Sons, NJ, U.S.A., 244-245.
NPAFC (North Pacific Anadromous Fish Commission). 2022. NPAFC Statistics: Description of Pacific Salmonid Catch and Hatchery Release Data Files. Retrieved from https://npafc.org on Sep 6, 2022.
Okada Y. 1961. Studies on the Freshwater Fishes of Japan. Prefectural University of Mie, Mie, Japan, 1-860.
Pallas PS. 1773. Reise durch Verschiedene Provinzen des Russischen Reiches, Vol. 3. Kayserlichen Academie der Wissenschaften, St Petersburg, Russia, 716.
Pallas PS. 1813. Zoographia Rosso-Asiatica, Sistens Omnium Animalium in Extenso Imperio Rossico et Adjacentibus Maribus Observatorum Recensionem, Domicilia, Mores et Descriptiones Anatomen Atque icones Plurimorum. Vol. 3. Academia Scientiarum, Petropolis, Brazil, 356.
Rosenfield JA. 1998. Detection of natural hybridization between pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in the Laurentian Great Lakes using meristic, morphological, and color evidence. Copeia 3, 706-714. https://doi.org/10.2307/1447801.
Royce WF. 2013. Introduction to the Fishery Sciences. Academic Press, Cambridge, MA, U.S.A., 116-117.
Shedko SV, Miroshnichenko IL and Nemkova GA. 2013. Phylogeny of salmonids (Salmoniformes: Salmonidae) and its molecular dating: analysis of mtDNA data. Russ J Genet 49, 623-637. https://doi.org/10.1134/S1022795413060112.
Son YH. 1980. Fishes in the East Sea of North Korea. Science, Encyclopedia Publisher, Pyongyang, North Korea, 65-73.
Stearley RF and Smith GR. 1993. Phylogeny of the Pacific trouts and salmons (*Oncorhynchus*) and genera of the family Salmonidae. Trans Am Fish Soc 122, 1-33. https://doi.org/10.1577/1548-8659(1993)122%3C0001:POTPTA%3E2.3.CO;2.
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. Nucleic Acids Res 22, 4673-4680. https://doi.org/10.1093/nar/22.22.4673.
Walbaum JJ. 1792. Petri Artedi Sueci Genera Pisciu, In Quibus Systema Totum Ichthyologiae Proponitur Cum Classibus, Ordinibus, Generum Characteribus, Specierum Differentiis, Observationibus Plurimis, Redactis Speciebus 242 ad Genera 52, Ichthyologiae Pars III. Ant Ferdin Röse, Grypeswaldiae, Germany, 69-71.
Ward RD, Zemlak TS, Innes BH, Last PR and Hebert PDN. 2005. DNA barcoding Australia's fish species. Phil Trans R Soc B 360, 1847-1857. https://doi.org/10.1098/rstb.2005.1716.