

수입 관상어 5종의 다양한 표현형과 유전적 특성

손민영 · 강경식 · 우원식 · 김경호 · 손하정 · 윤승운* · 박종영** · 박찬일†
경상국립대학교(연구원) · *전북대학교(강사) · **전북대학교(교수) · †경상국립대학교(교수)

Various Phenotypes and Genetic Characteristics of Five Imported Ornamental Fish Species

Min-Young SOHN · Gyoungsik KANG · Won-Sik WOO · Kyung-Ho KIM · Ha-Jeong SON ·
Seung-Woon YUN* · Jong-Young PARK** · Chan-Il PARK†

GyeongSang National University(researcher) · *JeonBuk National University(lecturer) ·
**JeonBuk National University(professor) · †GyeongSang National University(professor)

Abstract

Recently, as the demand for ornamental fish has increased due to the expansion of the ornamental fish market, various species are being imported, but the possibility of new species or species that have not been reported is increasing. In particular, there are concerns about problems such as the introduction of diseases and ecosystem disturbance, so the need for systematic quarantine of ornamental fish is increasing. Currently, ornamental fish, as designated quarantine items, are under quarantine in accordance with the Aquatic Organism Disease Control Act. However, due to a diverse range of breeds and dispersed packaging, quarantine takes a long time, and there are concerns that this may lead to death. To solve these problems, it is important to establish a list of ornamental fish breeds and basic research. In this study, we aim to improve the speed and accuracy of quarantine by visually observing and genetically confirming the relationship between the phenotype and genotype of ornamental fish.

Key words : Ornamental fish, Quarantine, Phenotype, Genotype

I. 서론

수산업은 식용 목적의 양식과 같은 1차 산업에서 2·3차 산업의 형태로 진화되고 있으며 관상어 산업은 식용 어종에 비해 고부가가치를 가지고 있어 전 세계적으로도 산업의 규모가 확대되고 있다(Lee et al., 2011). 세계적으로 교역되고 있는 관상어 품종은 해수어와 담수 관상어를 포함하여 6,000여 종이 넘으며, FAO (Food and

Agriculture Organization of the United Nations)의 세계 관상어 교역 현황으로 볼 때 2017년 기준 세계 관상어 교역액은 628,023 천 달러이며, 교역량은 33,590톤으로 확인되었다(FAO, 2017). 국립수산물품질관리원(National Fishery Products Quality Management Service)의 수입(수출)검역 통계를 통해 우리나라로 수입되는 관상어의 품종과 국가, 건수, 중량, 금액을 확인할 수 있으며, 2018년 수입 관상어 중 주요 수입국은 태국과 인도네시아,

† Corresponding author : 055-672-9153. vinus96@hanmail.net

※ 이 논문은 2023년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20200470, 관상어 전자도감 개발).

싱가포르, 대만, 스리랑카 등으로 대부분 동남아시아에서 수입되는 것으로 나타났다(Alex, 2012; Kim, 2015).

이처럼 최근 관상어 시장의 확장과 함께 관상어에 대한 수요가 늘어나면서 다양한 품종이 수입되고 있지만, 관상어의 경우 새롭게 수입되는 품종이나 아직 질병에 대한 보고가 제대로 이루어지지 않은 품종들이 대거 수입될 가능성이 높아 질병 매개체로서 질병의 유입 문제가 있으며, 위해 생물 유입에 따른 생태계 교란 등의 문제점 발생 우려로 체계적인 관상어 검역의 필요성이 점점 더 요구되고 있다(Jung, 2018). 이러한 질병 유입 문제를 방지하기 위해 관상어의 경우 지정 검역물로서 수산생물질병 관리법 및 수출입 수산생물 지정검역물의 검역 방법 및 기준 등에 관한 고시에 따라 국립수산물품질관리원에서 검역을 실시하고 있다(National Fishery Products Quality Management Service). 하지만 다수의 품종에 의해서 시간이 많이 소요되는 문제가 발생하고, 관상어는 수십 년 동안 "관상"이라는 특정 목적을 가지고 번식되어 왔기 때문에 여러 다양한 품종이 이미 개발되었고, 더불어 새로운 품종이 계속해서 개발되고 있다. 따라서 관상어 시장에서는 "품종"이라는 개념에 대한 혼란이 나타나고 있고, 관상어 검역 시 수산생물검역관은 관상어 도감이나 자신의 know-how 등을 활용하여 검역을 실시하여 시간이 많이 소요되고 비효율적인 검사가 진행되고 있다. 게다가 종을 오판하여 부적절한 질병 진단을 시도하고 있어 시간이 많이 소요되는 문제들이 있다. 해당 문제들을 해결하기 위해서는 우선적으로 관상어 품종 리스트 확립 및 관상어의 기초적인 연구와 관련된 품종에 대한 핵심적인 개념 정립이 중요할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는, 관상어의 표현형과 유전형간의 관계를 파악하여 육안적인 측면에서 관상어들의 형태학적 특징을 관찰하고, 이를 유전적인 측면에서 확인하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 방법

가. 조사 대상

본 연구에 사용된 16마리의 실험어는 그린피쉬 수족관에서 택배 배송, 혹은 고속버스 택배를 이용해 (사)대한수산질병관리사회에서 받아 경상국립대학교로 전달되었다.

나. 형태분석

수입된 관상어의 원산지 주변의 어류를 수록한 도감을 참조하고(Allen and Erdman, 2012), 해당 분류군의 형태분류학적 논문을 참조하여 형태학적 분류 형질을 비교하여 동정하였다.

구피류 육안동정 기준으로는, International Fancy Guppy Association (IFGA)에서 규정하는 구피의 형질을 기반으로 색 계열(color strain), 체색(body color), 꼬리지느러미의 형태(caudal shape), 꼬리지느러미의 색(caudal color), 눈의 색(eye color), 그리고 체측 반문(body pattern)을 육안으로 관찰하여 동정하였다(IFGA, 2008).

American Goldfish Association (AGA)에서 규정하는 금붕어 외형을 기반으로 금붕어의 체장, 꼬리지느러미의 형태, 그리고 등지느러미의 유무를 육안으로 관찰하여 동정하였다(AGA, 2014). Tamaru et al.(2001)을 참고하여 플라티의 색 변이(color variety), 꼬리지느러미의 변이(caudal fin modification), 그리고 등지느러미의 변이(dorsal fin modification)를 육안으로 관찰하여 동정하였다.

엔젤피쉬를 육안으로 관찰한 후 논문을 기반으로 작성된 관련 웹사이트에서 표현형을 참고하여 동정하였다(Aquatic Community, Angelfish Genetics, 2004). Alexandrou와 Martin(2011)이 제시한 코리도라스과의 9계통을 기초로 참고하여 주둥이의 길이(length of snout), 체형(body type), 그리고 체색 및 체측 반문(body color and body pattern)을 육안으로 관찰하여 동정하였다(Alexandrou and Martin, 2011).

다. 분자분석

(1) Genomic DNA 추출

어류의 기저 근육조직 또는 꼬리지느러미를 채취한 후 AccuPrep® Genomic DNA Extraction Kit (Bioneer)를 이용하여 genomic DNA 시료를 추출하였다. DNA의 농도와 순도는 NanoDrop (Thermo Fisher scientific)을 이용하여 확인하였다.

(2) Polymerase Chain Reaction (PCR) 증폭

핵 DNA 내의 mitochondrial DNA cytochrome c oxidase subunit I (mtDNA COI)을 표적으로 하는 Lakra et al. (2011)의 universal primer sets와 mtDNA의 16s rRNA를 표적으로 하는 Palumbi et al. (1996)의 universal primer sets를 사용하여 유전 분석을 수행하였다(<Table 1>). PCR 반응은 약 100 ng/μL의 genomic DNA 1 μL와 10 pmol의 forward • reverse primer를 각각 1 μL, ExPrime Taq Premix (2X) (GeNetBio) 10 μL를 섞은 후, 최종 volume이 20 μL가 되도록 3차 증류수를 혼합하여 TaKaRa PCR Thermal Cycler Dice (TaKaRa)에서 반응시켰다. PCR 반응 주기는 COI의 경우, 최초의 denaturing step을 위하여 94°C에서 2분 동안 1회 반응시키고, 그 후 반복 주기로써 94°C에서 40초, primer annealing을 위해 54°C에서 40초, primer extension을 위해 72°C에서 1분씩 총 35회를 반응시켰고, 최종적으로 72°C에서 10분 동안 마지막 extension을 실시하였다. 16s rRNA의 경우, 최초의 denaturing step을 위해 94°C에서 2분 동안 1회 반응시키고, 그 후 반복 주기로써 94°C에서 1분, primer annealing을 위해 53°C

에서 1분, primer extension을 위해 72°C에서 2분씩 총 35회를 반응시켰고, 최종적으로 72°C에서 4분 동안 마지막 extension을 실시하였다.

PCR amplification은 1X TAE buffer에 0.5 μg/mL ethidium bromide가 첨가된 1.5% agarose gel (SeaKem® LE Agarose)에 PCR amplification과 1 kb DNA ladder (TaKaRa)를 동시에 loading 하여 band의 크기를 비교한 후 유전자를 확인하였다. 그 후 효과적으로 증폭된 amplification을 Gel Extraction Kit (QIAGEN)로 정제하였다.

(3) 유전자 염기서열 분석

정제된 PCR amplification의 sequencing 반응은 바이오니아(주)에 의뢰하여 실시하였다. 이를 통해 얻은 서열은 서열 유사성 확인을 통해 서열의 특성 및 유전학적 표현형을 확인하여 종 동정을 하였고 계통수를 분석하였다. 실험에 사용된 16마리의 계통수 분석은 Molecular evolutionary genetics analysis (MEGA) version 4.0 program의 neighbor-joining (NJ)법을 이용하여 제작하였으며, bootstrap을 1,000번 반복 수행하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 형태학적 특성

실험에 사용된 16마리를 형태학적으로 동정한 결과, 모스코 블루 구피와 풀 블랙 구피, 알비노 풀 레드 구피, 옐로우 텍시도 구피, 레드 텍시도 구피, 옐로우 브론즈 구피로 확인되었으며, 홍백

<Table 1> PCR primers used in this study

Target	Primer	Sequence (5'-3')
16S rRNA	16SarF	CGCCTGTTTATCAAAAACAT
	16SarR	CCGGTCTGAACTCAGATCACGT
Cytochrome c oxidase I (COI)	FishF1	TCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC
	FishR1	TAGACTTCTGGGTGGCCAAAGAATCA

난주와 홍백 오란다 난주, 코메트 금붕어로 확인되었다. 또한 레드 벌룬 플라티와 왁 플라티로 확인되었고, 레전드 파라이바 엔젤과 아바타 마블 엔젤로 확인되었다. 마지막으로 블랙 코리도라스와 코리도라스 브론즈 롱핀, 베네수엘라 오렌지 코리도라스로 확인되었다(<Table 2>).

모스코 블루 구피는 머리의 뒷부분, 가슴부위 등 일부는 다소 옅은 청색을 띠지만 몸 전체가 진한 청색을 띠며, 푸른 빛을 반사시키는 표피층 아래에 검은 색소층이 있어서 청색이 진하게 나타났다. 또한 가슴지느러미는 검은색이고, 배지느러미는 검은색이지만 끝은 옅은 청색이었다. 등지느러미와 꼬리지느러미는 기저가 옅은 청색 광택을 띠지만 나머지는 암청색이고, 뒷부분은 옅은 보라색을 확인 할 수 있었다. 폴 블랙 구피와 등지느러미와 꼬리지느러미가 심하게 신장되었고, 몸은 전체가 진한 검은색조를 띠었다. 또한 가슴부위와 몸통 측면, 가슴지느러미 앞 가장자리가 흑색화되지 않고 진한 회색을 띠었다. 알비노 폴 블랙 구피도 등지느러미와 꼬리지느러미가 심하게 신장되었고, 몸은 전체가 진한 빨간색조를 띠었다. 옐로우 턱시도 구피는 몸의 앞부분은 황색 바탕에 아가미와 배에 금속성 청색 반짝임이 확인되었고, 몸의 후부는 검은색 배경으로 tuxedo 문양을 보였다. 꼬리지느러미는 노란색이고 가장자리는 연청색 부분이 확인되었다. 레드 턱시도 구피는 등지느러미 아랫부분과 미병부가 검고, 머리와 머리의 뒷부분 등쪽, 뒷지느러미, 꼬리지느러미가 붉은 것을 확인할 수 있었다.

홍백 난주의 몸은 통통하고 체고가 높은 난형으로 등지느러미가 확인되지 않았다. 또한 머리혹이 발달하였고, 꼬리지느러미는 몸과 거의 직각으로 만나고, 넓게 퍼진다. 몸색은 전반부가 흰색이고, 후반부가 붉은색으로 대조를 이루었다. 홍백 오란다 난주의 몸은 짧고 넓으며, 미병부 등 윤곽선과 꼬리지느러미의 각도가 거의 직각이다. 머리에는 두정부, 뺨, 아가미 모두에 혹이 발달하였다. 몸통은 흰색이고, 눈 앞과 위의 부분이

진한 주황색을 띠며, 가슴지느러미 및 꼬리지느러미도 주황색으로 확인하였다. 코메트 금붕어의 몸은 유선형이고, 지느러미들은 길고 끝이 뾰족하여 comet의 특징과 부합하며, 주둥이 끝에서 머리의 등부분과 아가미, 몸통의 등부분과 등지느러미 기저, 꼬리지느러미 기저에서 약간 떨어진 부분에 붉은색이 나타나고, 붉은색 반문 안에 검은색 부분이 중첩되었다. 배쪽과 가슴지느러미, 배지느러미, 등지느러미의 끝, 꼬리지느러미 후부는 흰색으로 3색 comet이다.

레드 벌룬 플라티는 몸이 짧고, 배가 볼록하게 튀어나왔다. 입은 뾰족하고 눈이 크다. 몸은 전체가 붉은색을 띠며, 홍채도 붉은색이다. 지느러미들은 정상 형태이고, 기부는 약간 주황색을 띠지만 뒷부분은 투명하였다. 왁 플라티는 뒷지느러미, 꼬리지느러미와 등지느러미의 기조가 검은색인 것을 확인 할 수 있었다.

레전드 파라이바 엔젤은 등지느러미와 가슴지느러미, 배지느러미가 상당히 크고, 등지느러미와 꼬리지느러미에서 다소 옅은 청색을 띠는 것을 확인 할 수 있었다. 아바타 마블 엔젤은 흑색의 마블링 패턴을 확인할 수 있으며, 마찬가지로 등지느러미와 가슴지느러미, 배지느러미가 상당히 큰 것을 확인할 수 있다.

베네수엘라 블랙 코리도라스는 몸이 검은색을 띠며, 모든 지느러미가 적색조를 띠는 것을 확인하였다. 코리도라스 브론즈 롱핀의 머리와 몸통의 중앙부분은 약간 회흑색이고, 등부분과 배쪽은 황동색을 띤다. 베네수엘라 오렌지 코리도라스는 등지느러미 아래에서 가슴지느러미 위까지 이르는 부위에 금속성을 띠는 청녹색 부분이 있고, 등지느러미를 포함하여 그 외의 몸통 부분은 주홍색을 띤다. 가슴지느러미, 배지느러미, 꼬리지느러미는 투명한 것을 확인하였다.

2. 분자계통분류학적 특징

가. 염기서열 분석

수입 관상어 5종의 다양한 표현형과 유전적 특성

실험에 수행된 16품종의 분자계통분석을 위해 mtDNA 내의 COI 유전자와 16s rRNA를 표적으로 하는 universal primer를 사용하여 염기서열을 확인하였다. 그 결과, 모스크 블루 구피와 풀 블랙 구피, 알비노 풀 레드 구피, 옐로우 텍시도 구피, 레드 텍시도 구피, 옐로우 브론즈 구피는 *Poecilia reticulata* 유전형으로 확인되었으며, 홍백 난주와 홍백 오란다 난주, 코메트 금붕어는 *Carassius auratus* 유전형으로 확인되었다. 또한

레드 벌룬 플라티와 왁 플라티는 *Xiphophorus maculatus* 유전형으로 확인되었고, 레전드 파라이바 엔젤과 아바타 마블 엔젤은 *Pterophyllum scalare* 유전형으로 확인되었다. 마지막으로 블랙 코리도라스와 코리도라스 브론즈 롱핀, 베네수엘라 오렌지 코리도라스는 *Corydoras aeneus* 유전형으로 확인되었다. 본 연구에서 사용된 16품종의 염기서열은 NCBI에서 아래의 <Table 2>와 같은 accession number를 부여받았다.

<Table 2> Fishes identified in the experiment

Forma name	Picture	Visual identification	Genetic analysis	Accession number (16s rRNA/ COI)
Moscow blue guppy		<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poecilia reticulata</i>	OR775318
				OR947624
Full black guppy		<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poecilia reticulata</i>	OR775332
				OR946446
Albino full red guppy		<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poecilia reticulata</i>	OR946360
				OR775321
Yellow tuxedo guppy		<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poecilia reticulata</i>	OP863306
				OR946347
Red tuxedo guppy		<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poecilia reticulata</i>	OR775331
				OR947926
Yellow bronze guppy		<i>Poecilia reticulata</i>	<i>Poecilia reticulata</i>	OR946345
				OR776935
Red & White ranchu goldfish		<i>Carassius auratus</i>	<i>Carassius auratus</i>	OR946325
				OR775342
Red & White oranda goldfish		<i>Carassius auratus</i>	<i>Carassius auratus</i>	OR947925
				OR775466

< Over continued >

< Continued from >

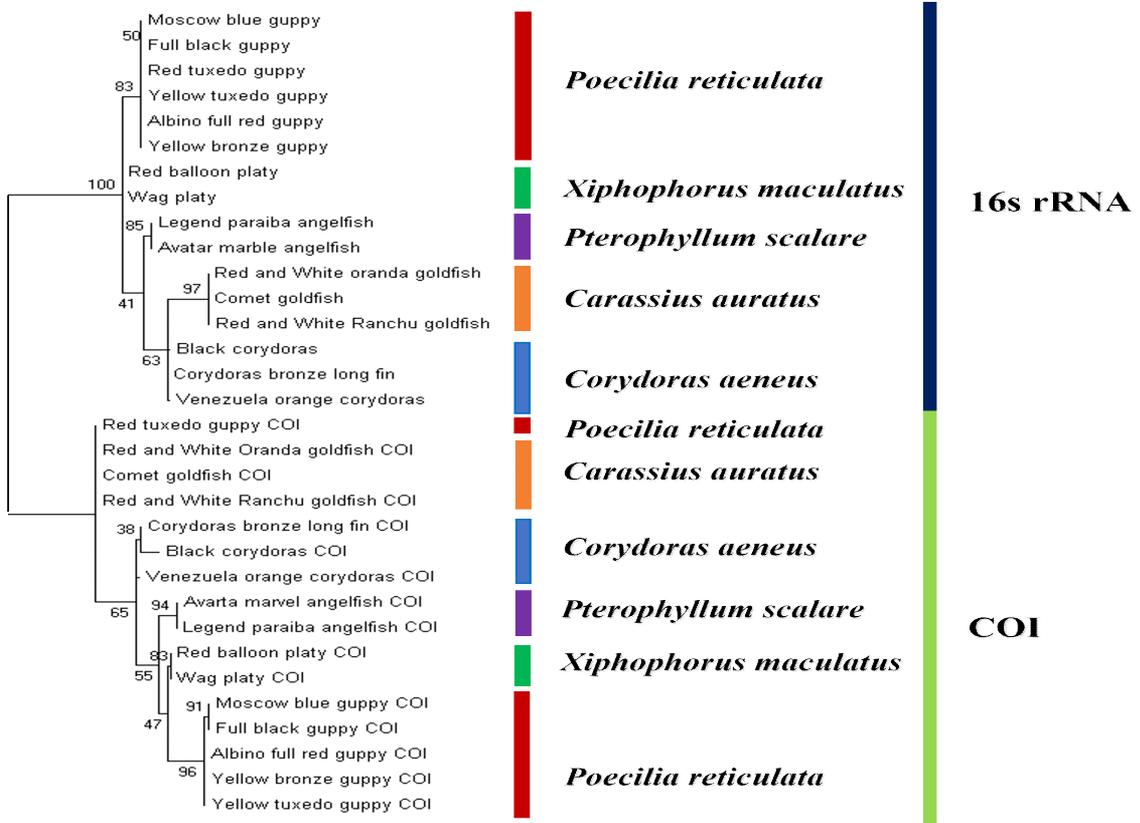
Comet goldfish		<i>Carassius auratus</i>	<i>Carassius auratus</i>	OR946324
				OR775344
Red balloon platy		<i>Xiphophorus maculatus</i>	<i>Xiphophorus maculatus</i>	OR946282
				OR775376
Wag platy		<i>Xiphophorus maculatus</i>	<i>Xiphophorus maculatus</i>	OR775403
				OR947625
Legend paraiba angel		<i>Pterophyllum scalare</i>	<i>Pterophyllum scalare</i>	OR775316
				OR946445
Avatar marvel angel		<i>Pterophyllum scalare</i>	<i>Pterophyllum scalare</i>	OR775317
				OR946447
Black corydoras		<i>Corydoras aeneus</i>	<i>Corydoras aeneus</i>	OR946280
				OR775405
Corydoras bronze long fin		<i>Corydoras aeneus</i>	<i>Corydoras aeneus</i>	OR775330
				OR946420
Venezuela orange corydoras		<i>Corydoras aeneus</i>	<i>Corydoras aeneus</i>	OR775406
				OR946450

나. 계통발생학적 분석

실험에 수행된 16마리의 mtDNA COI 영역 655 bp 영역과 16s rRNA 영역 618 bp의 염기서열을 비교하였다. 그 결과, 16s rRNA 영역에서는 6품종의 *P. reticulata*와 3품종의 *C. auratus*, 2품종의 *X. maculatus*, 2품종의 *P. scalare*, 3품종의 *C. aeneus*로 육안적으로는 표현형이 다른 각각의 품종들이 유전형적으로 같은 cluster를 형성한 것을 확인할 수 있었다. 또한 COI 영역에서도 5개의 계통군을 형성한 것을 확인할 수 있었으나, 레드턱시도 구피의 경우 *C. auratus*에 clade 된 것을 확인할 수 있었다([Fig. 1]).

IV. 결론

종(species)은 생물학적 분류의 기본 단위이며, 계층적인 분류 구조를 따라 ‘계>문>강>목>과>속>종’의 순서를 가진다. 필요에 따라, 종은 아종(subspecies), 변종(variety), 품종(forma)으로 세분화하여 구분하기도 한다(MBRIS). “품종”의 의미는 표현형(phenotype)과 유전형(genotype)을 기반으로 하는데, 표현형은 개체가 환경과 유전적 요소에 의해 나타나는 외부적인 특성이나 형태를 말하며, 이는 유전형과 환경 간의 상호작용으로 인해 발생한다(Sandle, 2014). 유전형은 개체의 유전자



[Fig. 1] Neighbour-joining phylogenetic tree of five species using the MEGA 4.0 program. The scale bar indicates a branch length of 0.5. The numbers show the bootstrap percentiles from 1,000 replicates

들이 가지고 있는 전체 유전 정보를 나타내며, 개체의 내부적인 유전적 구성을 나타내고 특정 특성을 결정하는 역할을 한다. 이는 발현되는 유전자(표현형으로 알려진 관찰 가능한 특성을 가져옴)와 발현되지 않는 유전자를 모두 포함하여 개인의 DNA에 있는 전체 유전자 세트를 나타낸다(Sutton and Cundell, 2004). 그러나 최근 들어 관상어 시장에서 ‘품종’이라는 개념에 대해 혼란을 겪고 있다. 품종은 주로 유전형에 기반하며, 특정 종 내에서 고유한 유전적 특성을 가진 개체들의 그룹을 나타낸다. 하지만 관상어의 경우 육종 역사가 짧고 비교적 소규모로 양식되어 장기간의 선별 교배가 어렵다는 특징이 있다. 또한 ‘관상’이라는 목적을 가진 관상어는 작은 표현형

의 차이에도 불구하고 이를 빠르게 새로운 품종으로 분류하고 상업화하는 경향이 있다. 따라서 본 연구에서는 관상어의 표현형과 유전형 간의 관계를 파악하기 위해 대표적인 관상어 16품종을 육안적인 측면에서 형태학적 특징을 관찰하고, 이를 유전적인 측면에서 동정하였고, 계통분석을 수행하였다.

관상어의 경우 육안동정의 기준이 형질을 기반으로 분류하게 되는데, 같은 종에서도 관상의 특징인 변이가 많이 나타나 이를 기반으로 하는 논문이 많지 않아 본 연구에서는 각종 협회 기준이나 정보의 출처가 비교적 명확한 웹사이트를 참고하여 동정하였다. 구피류 육안동정 기준에 맞춰 육안동정한 결과, 모스크 블루 구피와 풀 블

랙 구피, 알비노 풀 레드 구피, 옐로우 턱시도 구피, 레드 턱시도 구피, 옐로우 브론즈 구피로 확인되었다. 풀 블랙 구피와 알비노 풀 레드 구피를 비교하였을 때, 등지느러미와 꼬리지느러미가 심하게 신장된 점은 유사하였으나, 풀 블랙 구피는 가슴지느러미 앞 가장자리가 흑색화되지 않고 진한 회색을 띠는 점에서 미세한 차이를 보였다. 또한 옐로우 턱시도 구피와 레드 턱시도 구피를 비교하였을 때, 몸의 후부는 검은색 배경으로 *tuxedo* 문양을 보인다는 점은 유사하였으나, 옐로우 턱시도 구피의 꼬리지느러미는 노란색이고 가장자리는 연청색의 부분이 관찰되었지만, 레드 턱시도 구피의 머리와 머리의 뒷부분 등쪽, 뒷지느러미, 꼬리지느러미가 붉다는 점에서 차이를 보였다. 또한 금붕어는 AGA(2014)에서 규정하는 금붕어 외형을 기반으로 금붕어의 체장과 꼬리지느러미의 형태, 등지느러미의 유무를 육안으로 관찰하여 동정하여, 홍백 난주와 홍백 오란다 난주, 코메트 금붕어로 확인되었다. 홍백 난주와 홍백 오란다 난주를 비교하였을 때, 몸이 짧고 통통한 점과 꼬리지느러미는 몸과 거의 직각으로 만나는 점은 유사하였으나, 홍백 난주는 머리의 흑이 발달하고 꼬리지느러미가 넓게 퍼지는 것을 확인할 수 있었지만, 홍백 오란다 난주는 머리에는 두정부, 뺨, 아가미 모두에 흑이 발달한다는 점에서 차이를 보였다. 플래티류 육안동정 기준에 맞춰 육안 동정한 결과, 레드 벌룬 플래티와 왁 플래티로 확인되었는데, 왁 플래티는 일반적으로 뒷지느러미, 꼬리지느러미와 등지느러미의 기조가 검은색인 품종이지만, Tamaru et al. (2001)에 따르면, 몸의 색깔에 따라 여러 가지 품종으로 나타날 수 있으며, 붉은 혹은 황색 *wagtail*이 가장 보편적인 것으로 확인된다. 또한 엔젤피쉬류 육안동정은 엔젤피쉬를 육안으로 관찰한 후 논문을 기반으로 작성된 관련 웹사이트에서 표현형을 참고하여 동정되었고, 결과는 레전드 파라이바 엔젤과 아바타 마블 엔젤로 확인되었다. 마지막으로 코리도라스류 육안동정 기준

에 따라 확인한 결과, 블랙 코리도라스와 코리도라스 브론즈 롱핀, 베네수엘라 오렌지 코리도라스로 확인되었다. 베네수엘라 블랙 코리도라스는 *C. aeneus*의 동종이명으로 밝혀진 *C. schultzei* 계열의 품종으로 수족관에서 육종되었으며, 몸이 검은 색을 띠며, Alexandrou and Martin(2011)에 의하면, 치어일 때는 모든 지느러미가 적색조를 띠지만 성장하면 어두운 색으로 변하는 특징이 있다. 또한 코리도라스 브론즈 롱핀 품종은 등지느러미와 기름지느러미가 신장되어 긴 것이 특징이며, 본 연구에서도 등지느러미와 기름지느러미가 신장되어 긴 것을 확인할 수 있었다.

육안으로 동정된 16품종에 대한, 핵 DNA 내의 mtDNA COI 유전자 염기서열과 16s rRNA 유전자 염기서열을 표적으로 하는 universal primer sets를 사용하여 유전분석을 수행한 결과, 모스코 블루 구피와 풀 블랙 구피, 알비노 풀 레드 구피, 옐로우 턱시도 구피, 레드 턱시도 구피, 옐로우 브론즈 구피는 *P. reticulata* 유전형으로 확인되었으며, 홍백 난주와 홍백 오란다 난주, 코메트 금붕어는 *C. auratus* 유전형으로 확인되었다. 또한 레드 벌룬 플래티와 왁 플래티는 *X. maculatus* 유전형으로 확인되었고, 레전드 파라이바 엔젤과 아바타 마블 엔젤은 *P. scalare* 유전형으로 확인되었다. 마지막으로 블랙 코리도라스와 코리도라스 브론즈 롱핀, 베네수엘라 오렌지 코리도라스는 *C. aeneus* 유전형으로 확인되었다(<Table 2>). 이러한 결과는 형태학적 표현형이 다른 각각의 품종들이 유전형으로는 같은 것을 확인하여, 광범위한 특징을 포괄하여 보거나 측정할 수 있는 표현형 방법보다 개체의 유전자들이 가지고 있는 전체 유전 정보를 나타내는 유전형 방법이 더욱 특정 종 내에서 정확한 식별이 가능할 것으로 판단된다.

분자계통수에서 16품종의 어류는 16s rRNA 영역 618 bp의 염기서열을 비교하여, 5개의 계통군을 형성하였는데, 각각 6품종의 *P. reticulata*와 3품종의 *C. auratus*, 2품종의 *X. maculatus*, 2품종의

P. scalare, 3품종의 *C. aeneus*로 육안적으로는 표현형이 다른 각각의 품종들이 유전형적으로 같은 cluster를 형성한 것을 확인하였다([Fig. 1]). 또한 mtDNA COI 영역 655 bp의 염기서열을 비교하여 확인한 결과, 5개의 계통군을 형성한 것을 확인할 수 있었으나, 레드 텍시도 구피의 경우 *C. auratus*에 clade 된 것을 확인할 수 있었다. 계통 발생학적 분석은 종 간의 진화적 관계를 이해하기 위한 방법 중 하나로, 같은 종 내에서는 동일한 clade를 형성하는 것이 일반적이다. Clade는 공통 조상과 그 후손으로 이루어진 집단으로 정의되며, 종 내에서의 진화적 관계를 반영한다 (Crisp and Cook, 2005). 하지만 특정 상황에서는 동일한 종이라고 하더라도 특정 이벤트로 인해 다른 clade를 형성할 수 있다(Gregory, 2008). 예를 들어, 분리된 지역에서 동일한 종이 서로 다른 환경에서 진화할 경우 서로 다른 clade를 형성할 수 있다. 이는 지리적인 이유로 종 간의 군집이 발생하거나, 특정 환경에서의 적응에 따라 진화적 변화가 발생할 때 일어날 수 있다. 따라서 레드 텍시도 구피 mtDNA COI 유전자의 염기서열 영역이 진화 과정에서 변이가 나타난 것으로 판단된다.

이번 연구에서는 관상어 5종을 대상으로 형태학적 특징과 유전형을 기반으로 분류하였다. 동일한 종에 속하더라도 관상용 목적을 위해 형태학적 형질이 변하는 경우가 있기 때문에, 관상어 검역 현장에서 경험이 부족한 전문가가 검역 과정에서 시간을 지체하고 결론적으로 관상어의 손실이 발생할 수 있다. 따라서 이번 연구에서 형태학적 표현형이 서로 다른 각 품종이 동일한 유전형을 공유함을 확인하여, 유전형 방법을 통해 관상어 검역 현장에서 신속하고 간편하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 이를 통해 동정착으로 인한 산업 및 학술적 손실을 최소화할 수 있을 것으로 기대된다. 더불어 이러한 관상어 수입검역을 신청한 지정검역물(관상어)을 수산생물검역관이 신속하고 정확하게 검역하기 위해서는

품종에 대한 개념의 이해도 중요하지만, 수입된 관상어 품종을 수입된 관상어와 비교 검색(관상어 사진, 분류계통학적 분류, 품종, 특성 및 질병 여부)하여 정보를 얻을 수 있는 검역 전용 도감 기술 체계가 절실히 요구된다.

References

- AGA(2010). American Goldfish Association.
- Alex P(2012). The volume of the ornamental fish trade, International transport of live fish in the ornamental aquatic industry, OFI educational publication 7, 44-57.
- Alexandrou MA and Taylor MI(2011). Evolution, ecology and taxonomy of the corydoradinae revisited. Molecular ecology and fisheries genetics laboratory. 101~114.
- Allen GR and Erdman MV(2012). Review of reef fishes of the East Indies. 3, 567~571.
- American Goldfish Association (AGA), 2014.
- Aquatic community(2004), Angelfish genetics - types of angelfish.
<http://www.aquaticcommunity.com/cichlid/angelfish-genetics.php>.
- Crisp MD and Cook LG(2005). Do early branching lineages signify ancestral traits? Trends Ecol Evol. 20: 122~128.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.11.010>.
- FAO(2017). FishStatJ (www.fao.org).
- Gregory TR(2008). Understanding evolutionary trees. Evolution: Education and outreach. 1(2), 121.
- IFGA(2008). International Fancy Guppy Association. 1~32.
- Jung JY(2018). Improvement of ornamental fish management system in accordance with development of aquarium industry. Department of aquatic life medicine, The graduate school, Pukyong National University, Korea.
<https://doi.org/10.12939/FBA.2012.43.3.089>.
- Kim DY(2015). Fostering direction of the ornamental fish industry in Korea through a competitive analysis of international ornamental fish industry. The journal of fisheries business administration 46(1), 015~028.

- <https://doi.org/10.12939/FBA.2015.46.1.015>.
- Lakra WS, Verma MS, Goswami M, Lal KK, Mohindra V, Punia P, Gopalakrishnan A, Singh KV, Ward RD and Hebert P(2011). DNA barcoding Indian marine fishes. *Molecular ecology resources* 11, 60~71.
- Lee ST, Jang MS and Cha YG(2011). Research on ways to build an institutional foundation for systematic support and development of the ornamental fish industry. Ministry for food, agriculture, Forestry and fisheries research service report. 11-1541000-000937-01.
- MBRIS(2023). Marine bio-resource information system.
- National fishery products quality management service.
- Palumbi SR(1996). The polymerase chain reaction. *Molecular systematics*. 205~247.
- SandleT(2014). Biochemical and modern identification techniques: Food-poisoning microorganisms. *Encyclopedia of food microbiology* 238~243.
- Sutton SVW, Cundell AM(2004). Microbial identification in the pharmaceutical industry. *pharmacoepial forum* 30(5): 1884~1894.
- TamaruCS, Cole B, Bailey R, Brown C and Ako H(2001). A manual for commercial production of the swordtail, *Xiphophorus helleri*. Center for tropical and subtropical aquaculture. 1~36.
-
- Received : 20 November, 2023
 - Revised : 26 December, 2023
 - Accepted : 04 January, 2024