

덕유산 국립공원 일대에서 확인된 몇 종의 담수어 척추골수에 관하여¹

이 승 휘²

The Vertebrae of Some Freshwater Fishes Collected in Tökyusan National Park¹

Seung-Hwi Lee²

요 약

국립공원에서 자연보존의 일환으로 기초자료를 축적하고자 1993년 6월부터 11월까지 덕유산국립공원 일대의 9개 지소에서 담수어류상을 조사한 결과 한국고유종 및 아종인 칼납자루, 긴물개, 돌마자, 금강모치, 참종개, 미유기, 동사리를 포함한 5개과 17종의 담수어류를 확인하였다. 금강수계에서는 16종이, 낙동강수계에서는 8종이 분포하였으며 공통적으로 분포하는 어종은 긴물개, 돌마자, 돌고기, 버들치, 갈겨니, 미꾸리 및 동사리로서 7종이었고 우세종은 버들치, 갈겨니 그리고 동사리였다. 한편 한국산 담수어의 형태에 관한 기초자료 축적의 일환으로 이 지역에서 채집된 담수어 17종의 척추골수를 soft X-ray를 활용하여 그 분석결과를 보고함과 아울러 수계의 환경 훼손에 따른 어류의 비정상적 골격형질 발현양상 파악결과와 활용가능성을 검토하였다.

주요어 : 어류 골학, 자연보존, 방사선촬영

ABSTRACT

The freshwater fish fauna of the Tökyusan National Park was censused during June 1993 to November 1993 at 9 sampling sites to establish baseline data for natural conservation program on the National Park. Seventeen species included 7 Korean endemic species and/or subspecies (*Acheilognathus koreanus*, *Squalidus gracilis majimae*, *Microphysogobio yaluensis*, *Phoxinus kumgangensis*, *Cobitis koreensis koreensis*, *Silurus microdorsalis* and *Odontobutis platycephala*) belonging to 5 families were collected in this region. Sixteen species were found in Kumkang and 8 species were found in Naktongkang, however, common species were *Squalidus gracilis majimae*, *Microphysogobio yaluensis*, *Pungtungia herzi*, *Moroco oxycephalus*, *Zacco temminckii*, *Misgurnus anguillicaudatus* and *Odontobutis platycephala*. Dominant species of this region were *Moroco oxycephalus*, *Zacco temminckii*, *Odontobutis platycephala*. The final aims of this study were not only accumulate baseline data on the osteology of Korean freshwater fishes which were

1 접수 1월 15일 Received Jan. 15, 1994

2 호남대학교 생물학과, Dept. of Biol., Honam Univ., Kwangju 506-090, Korea

collected at those streams during June 1993–November 1993 with soft X-ray radiography, but also evaluate the suitability of osteological analyses on the environmental damage to fish.

KEY WORDS : FISH OSTEOLOGY, NATURAL CONSERVATION, RADIOGRAPHY

서 론

어류의 골격계(skeletal system)는 몸통 내부에서 수많은 단위골로 구성되어 몸통을 지지하고 보호할 뿐만 아니라 서로 관절(joint)로 연결되어 있기 때문에 운동을 통하여 먹이를 섭취하고 호흡하며 수영하는 기능을 효율적으로 수행하는 기관계(Webb and Weihs, 1983)로서 골격계의 거의 모든 형태적 특징은 분류학상 중요 형질로 활용되고 있다(Greenwood et al., 1966; Rosen, 1982; Gosline, 1973; Balushkin, 1990; Schaefer, 1991; Schreck and Moyle, 1990).

어류의 형태학적 특징은 어류 분류의 필수적인 내용이다. 경골어류에 속하는 골표상목(Superorder Ostaryophysi)과 극기상목(Superorder Acanthopterygii)에서 분류학적으로 중요한 계수형질은 짝짓지 않는 부속지인 등지느러미와 뒷지느러미의 기초수(number of dorsal fin ray, number of anal fin ray), 비늘수(number of scales, rows of scale), 각 새골(ceratobranchial)과 상새골(epibranchial)에 결합된 새파수(number of gill rakers), 유문수의 수(number of pyloric caeca), 제 5 새궁의 변형체인 인두골(pharyngeal bone)에 부착되어 식성을 짐작하게 해주는 인두치의 수(number of pharyngeal teeth), 그리고 척추골의 수(number of vertebrae)가 있다(김, 1988; 이와 박, 1989; Bornbursh, 1988; Cavender, 1980; Magnuson and Heitz, 1971; Strauss and Bond, 1990; Wootton, 1990). 이 중 비늘과 유문수 이외의 형질은 모두 골격계에 관한 자료로서 골격계의 구성체를 세밀하게 분석해야 도출해 낼 수 있는 자료이며, 비늘도 외골격 구실을 하는 골격계의 구성체(Harder, 1975)라는 이론까지 받아들인다면 유문수의 수를 제외한 대부분의 계수형질은 골격계와 관련된 것이다.

골격계 관련 형질은 그 중요성에 따라 오늘날 어류학(Ichthyology)의 계통학적 연구에 광범위하게 적용되고 있어 삼치속(*Scomberomorus*)의 유연관계(Johnson, 1986) 분석시 활용한 58가지 형질 중 53가지 내용이 골격계와 관련된 형질이었고(Collette and Russo, 1984), Curimatidae에 속하는 8속(*Genera*) 어류의 유연관계를 분석시에는 105가지 골격적 특징

만을 비교분석하여 형질의 존재여부와 아울러 형질의 유사성을 취급하여 속간 관계를 정리하였으며(Vari, 1989), Loricariid의 계통유연관계는 30가지 선택된 골격적 특징만을 분석하여 정리하였다(Shaefer, 1987). 한편 미부골격(caudal skeleton)과 같은 부분적인 골격 특징에 초점을 맞추어 32목 213과 570종에 달하는 담수 및 해산어류의 양상을 비교하여(Fujita, 1990) 어류 분류의 중요한 참고자료로 삼고 있다.

위의 내용과 유사한 국내에서의 연구는 1980년대 이전에는 일부 단위골만을 대상으로 이루어졌으나(양, 1963, 1964), 1980년대 초반부터는 개체 수준의 형태분석이 다루어져 세부 골격형질을 분석하며 황어아과(김 등, 1985), 왜몰개(이와 김, 1987a), 미유기(이와 김, 1987b), 연어류(명과 김, 1993) 등의 골격계를 연구하고 있다. 한편 모래무지아과 어류의 계통분류시(김과 강, 1990; 강, 1991) 작성하여 활용한 검색표에서는 28가지 형질 중 18가지 골격계 관련 형질을 적용함으로써 동일 분류군의 외형을 주된 내용으로 고찰한 바 있는 김(1984)보다 연구수준을 올려가고 있다.

최근 출판된 국내의 어류학 관련 전문 서적(최 등, 1990; 김과 강, 1993)에도 골격형질에 관한 분석내용을 확충하여 외형적으로 확인이 용이한 형질에 관한 자료를 기본 정보로 제공하고 있으나 가장 안정된 형질인 내골격(endoskeleton)에 관한 정보는 상대적으로 빈약하여 척추골수의 경우 한국담수어도감(최 등, 1990)에는 담수어 145종 중 27종의 것이, 한국어류도감(김과 강, 1993)에는 해산 및 담수어 429종 중 162종의 척추골수가 정리되어 있을 따름이며 비교골학(Comparative Osteology) 차원의 자료는 부족하기 때문에 자료의 절대적인 확충이 필요한 실정이다.

전라북도의 무주군과 장수군 그리고 경상남도의 거창군과 함양군 일원에 소재하는 덕유산 국립공원은 1975년에 국립공원으로 지정된 곳으로서 구천동 33경을 비롯하여 풍부한 관광자원을 갖추고 있는 지역이다. 예전에는 약간의 교통불편으로 인하여 찾는 관광객의 수가 많지 않았으나 좋아진 교통수단 뿐만 아니라 스키장과 골프장 등 공원구역내 집단시설지구의 활발한 개발로 인하여 최근에는 이곳을 찾는 관광객의 수가 급증하고 있다. 이에 따라 관광객 뿐만 아니라 집

단시설지구 및 취락지구의 주민들로부터 환경에 부담을 주는 요인이 점차 가중될 것이므로 덕유산 국립공원 일대에 대한 자연자원의 현황 파악과 아울러 환경하중을 최소화하는 예방대책과 효율적인 운영이 절실한 실정이다.

이상과 같은 배경하에 한국산 담수어의 골격계에 관한 기초자료 축적의 일환으로 첫째, 덕유산 국립공원에서 채집된 담수어를 동정하고, 둘째, soft X-ray를 사용하여 채집된 표본의 기본 골격계 중 평균 척추골수를 파악하며, 셋째, 평균 척추골수보다 숫적으로 차이가 심할 뿐만 아니라 형태적 변형이 심한 정도를 조사하면, 기존의 자료에 따른 종동정의 오차를 줄이며 기형의 진위 여부 판정에도 도움을 줄 것으로 판단하여 우선 담수어 동정과 척추골수를 조사하였다.

형태적 이상을 다룰 경우 합리적인 기준과 통계학적인 유의성 여부 검증이 필수사항이지만 본 조사시 채집된 개체들은 숫적으로 극히 제한된 상태이므로 개략적 현황만을 취급하였다. 아울러 이 내용이 환경훼손 정도의 상대적인 비교자료로서 효율적인지 그 활용가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

분석 대상으로 삼은 담수어는 1993년 6월부터 1993년 11월까지 채집한 개체들 중 선택하였다. 채집지는 금강과 낙동강의 최상류 및 상류에 해당하는 지역으로서 금강 수계에서는 덕유산 국립공원의 북쪽으로 흐르는 구천계곡과 남대천에 속하는 나제통문밖의 이미리 지역의 남대천(Fig. 1C), 구천동 계곡 중 삼바실(Fig. 1B), 설천, 삼공지구 중 덕유교 앞(Fig. 1A), 안심대, 그리고 괴목리였고, 낙동강 수계에서는 덕유산 국립공원의 남동쪽으로 흐르는 위천의 최상류역인 송계사입구(Fig. 1D)와 그 하류인 소정리(Fig. 1E) 그리고 북상교 부근 합수지역이었다(Fig. 1F).

국립공원 일대의 채집은 각 지역별로 겨울철을 제외한 각 계절마다 채집하였다. 채집은 투망과 죽대 및 전기충격기와 통발을 활용하여 실시하였으며, 채집된 개체는 즉시 10% 중성 포르말린에 고정 후 동정하여 보관하였다.

채집된 담수어류 표본은 정(1977), 김(1988), 최 등(1990)과 김과 강(1993)의 도감과 문헌을 참고하되 주로 최 등(1990)과 김과 강(1993)에 의거하였고 분류체계는 Nelson(1984)의 체제와 이를 보충한 현행 미국 어류학회에서 활용하는 체제(Newsletter of Systematic Ichthyology, 1993)에 준하였다. 일반적인 해부학 관련 용어는 의학대사전(이, 1990)과 해부

학용어(대한해부학회, 1990)를 참고하였다.

어종별로 정상적 골격양상을 파악하기 위하여 Radiograph을 작성하기 전 동정(identification)시 외형상 정상으로 확인된 개체를 선별하였다. 선별시 외형상 물리적 변형이 가해져 형질의 손상이 나타났거나, 고정시 개체의 대칭면과 대칭축 좌우 또는 상하로 휘어진 개체는 별도로 취급하였다. Radiography는 Cabinet X-ray system(Faxitron, Packard, USA)을 활용하여 관전압(tube voltage) 50kVp 조건에서 30초간 노출시켜 촬영하였으며, Focomat II 확대기(Leitz, Germany)를 사용하여 Elieid 3.24 M semi-mat RC3(England) 인화지에 인화하였다.

결과 및 논의

금강과 낙동강의 강 상류에서(Fig. 1) 채집된 개체들이 분포하는 현황은 표 1과 같았다. 덕유산 국립공원 일대 채집지의 지역별 특징은 다음과 같았다. 금강 수계에 속한 이미리 지역의 채집지(Fig. 1A)는 나제통문 동북쪽 이남마을 앞 개천으로서 바닥은 굽은 자갈과 잔 자갈 뿐만 아니라 모래도 일부 깔려 있었으며 보를 막아 물을 담아둔 곳도 있었다(Fig. 2A). 이 지역은 남대천에 속하였으나 덕유산 국립공원의 관리구역 밖이었으며 본 조사 중 가장 풍부한 종조성을 확인할 수 있었다. 한편 깨끗한 수서환경을 요구하는 버들치, 금강모치, 산천어 등은 확인할 수 없었다.

삼바실(Fig. 1B)은 덕유산 국립공원 구역내에 위치하며 삼공지구와 설천지구의 개발영향이 클 것으로 추정되는 지역(Fig. 2B)으로서 수량은 비교적 풍부하였으나 출현어종은 단순하여 모래무지, 갈겨니 그리고 소수의 참종개를 확인할 수 있을 뿐이었다.

설천(Fig. 1C)은 덕유산 국립공원 구역내에 위치하며 시간이 흐를수록 무주 리조트의 영향이 직, 간접적으로 커질 것이 예상되는 지역으로서 계곡에서 자연상태의 물줄기는 거의 확인할 수 없었다(Fig. 2C). 하천 양안과 하상은 바위와 시멘트로 정리하였기 때문에 자연미보다는 조형미가 돋보이는 지역이었다. 이 지역에서는 버들치와 갈겨니의 유어만 확인할 수 있었다.

삼공(Fig. 1D)은 덕유산 국립공원 구역내의 집단시설 지구로서 개천 동쪽의 민박촌과 서쪽에 위치한 여관들로부터 영향이 있을 것으로 추정되는 지역이었다. 조사 결과 육안으로도 식별될 정도의 탁한 생활하수의 유입이 확인되었다(Fig. 2D). 자갈과 바위가 혼재하는 이 지역에서는 버들치와 금강모치 그리고 갈겨니의 유어를 확인할 수 있었으나 생활하수가 유입되는 곳에서는 어류를 찾아볼 수 없었다.

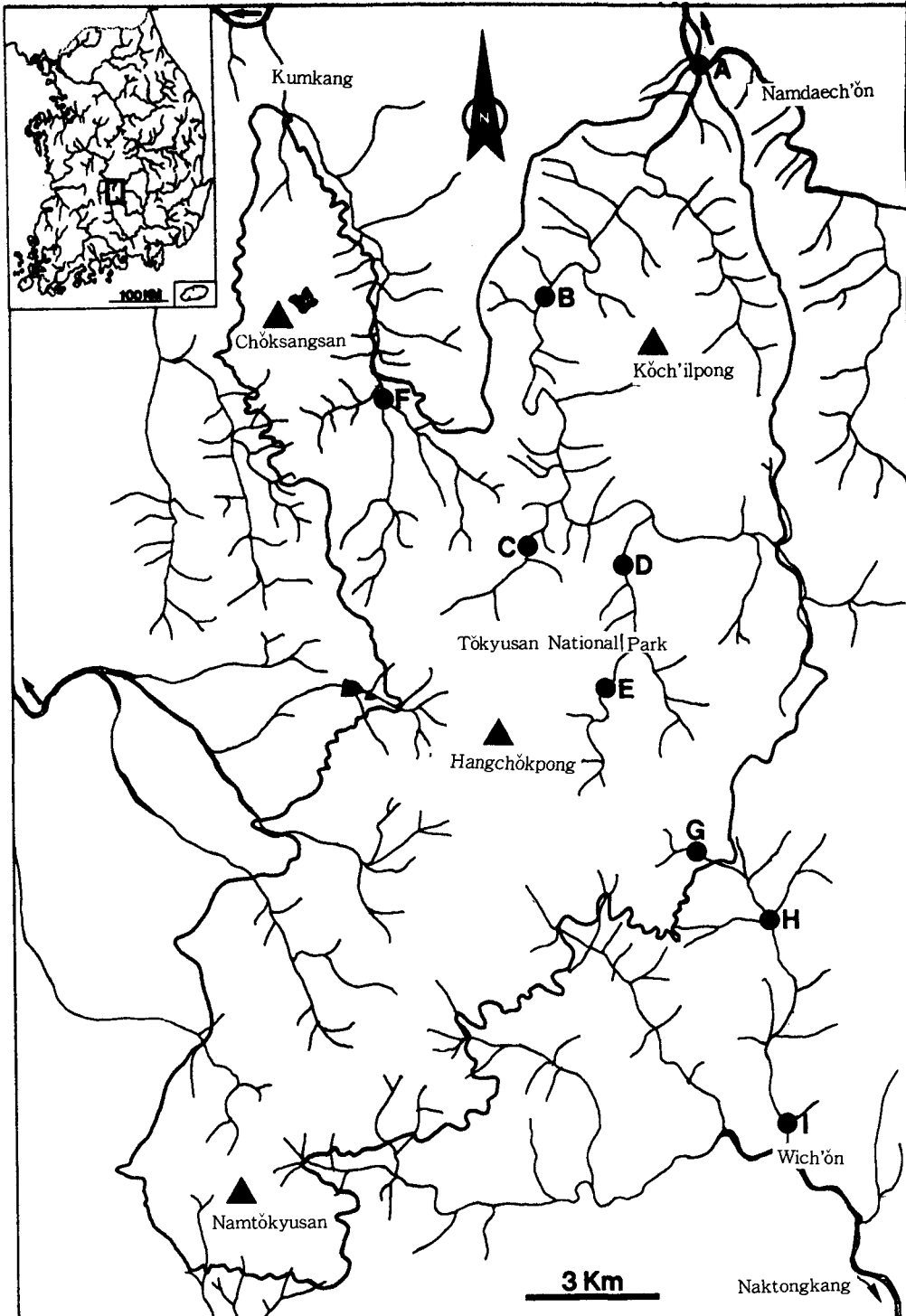


Figure 1. The map showing the sampling sites. A: Namtaechön(near Najetongmoon), B: Sam-pasil, C: Sölichön, D: Samkong, E: Ansimtae(highest site of this investigation), F: Koymok, G: Songkyesa, H: Sojögni, I: Puksangkyo.



Figure 2. Photographs of some sampling sites in the region of Tökyusan National Park. A: Namtaechön, B: Sampasil, C: Sölchön, D: Samkong E: Ansimtae, F: Fall is at the entrance of Songkyesa, G: Sojôngni, H: Puksangkyo. Site A, G and H were out of Tökyusan National Park.

안심대(Fig. 1E)는 덕유산 국립공원 구역내의 백련사의 하류에, 송어 양식장의 상류에 있었으며 수계에 영향을 줄만한 물질유입이 거의 없는 지역이었다(Fig. 2E). 크고 작은 바위로 바닥이 되어 있는 이곳에서는 버들치와 금강모치 그리고 산천어를 채집할 수 있었으나 과거에 분포했던 것으로 알려졌던(최와 김, 1972) 어름치는 확인할 수 없었다.

괴목(Fig. 1F)은 소백산국립공원 구역내에 위치하였으나 채집 당시 괴목과 설천지구간 터널공사를 하고 있었기 때문에 초본과 목본 식물의 잎사귀 위에 흙먼지가 쌓일 정도의 지역이었다. 한편 수계에 영향을 줄만한 물질 유입은 별로 없는 것으로 보이는 지역이었다. 바닥이 바위와 자갈로 되어 있는 이곳에서는 긴물개, 버들치, 갈겨니 그리고 미유기가 확인되었다.

송계사입구(Fig. 1G)는 덕유산 국립공원 구역내에 포함되어 있었으며 이 지역에는 수계에 영향을 줄만한 물질의 유입은 거의 없는 지역이었다(Fig. 2). 하천 바닥이 바위로 되어 있는 이 지역(Fig. 2F)에서는 담수어의 분포가 확인되지 않았다.

소정리 채집지(Fig. 1H)는 덕유산 국립공원 관리구역 밖에 위치하였고 하천 바닥은 주로 굵은 자갈이었으며(Fig. 2G) 버들치, 갈겨니, 미꾸리, 긴물개 그리고 동사리가 확인되었다. 우세한 어류는 갈겨니와

동사리였다.

북상교 채집지(Fig. 1I)는 덕유산 국립공원 경계구역 밖에 소재하였고 바닥은 자갈로 되어 있었으며 하천을 가로막는 보를 여러 곳에서 확인할 수 있었다(Fig. 2H). 낙동강 수계의 3개 채집지 중 가장 풍부한 종조성을 확인하였으나 남대천 채집지보다는 상대적으로 출현종수가 적었다. 한편 확인된 7종 중 긴물개, 돌마자 및 동사리가 한국고유종을 감안하면 이 일대 어족은 보호할 필요가 있다고 여겨진다.

위의 각 지역에서 채집되어 동정된 담수어는 모두 4목 5과 16속에 속하는 17종(2아종 포함)으로서 분류체계에 맞추어 정리하면 표 2와 같다. 17종 중 종다양성이 가장 풍부한 목 준위의 분류군은 잉어목으로서 모두 14종이었으며 잉어과 12종과 기름종개과 2종이 이에 포함되어 전체의 82.3%를 차지하였고 주된 담수어는 잉어목 어류임(Winfield and Nelson, 1991)을 재확인할 수 있었다. 한편 한국고유종은 긴물개, 돌마자, 금강모치, 참종개, 미유기, 동사리 그리고 칼납자루로서 모두 7종이 확인되어(Table 1) 전체의 41.2%에 달했다. 칼납자루는 일본산 칼납자루와 생식적 격리가 나타난다(Kim and Kim, 1990)는 보고를 감안하여 한국고유종의 수에 포함시켰다. 한편 잉어목에 속하는 14종의 담수어 중 4종이 한국고유종으로 나타

Table 1. Distribution of freshwater fishes in the stream of Tökyusan National Park.

sampling sites	species or subspecies								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus)									+
<i>Acheilognathus koreanus</i> (Kim et Kim)*	+								
<i>Hemibarbus longirostris</i> (Regan)	+								
<i>Pungtungia herzi</i> Herzenstein	+								+
<i>Squalidus gracilis majimae</i> (Jordan et Hubbs)*	+					+		+	+
<i>Pseudogobio esocinus</i> (Temminck et Schlegel)	+	+							
<i>Abbottina rivularis</i> (Basilewsky)	+								
<i>Microphysogobio yaluensis</i> Mori *	+								+
<i>Moroco oxycephalus</i> (Bleeker)			+	+	+	+		+	+
<i>Phoxinus kumgangensis</i> Uchida *				+	+				
<i>Zacco platypus</i> (Temminck et Schlegel)	+								
<i>Zacco temminckii</i> (Temminck et Schlegel)	+	+	+	+		+		+	+
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)	+							+	
<i>Cobitis koreensis koreensis</i> Kim *		+							
<i>Silurus microdorsalis</i> (Mori) *						+			
<i>Oncorhynchus masou</i> (Brevoort)					+				
<i>Odontobutis platycephala</i> Iwata et Jeon *	+							+	+
number of species	11	3	2	3	3	4		5	7

A: Namtaechön(near Najetongmun), B: Sampasil, C: Sölichön, D: Samkong, E: Ansimtae(highest site of this investigation), F: Koymok, G: Songkyesa, H: Sojôngni, I: Puksangko. *: Endemic species or endemic subspecies in Korea.

Table 2. The taxonomic list of some freshwater fishes collected in the stream of Tökysan National Park.

Osteichthyes	경골어강
Teleostomi	진구어강
Ostariophysii	골표상목
Cypriniformes	잉어목
Cyprinidae	잉어과
Cyprininae	잉어아과
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus)	붕어
Rhodeinae	납줄개아과
<i>Acheilognathus koreanus</i> (Kim et Kim)*	칼납자루
Gobioninae	모래무지아과
<i>Hemibarbus longirostris</i> (Regan)	참마자
<i>Pungtungia herzi</i> Herzenstein	돌고기
<i>Squalidus gracilis majimae</i> (Jordan et Hubbs)*	긴물개
<i>Pseudogobio esocinus</i> (Temminck et Schlegel)	모래무지
<i>Abbottina rivularis</i> (Basilewsky)	비틀매치
<i>Microphysogobio yaluensis</i> Mori*	돌마자
Leuciscinae	황어아과
<i>Moroco oxycephalus</i> (Bleeker)	버들치
<i>Phoxinus kumgangensis</i> Uchida*	금강모치
<i>Zacco platypus</i> (Temminck et Schlegel)	파라미
<i>Zacco temminckii</i> (Temminck et Schlegel)	갈겨니
Cobitidae	기름종개과
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)	미꾸리
<i>Cobitis koreensis koreensis</i> Kim*	참종개
Siluriformes	메기목
Siluridae	메기과
<i>Silurus microdorsalis</i> (Mori)*	미유기
Protacanthopterygii	원극기상목
Salmoniformes	연어목
Salmonidae	연어과
<i>Oncorhynchus masou</i> (Brevoort)	산천어
Acanthopterygii	극기상목
Perciformes	농어목
Gobioidei	망둑어아목
Elotridae	구굴무치과
<i>Odontobutis platycephala</i> Iwata et Jeon*	동사리

*: Endemic species or endemic subspecies in Korea.

나 잉어목 어류가 주류를 이루었으며 (Table 2.), 조사가 지속적으로 수행되면 한국고유종의 종류는 증대될 것으로 예상되었다.

각 과(Family)별 속, 종 및 아종과 한국고유종의 척추골수는 표 3과 같았으며 구체적 기술은 다음과 같다.

잉어목의 잉어과 잉어아과에 속하는 *Carassius auratus* (Fig. 3A; Fig. 5A)의 척추골수는 30개였다. 본종에 관한 연구는 1991년 한국어류학회 춘계학술대회시 심포지움을 통하여 발표한 붕어의 학명 사용과 생화학 및 생태학적 특징에 의거한 분류학적 위치, 분포, 지리적 변이, 그리고 형태적 내용을 종합하여 볼 때 *C. auratus*는 적어도 *C. auratus gibelio*와 *C. au-*

*ratus langsdorfi*를 포함한 두 아종 이상으로 정리(한국어류학회, 1991)해야 할 것을 언급한 바 있으나 학자들 간에 주장하는 내용이 상이하기 때문에 이를 정립하기 위하여 골학적 자료를 포함한 자료의 전반적인 재분석이 필요하다고 여겨진다.

Rhodeinae(납줄개아과)에 속하는 *Rhodeus*속과 *Acheilognathus*속의 종들 경우 아직 골학적 발표 내용이 완비된 상태는 아니나 몇 종의 생활사는 비교적 잘 파악되었다(김, 1982; 김과 강, 1989; 김과 김, 1990; 송과 권, 1989). 최근 보고된 일실납자루까지 포함하면 적어도 13종 이상되는 큰 분류군이기에 때문에 척추골수를 포함한 골학적 내용을 담은 연구보고는 계속

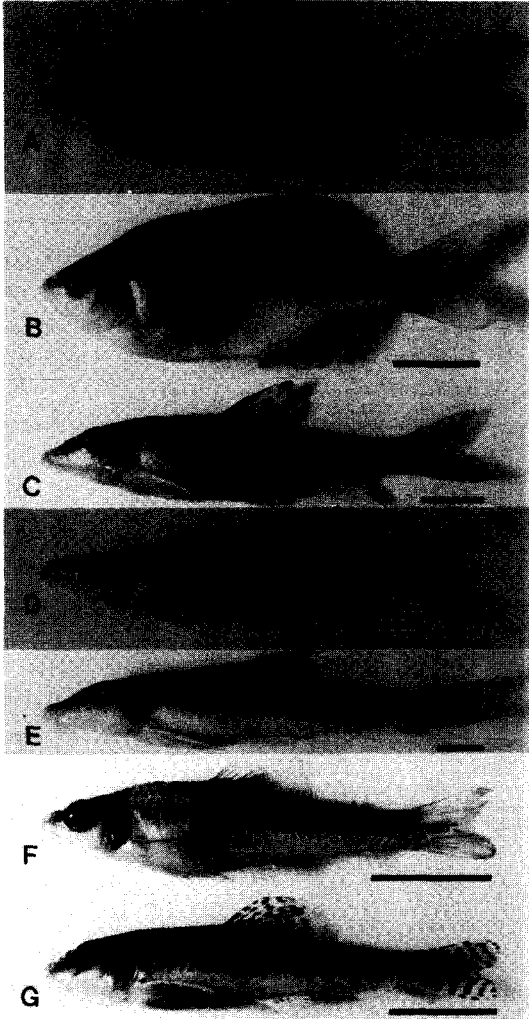


Figure 3. Photographs of left lateral view on some freshwater fishes. A: *Carassius auratus* (Linnaeus) 붕어, B: *Acheilognathus koreanus* (Kim et Kim) 갈납자루, C: *Hemibarbus longirostris* (Regan) 참마자, D: *Pungtungia herzi* Herzenstein 돌고기, E: *Squalidus gracilis majimgae* (Jordan et Hubbs) 긴볼개, F: *Pseudogobio esocinus* (Temminck et Schelegel) 모래무지, G: *Abbottina rivularis* (Basilewsky) 버들매치, 돌마자. Each bar is 20 mm.

필요할 것으로 예상된다. 최근 신종으로 보고(Kim and Kim, 1990)된 *A. koreanus*(Fig. 3B; Fig. 5B;

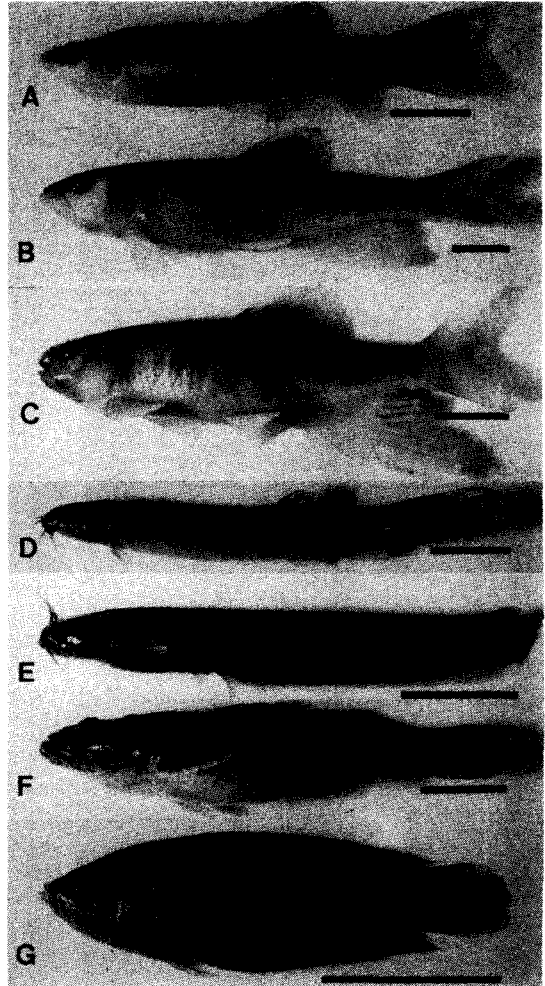


Figure 4. Photographs of left lateral view on some freshwater fishes. A: *Moroco oxycephalus* (Bleeker) 버들치, B(female) and C(male); *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel) 피라미, D: *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor) 미꾸리, E: *Silurus microdorsalis* (Moro) 미유기, F: *Odontobutis platycephala* Iwata et Jeon 동사리, G: *Macropodus chinensis* (Bloch) 버들붕어. Each bar is 20 mm.

Fig. 7A)의 척추골수는 34개였고 외형상 형태적 이상이 없었던 미추 중(Fig. 7A) 끝에서 13번째 추체에서는 추체의 단축이 나타났으나 숫적으로는 변이의 범주에 포함되지 않았다.

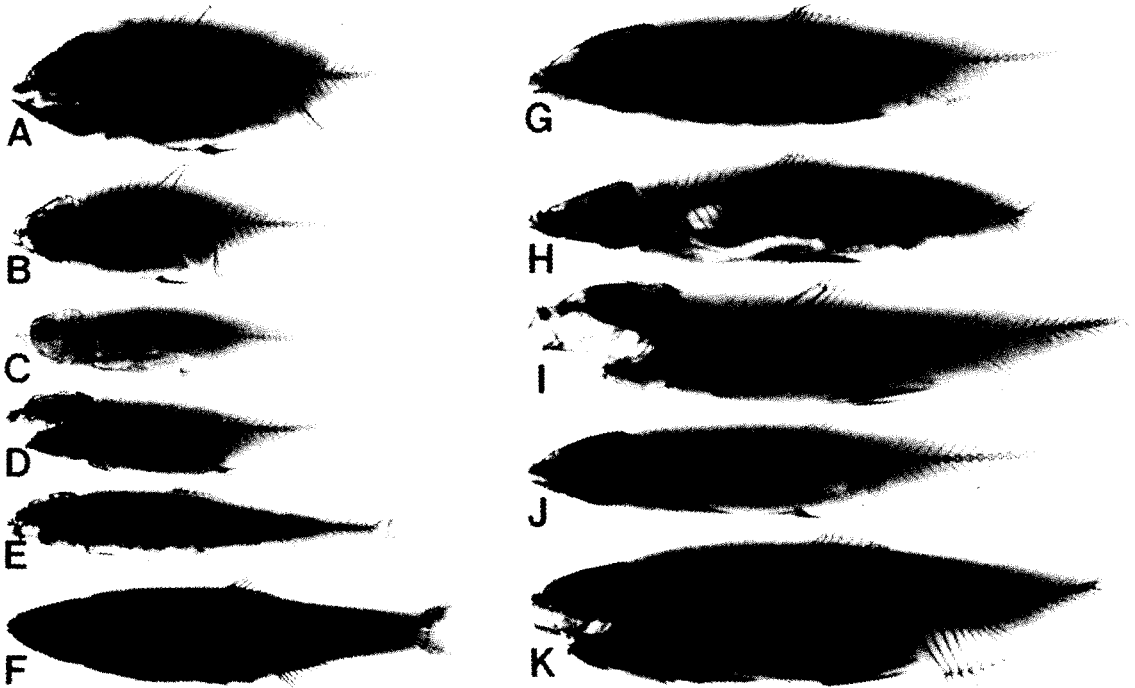


Figure 5. Radiographs of left lateral view on some freshwater fishes collected at the region of Tökkyusan National Park. A: *Carassius auratus* (Linnaeus), 붕어, B: *Acheilognathus koreanus* (Kim et Kim) 칼납자루, C: *Squalidus gracilis majimgae* (Jordan et Hubbs) 긴물개, D: *Abbottina rivularis* (Basilewsky) 버들매치, E: *Microphysogobio yaluensis* Mori 들마자, F: *Phoxinus kumgangensis* Uchida, 금강모치, G: *Hemibarbus longirostris* (Regan) 참마자, H: *Pungtungia herzi* Herzenstein 돌고기, I: *Pseudogobio esocinus* (Temminck et Schelegel) 모래무지, J: *Moroco oxycephalus* (Bleeker) 버들치, K: (male); *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel) 피라미.

한국산 담수어 중 최대 분류군인 Gobioninae(모래무지아과)의 형태 및 분류학적 연구는 국내에서 가장 잘 진척(김, 1984; 김, 1985; 김과 강, 1989; 강, 1991)되었을 뿐만 아니라 국내에서 채집된 모래무지아과의 개체들이 외국 연구의 비교 대상으로 활용(Hosoya, 1986)될 정도로 한국의 담수어 중 정리가 잘 되어 있는 분류군이다. 본 조사에서는 조사대상 17종 중 6종이라는 가장 풍부한 종다양성을 보였다. *Hemibarbus longirostris*(Fig. 3C, Fig. 5G)의 척추골수는 39개로서 기존 보고인 35-36개보다 적어도 3개 이상 많은 수로서 이는 기존의 발표자료에 Weberian apparatus에 해당하는 제 1-제 4 추체의 수가 흑시 누락된 상태의 자료가 아닌지 확인이 필요하다고 여겨진다. *Pungtungia herzi*(Fig. 3D; Fig. 5H; Fig. 7B, 7C)의 척추골수는 37개였다. 한국고유종인 *Squalidus gracilis majimgae*(Fig. 3F; Fig. 5C; Fig. 7D,

7E)의 척추골수는 33개로서 기존의 보고(김과 강, 1993)보다 적게 나타나 추가 확인을 요한다. *Pseudogobio esocinus*(Fig. 3E; Fig. 5I)의 척추골수는 39개로서 기존의 보고(김과 강, 1993)보다 많은 것으로 확인되어 Weberian apparatus의 수가 누락된 것으로 여겨지며 기존 자료의 재확인을 요한다. *Abbottina rivularis*(Fig. 3G; Fig. 5D)의 척추골수는 34개였다. 한국고유종인 *Microphysogobio yaluensis* (Fig. 5E)의 척추골수는 기존의 보고와 일치하는 36개였다.

황어아과에 속하는 어류 4종의 척추골수는 기존의 자료와 일치하였다. *Moroco oxycephalus*(Fig. 4A; Fig. 5J)의 척추골수는 기존의 보고와 일치하는 41개였다. 한국고유종인 *Phoxinus kumgangensis*(Fig. 5F)의 척추골수는 기존의 보고와 일치하는 41개였다. *Zacco platypus*(Fig. 4C, 4C; Fig. 5K; Fig. 7G)의 척추골수는 기존의 보고와 일치하는 41개였다. *Zacco*

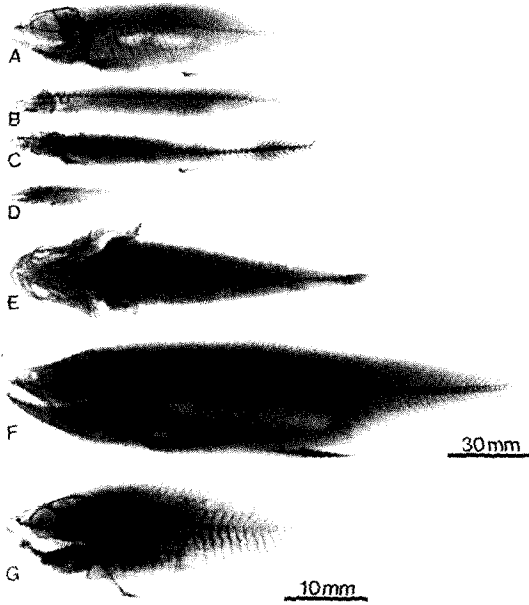


Figure 6. Radiographs of left lateral view on some freshwater fishes collected at the region of Tökyusan National Park. A: *Zacco temminckii* (Temminck et Schlegel) 갈겨니, B: *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor) 미꾸리, C: *Cobitis koreensis koreensis* Kim 참종개, D: *Silurus microdorsalis* (Moro) 미유기, E: *Odontobutis platycephala* Iwata et Jeon 동사리, F: *Oncorhynchus masou* (Brevoort) 산천어. Bar is 30 mm, G; *Macropodus chinensis* (Bloch) 버들붕어. Bar for Fig. 6G is 10 mm.

temminckii(Fig. 6A; Fig. 7F)의 척추골수는 기존의 보고와 일치하는 43개였다. 황어아과의 어류 중 자연 잡종에 관한 보고가 있어(민과 양, 1992a; 1992b) 이들에 대한 골학적 분석 중 계수 및 계축형질의 종합적인 검토가 필요할 것으로 여겨진다.

Misgurnus anguillicaudatus(Fig. 4D; Fig. 6B)의 척추골수는 기존의 자료보다 많은 47개로 확인되어 추가 확인을 필요로 하는 종이였다. 한국고유종인 *Cobitis koreensis koreensis*(Fig. 6C)의 척추골수는 기존의 보고와 일치하는 44개였다. Weberian apparatus는 4개의 추골 즉, clastrum(결골), stapes(scaphium, 주상골), incus(intercalarium, 삽입골) 그리고 malleus(tripus, 삼각골)이 결합된 변형된 추체들의 복합체로서 청각보조기능을 갖는 것으로 알려

져 있다(Harder, 1975). 한편, 형태학적 분석시 이와 같은 특징적 구조를 옳게 파악하지 못한 상태에서는 계수형질 판독을 그려칠 수 있기 때문에 주의를 요하는 형질이다. 기름종개과는 이 과에 속하는 일부 어종을 대상으로 계통분류학적 연구가 국내 일부 연구실에서 활발히 진행 중이므로 기존 발표 자료(김과 이, 1988; 김과 정, 1988; 김과 양, 1993; 양 등, 1993)를 포함하여 현재 진행 중인 내용까지 종합하면 기름종개과 어류의 생물학을 더욱 뚜렷이 알 수 있을 것으로 여겨진다.

메기목 메기과 어류로서 한국고유종인 *Silurus microdorsalis*(Fig. 4E; Fig. 6D)의 척추골수는 55개였다.

맑은 물에서만 서식하는 것으로 알려진 *Oncorhynchus masou*(Fig. 6F)는 금강수계의 최상류인 안심대에서만 확인되었다. 산천어는 연어목 어류 중 대표적인 육붕종으로서 척추골수는 65개였다. 이는 본 조사의 대상 담수어 중 가장 많은 척추골수를 가진 종이었으며 이 결과는 기존의 보고(명과 김, 1993; 명 등, 1993)와 일치하였다. 한편 기존의 발표 자료에는 본 종의 분포에 관한 자료가 없음을 감안할 때 안심대 채집지 하류에 위치한 송어양식장에서 빠져나온 송어의 유어일 가능성도 있으므로 이에 관한 확인도 요구된다.

어류에서 목 준위 최대분류군인 농어목어류는 대부분 해산어종으로서 담수어종은 드문 형편이다. 본 조사에서 확인된 담수어종은 1종 뿐이었다. *Odontobutis platycephala*(Fig. 4F; Fig. 6E; Fig. 7H)는 한반도에 광범위하게 분포하는 한국고유종으로서 척추골수는 31개였다. 본 조사에서는 dorsal view를 보았는데 이를 통하여 lateral view보다 두개골 부위에 관한 상세한 정보도 얻을 수 있었다.

본 조사를 통하여 확인한 각 어종의 척추골수를 기존의 자료와 비교한 결과 *Hemibarbus longrostris*, *Pseudogobio esocinus*와 *Misgurnus anguillicaudatus*는 1~3개씩 상대적으로 많은 수의 추체를 계수할 수 있었고 *Odontobutis platycephala*의 경우 9개나 적은 수를 확인하였다. 이와 같은 점은 동정시 기본을 갖추지 못한 것이 아닌 이상 생물통계학적으로 유의성검정이 가능할 만큼 조사개체의 수를 확충하여 재검증을 요하는 내용이라 할 수 있다. 척추골수를 계수하며 지적할 수 있는 중요사항 중 하나는 외형상 계축형질의 뚜렷한 차이는 없으나 추체수가 그 종의 평균 추체수(modal number)와 심한 차이가 나타나는 개체의 빈도가 높을 때 이들을 종내 변이(variation)의 범주에 포함시킬 것이 옳은가 하는 점이다. 자료의 확충이 미비한 상태에서 논리의 비약이 없지는 않지만 종간 잡종이나

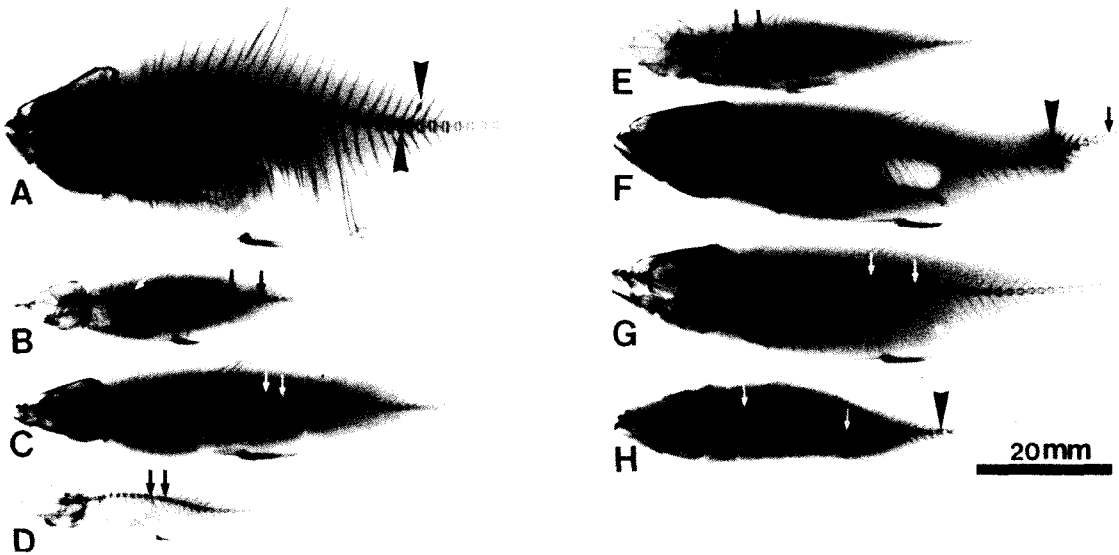


Figure 7. Radiographs of left lateral view on some freshwater fishes collected at Tôkyusan National Park. Upper arrowhead indicates deformed neural spine (hyperplasia), and lower arrowhead indicates appearance of redundant miniature of vertebrae in *Acheilognathus koreanus* (Kim et Kim), 칼납자루(A). Black arrows indicate single miniature of vertebra and white arrows indicate concrescence of vertebrae in *Pungtungia herzi* Herzenstein, 돌고기(B and C). Each arrow indicates concrescence of vertebrae in *Squalidus gracilis majimae* (Jordan et Hubbs), 긴물개(D and E). *Phoxinus humgangensis* Uchida, 금강모치, *Moroco oxycephalus* (Bleeker), 버들치. Arrowhead shows single miniature and severe bending (kyphoscoliosis), miniature of vertebra was appeared at fourth caudal vertebra (arrow) in *Zacco temminckii* (Temminck et Schlegel), 갈겨니(F). Severe redundant miniature of vertebrae was appeared between hind trunk vertebrae and fore caudal vertebrae (beneath white arrows) in *Zacco platypus* (Temminck et Schlegel), 피라미(G). Severe lordosis (anterior white arrow) and the kyphoscoliosis (posterior white arrow) were appeared, and vertebral fusion was appeared also (arrowhead) in *Odontobutis platycephala* Iwata et Jeon, 동사리(H). Each bar is 20 mm.

타날 경우 고유한 수치를 가질 수 있는 경우와 충분화가 이미 이루어졌을 때 더욱 안정된 수를 갖게될 경우도 있음을 유의해야 할 것이다. 따라서 형태학적 특징 뿐만 아니라 세포유전학과 생태학적 측면과 아울러 최근 활용하고 있는 분류학의 제반 방법론을 적용하여 평균 추체수의 폭이 큰 어류의 개체간 비교 분석을 시도하면 가치있는 자료를 얻어낼 수 있을 것으로 사료된다.

Soft X-ray의 활용가능성은 필름 판독과 1:1 접사 인화와 확대인화를 통하여 엿볼 수 있었다. 그리고 필름 판독시에는 계수성 형질을 실수없이 확인할 수 있었다. 따라서 이 점을 고려하여 이미 분류학적 연구시 적용하고 있는 연구실도 있으나 관련 분야의 연구를 수행하는 다수 학자들이 활용하지 못하는 실정으므로 적극적 활용을 권장할 만하다. 한편 외형상 문제는 없었으나 촬영 결과 개별적인 추체 뿐만 아니라 척추전체에 형태적 이상이 나타난 개체의 수가 예상보다 많았으며 특히 소형종의 경우 이와 같은 양상은 두드러지

게 나타났다. radiograph 활용이 척추골수를 비롯한 계수형질 파악시 육안 또는 해부현미경 활용보다 더욱 효율적이라 할 수 있다. Fig. 5와 Fig. 6의 radiograph 중 Fig. 6G(Belontiidae 등목어과, *Macropodus chinensis* 버들붕어; Fig. 4G, Fig. 6G) 이외의 모든 radiograph은 촬영과 인화시 확대나 축소없이 1:1로 접사한 것이다. 이 사진들을 통하여 취할 수 있는 장점은 개체의 개략적인 골격양상을 쉽게 파악해낼 수 있다는 점이다. 이는 인화시의 조절로 계측성 형질 분석에도 실제적인 도움을 줄 것으로 여겨진다. 뿐만 아니라 확대인화시 활용가능성을 엿볼 수 있었다. 그 실례인 Fig. 6G는 버들붕어를 실제 크기의 약 3배로 확대한 사진이다. 이 사진을 통하여 확인할 수 있는 장점은 버들붕어의 늑골(pleural rib), 신경극(neural spine), 혈관극(hemal spine) 및 근간골(intermuscular bone) 뿐만 아니라 신경궁(neurapophysis), 혈관궁(hemapophysis), 척추관절돌기(zygapophysis)

의 전액돌기(prezygapophysis)와 후액돌기(postzygapophysis) 및 측돌기(parapophysis)의 기본적인 양상(Harder, 1975)을 용이하게 파악할 수 있을 정도로 고해상력을 유지하는 점이다. 따라서 이와 같은 고해상력의 유지는 척추 뿐만 아니라 부속지의 세부양상 파악에도 도움을 줄 것으로 기대된다.

골격계에 관한 분석 자료를 어류 분류에 활용하는 주된 이유 중 하나는 형질의 안정성에 의거한(Parenti, 1981) 것이지만 다른 형질보다 자료가 빈곤함은 방법론상의 어려움 때문일 것이다. 해부학적 방법과 조직학적 방법으로 구분하는 척추골의 형태분석 중 해부학적 방법에서 중, 대형 개체일 경우 골격계 이외의 조직을 제거한 다음 척추골수를 계수하면 가능하나 표본의 원형보존을 전제로 하면 이 방법으로는 해결할 수 없다. 소형 개체의 경우에도 육안식별상 어려움을 극복하기 위하여 칼슘염이 집적된 부위를 뚜렛이 볼 수 있도록 골격만을 염색(Taylor, 1976; Park and Kim, 1984)하면 골격 형태분석이 가능하나 문제점은 분석대상 개체의 원형보존 요구성이다. 따라서 표본의 원형을 유지하여 위의 근본적인 문제를 극복할 수만 있으면 골격계의 형태에 관한 정보축적은 진일보할 수 있을 것이므로 방법론의 개선이 절실한 상황이다.

Soft X-ray 촬영술을 활용한 소형 척추동물의 골격 형태 분석은 이미 형태학, 분류학 뿐만아니라 임상의학에 진단용으로 활용되는 방법론으로서 골격양상을 손쉽고 정확하게 파악해 낼 수 있는 수단이나 생물과학 분야에서는 대체로 촬영 결과인 필름을 간단한 조명장치를 활용한 육안이나 현미경으로 판독하는 일차적인 점검 정도에 그치며 사진작업은 별로 시행하지 않는 상황이다. 그 이유는 soft X-ray 용 필름이 크기 때문에 일반적인 확대기를 사용하여 인화하기에는 곤란하고, 일차 점검시 확인했던 바와는 달리 필름에 광범위한 상태의 부위별 대조가 심하게 나타나 이 차이를 줄인 상태로 인화하기 어렵다는 점 때문이다. 따라서 사진 작업상의 문제점을 줄인 상태로 인화하여 soft X-ray의 장점인 높은 해상력(resolution power)을 표현해 낼 수 있다면 척추동물의 골격계 양상을 효율적으로 파악할 수 있을 것이다.

한편 보완해야 할 사항은 첫째, 종간 또는 개체간 척추 양상을 용이하게 비교하기 위하여 사진작업시 인화대상 영상의 명암을 가급적 일정하게 유지해야 할 것이며, 둘째, 이상의 결과는 담수어들 각 분류군의 기본적인 척추 양상을 파악하기 위한 작업에 해당하므로 이상의 방법론을 활용한 자료의 미비한 부분인 통계학적으로 유의성 여부를 다룰 만큼 분석 체계수를 늘려야 할 것이며, 셋째, 분류군간 비교 의미를 살리기 위하여 현

상된 필름을 통하여 계수성 형질 뿐만 아니라 계측성 형질까지 세밀히 분석하여 자료를 확충하면 어류의 비교 골격적인 기초자료를 확충할 수 있을 것으로 사료된다.

덕유산 국립공원 일대의 담수어 조사에서 볼 수 있는 비정상적인 양상(Fig. 7)은 칼납자루와 피라미 중 확인된 추체의 중복단축(redundant miniature of vertebrae; Fig. 7A, 7G), 돌고기, 긴물개, 그리고 갈겨니에서 확인된 단일 추체의 단축(miniature of vertebra; Fig. 7B, 7C, 7D, 7E, 7F), 돌고기, 긴물개, 납자루, 그리고 동사리에서 확인된 추체융합(concrecence of vertebrae; Fig. 7B, 7E, 7F, 7H), 긴물개와 동사리에서 확인된 척추전굴(lordosis 체추만곡), 갈겨니와 동사리에서 확인된 척추후굴(kyphosis 미추만곡)과 척주의측만곡(scoliosis)의 복합적인 척추만곡(vertebral bending, kyphoscoliosis; Fig. 7F, 7H), 신경극에의 골질 과다축적(Fig. 7A) 등이 확인되었다. 대체로 추체에 이상이 있는 개체의 경우 대체로 복합적인 골격계의 비정상적인 양상이 나타났다. 예상과는 달리 소백산 국립공원 일대에서 확인된 것(이, 1993)보다 상대적 출현빈도는 적게 나타났지만 지속적 관심을 필요로 한다. 한편 골격계의 비정상 개체 출현빈도는 실험실 조건에서 집적된 보고(염동혁 등, 1993)보다 훨씬 높았다. 실험실 조건과 자연상태를 동시에 비교함에는 무리가 있지만 수서생물에 직, 간접적인 영향을 주는 환경요인의 작용 만큼은 최소한 감안해야 할 내용이라고 여겨진다. 덕유산국립공원에서 조사시 확인된 전체 개체수가 상대적으로 적었기 때문에 이를 극복하려면 지속적인 자료의 축적이 필요하며, 분석방법과 분석 주관점도 제한된 상태였기 때문에 구체적인 해부학 및 조직학적 확인(Theiler, 1988) 등 다양한 방법론의 수반이 필요하며 비정상개체의 골격계에 관한 지속적 연구도 요망된다.

인용문헌

- 강언중 (1991) 한국산 모래무지아과(잉어과) 어류의 골격과 근육형태 비교에 의한 계통분류학적 연구. 전북대학교 대학원 박사학위논문, 108쪽.
- 김익수 (1982) 한국산 납자루아과 어류의 분류학적 연구. 전북대학교 생물학연구연보 3:1-18.
- 김익수 (1984) 한국산 모래무지아과(Cyprinidae) 어류의 계통분류학적 연구. 한국수산학회지 17: 436-448.
- 김익수 (1988) 한국 담수산 골표상목과 크기상목 어류의 분류. 전북대학교 기초과학연구소 생물학분과 생물학연구연감 8:83-173.

- 김익수, 강언종 (1989) 한국산 모래무지아과(Gobioninae) 어류의 미설골에 대한 비교연구. 한국어류학회지 1:24-34.
- 김익수, 강언종 (1993) 원색한국어류도감. 아카데미서적, 서울, 477쪽.
- 김익수, 김치홍 (1990) 한국산 잉어과 어류 칼납자루의 분류학적 재검토. 한국동물학회지 33: 241-245.
- 김익수, 이금영 (1988) 점줄종개(*Cobitis lutheri*)와 줄종개(*Cobitis striata*)의 분류학적 연구. 한국동물분류학회지 4: 91-102.
- 김익수, 이금영, 양서영 (1985) 한국산 황어아과 어류의 계통분류학적 연구. 한국수산학회지 18: 331-400.
- 김익수, 정만택 (1988) 한국산 점줄종개 *Cobitis taenia lutheri*의 계절적 분문변이. 한국생태학회지 11: 77-82.
- 김재흡, 양서영 (1993) 한국산 기름종개속 어류(Pisces: Cobitidae)의 계통분류학적 연구 IV. 줄종개와 점줄종개의 잡종에 관한 연구. 한국동물학회지 36: 535-544.
- 명정구, 김용익 (1993) 한국산 연어속 어류의 형태학적 연구-IV. 연어, *Oncorhynchus keta*, 산천어, *Oncorhynchus masou* 및 무지개송어, *Oncorhynchus mykiss*의 형태 비교. 한국어류학회지 5: 96-112.
- 명정구, 홍경표, 김용익 (1993) 한국산 연어속 어류의 형태학적 연구-III *Oncorhynchus keta*의 성별 형태 차이. 한국어류학회지 5: 85-95.
- 민미숙, 양서영 (1992a) 버들개와 버들치의 자연잡종에 관한 연구. 한국동물학회지 35: 339-343.
- 민미숙, 양서영 (1992b) 동버들개(잉어과)의 형태와 분포에 관하여. 한국동물학회지 35: 505-508.
- 송호복, 권오길 (1989) 의암호에 서식하는 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae* Mori)의 산란 및 발생 특성에 관한 연구. 한국육수학회지 22: 51-70.
- 양서영, 이해영, 양홍준, 전상린, 박병상, 김재흡 (1993) 기름종개과(Cobitidae) 어류의 계통분류에 관한 연구. 2. 한국산 *Cobitis taenia* complex의 분류학적 고찰. 한국동물분류학회지 9: 151-170.
- 양홍준 (1963) 한국산 잉어과 어류의 인두골과 인두치 I., 한국동물학회지 6: 15-20.
- 양홍준 (1964) 한국산 잉어과 어류의 인두골과 인두치 II., 한국동물학회지 7: 6-8.
- 염동혁, 강부현, 이성규 (1993) 송사리의 척추변형에 관한 연구, 자연발생적인 척추 변형어에 대한 외형적, 골격적, 병리조직학적 관찰. 한국육수학회지 26:61-67
- 이승휘 (1993) 소백산 국립공원 일대의 담수어류에 관하여. 응용생태연구 62: 193-200.
- 이승휘, 박은호 (1989) 암수동체성 점박이송사리 *Rivulus ocellatus marmoratus*(진구아강: 점박이송사리과)의 골격계. 한국동물학회지 32: 177-210.
- 이우주 (1990) 의학대사전. 도서출판 아카데미서적, 서울, 2428쪽.
- 이충렬, 김익수 (1987a) 한국산 왜물개 *Aphyocypris chinensis* Günther의 골학적 연구. 한국동물분류학회지 3: 41-50.
- 이충렬, 김익수 (1987b) 미유기 *Silurus microdorsalis* (Mori)의 골학적 연구. 한국육수학회지 20: 129-137.
- 정문기 (1977) 한국어도보. 일지사, 서울, 727쪽.
- 최기철, 김익수 (1972) 무주 남대천의 어류상에 관하여. 한국육수학회지 5: 1-12.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목 (1990) 원색한국담수어도감. 향문사, 서울, 277쪽.
- 대한해부학회 (1990) 해부학용어 제 3판. 계축문화사, 서울, 847쪽.
- 한국어류학회 (1991) 한국산 붕어에 관하여. 한국어류학회 어류학 심포지움 초록 제 1집, 14쪽.
- Amer. Soc. Ichthyol. & Herpetol. (1993) Newsletter of Systematic Ichthyology No. 15. Index followed by Catalog of the Genera of Recent Fishes. San Francisco, pp. 38-42.
- Balushkin, A. V. (1990) Morphological Bases of the Systematics and Phylogeny of the Nototheniid Fishes. A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 11-153.
- Bornbursh, A. H. (1988) Gill raker morphologies of anchovies(Teleost: Engraulidae) from the Rio Orinoco, Venezuela. Copeia 1988: 174-182.
- Bullock, G. R., D. van Velzen and M. J. Warhol (1992) Techniques in Diagnostic Pathology Vol. 3. Academic Press, London, pp. 1-242.
- Cavender, T. M. (1980) Systematics of *Salvelinus* from the North Pacific basin. In: Charrs, Salmonid Fishes of the genus *Salvelinus*. E. K. Balon(ed.), Dr. W. Junk bv Pub., Hagues, pp. 295-322.
- Collette, B. B. and J. L. Russo (1984) Morphology, systematics, and biology of the Spanish mackerels(*Scomberomorus*, Scombridae). Fish. Bull. 82: 545-692.
- Fujita, K. (1990) The Caudal Skeleton of

- Teleostean Fishes. Tokai University Press. Tokyo, pp. 1-897.
- Gosline, W. A. (1971) Functional Morphology and Classification of Teleostean Fishes. Univ. Press Hawaii, Honolulu, pp. 1-208.
- Greenwood, P. H., D. E. Rosen, S. H. Weitzman and G. S. Myers (1966) Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 131:341-455
- Harder, W. (1975) Anatomy of Fishes. Part I: Text, Part II: Figures and Plates, E. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, pp. 1-612 with 338 Figures and 13 Plates.
- Hosoya, K. (1986) Interrelationships of Gobioninae(Cyprinidae). In: IndoPacific Fish Biology Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes. T. Uyeno, R. Arai, T. Taniuchi and K. Matsuura (eds.), pp. 484-501. Ichthyol. Soc. Japan, Tokyo.
- Johnson, G. D. (1986) Scombroid phylogeny: an alternative hypothesis. Bull. Mar. Sci. 39: 1-41.
- Kim, I. S. and C. H. Kim (1990) A new Acheilognathine fish *Acheilognathus koreensis*, (Pisces: Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol. 2: 47-52.
- Magnuson, J. J. and J. G. Heit (1971) Gill raker apparatus and food selectivity among mackerels, tunas, and dolphins. Fish. Bull. 69: 361-370.
- Nelson, J. S. (1984) Fishes of the World. John Wiley & Sons, New York, pp. 1-523.
- Parenti, L. R. (1981) A phylogenetic and biogeographic analysis of cyprinodontiform fishes(Teleostei, Atherinomorpha). Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 168: 335-557.
- Park E. -H. and D. S. Kim (1984) A procedure for staining cartilage and bone of whole vertebrate larvae while rendering all other tissues transparent. Stain Technol. 59: 269-272.
- Paxton, J. R. (1972) Osteology and relationships of the lanternfishes(Family Myctophidae). Bull. Nat. Hist. Mus. Los Angeles County Sci. 13: 1-81.
- Rosen, D. E. (1982) Teleostean interrelationships, morphological function and evolutionary inference. Amer. Zool. 22: 261-273.
- Schaefer, S. A. (1987) Osteology of *Hypostomus plecostomus*(Linnaeus), with a phylogenetic analysis of the loricariid subfamilies(Pisces: Siluroidei). Contrib. Sci. 394, pp. 1-31.
- Schaefer, S. A. (1991) Morphometric investigations in cyprinid biology. In: I. J. Winfield and J. S. Nelson (eds.), Cyprinid Fishes: Systematics, Biology and Exploitation. Chapman and Hall, London, pp. 55-82.
- Schreck, C. B., and P. B. Moyle (1990) Methods for Fish Biology. Amer. Fish. Soc., Bethesda, pp. 1-684.
- Strauss, R. E., and C. E. Bond (1990) Taxonomic method: morphology. In: C. B. Schreck and P. B. Moyle(eds.), Methods for Fish Biology. Amer. Fish. Soc. Bethesda, pp. 109-140.
- Taylor, W. R. (1976) An enzyme method of clearing and staining small vertebrates. Pro. Nat. Mus. 122: 1-17.
- Theiler, K. (1988) Vertebral Malformations. Adv. Anat. Embryol. Cell Biol., vol. 112. Springer-Verlag, Berlin. pp. 1-99.
- Vari, R. P. (1989) A phylogenetic study of the neotropical characiform family Curimatidae (Pisces: Ostariophysi). Smithsonian Contrib. Zool. 471, pp. 1-71.
- Webb P. W. and D. Weihs (1983) Fish Biomechanics. Praeger Pub., New York, pp. 1-398.
- Winfield, I. J., and J. S. Nelson (1991) Cyprinid Fishes: Systematics, Biology, and Exploitation. Chapman and Hall, London, pp. 1-667.
- Wootton, R. L. (1990) Ecology of Teleost Fishes. Chapman and Hall, New York pp. 1-404.

감사의 말씀 : 본 조사를 수행함에 있어 채집시 도움을 주신 덕유산 국립공원 관리사무소 신범환 소장님과 직원 여러분, 덕유산국립공원의 어류와 양서류 및 식물표본들을 보존코자 애쓰신 구천국민학교의 백낙근 교장님과 양수영 교감님, soft X-ray

촬영시 배려를 아끼지 않으신 서울대학교 의과대학 병리학과 지재근 교수님과 이석근 선생님, 그리고 열심히 채집한 호남대학교 생물학과 구성욱, 이인, 정운광, 최명춘 제군에게 감사의 뜻을 전합니다.