

## 쏘가리와 황쏘가리 (*Siniperca scherzeri*)의 염색체와 외부형태 비교 및 교배 실험

이완옥 · 장선일 · 이종윤 · 손송정

국립수산진흥원 청평내수면연구소

### 요 약

본 연구는 한강수계에 서식하는 황쏘가리와 쏘가리의 별종 또는 종내 변이에 대한 정확한 분류학적 지위를 알기 위하여 형태형질 및 염색체를 비교 연구하였으며, 교배실험도 실시하였다. 두 집단의 형태형질 중 체색에는 차이가 있었으나, 측선린수가 90~98개, 등지느러미의 극조와 연조수가 각각 12와 13개, 뒷지느러미의 극조와 연조가 각각 3개와 9~10개, 가슴지느러미가 15개로 나타나 뚜렷한 차이가 없었다. 염색체수도 두 집단 모두  $2n=48$ 로 같게 나타났으며, 핵형에 있어서도 sub-metacentric chromosome이 2쌍, acro 또는 telocentric chromosome이 22쌍으로 나타났고, 2종 모두 fundamental number가 52로 동일했다. 교배실험에서도 두 집단이 동일하게 정상적으로 발생되어, 별종일 가능성은 없었다. 황쏘가리의 체색은 부화 후 50일부터 흑색소포가 줄어 들다가 60일이 지나면 몸의 체색이 완전히 황색으로 변하였다. 따라서 본 연구 결과는 지금까지 국명과 종명이 다르게 사용되고 있는 황쏘가리와 쏘가리는 동일한 종이고, 체색의 차이는 유전적으로 변이된 albino 현상으로 추정된다.

### 서 론

쏘가리 *Siniperca scherzeri* Steindachner, 1892는 중국의 양쯔강 하류에서 채집되어 처음 기록되었으며(Cheng & Zheng, 1987), 한국에서는 Jordan & Metz(1913)가 부산근교에서 2마리를 채집하여 서식이 처음 확인되었다. 그 후 Tanaka(1925)는 낙동강 중류 밀양에서 채집한 체장 121mm, 119mm 두 마리의 표본을 근거로 *S. aequiformis*라는 신종으로 기재하였으나, 이는 쏘가리의 동종이명이었다(정, 1977; Mori, 1952). 이후 여러 연구자들이 쏘가리는 밀양, 대구, 서울, 평양 등 우리 나라에 널리 서식함을 기록하였다

(전, 1986; 정, 1977; Mori, 1952).

한편 황쏘가리는 측선린수, 체색 등이 쏘가리와 달라 한국 미기록종으로 기록하였으나(정, 1977), 정확한 종의 한계를 나타내지 못하여 별종의 여부에 대한 논란이 계속되었다(김과 강, 1993; 전, 1986; 정, 1977). 그러나 황쏘가리는 천연기념물로 지정되어 보호되고 있으며, 지금도 쏘가리와 별종인지 또는 동일종의 변이인지 논란이 되고 있지만, 채집되는 개체가 희소하여 최근까지 연구가 이루어지지 않고, 일부 염색체에 대한 비교가 있을 뿐이다(Park & Kang, 1981). 특히 계수, 계측치에 대한 비교 연구는 표본이 적어 연구에 어려움이 있을 뿐 만 아니라 교배 실험은 쏘가리의 초기 발생

\* 본 논문은 국립수산진흥원 수산시험연구소사업비(1997년)에 의해 수행되었음

과정에 많은 어려움이 있어, 쏘가리와 황쏘가리의 정확한 종의 한계에 대한 확실한 분류학적 위치가 확인되지 않고 있다. 따라서 본 연구는 한강수계에서 다수 채집된 이 두 집단의 표본들을 대상으로 염색체와 계수, 계측형질을 조사 비교하고, 교배실험을 통하여 쏘가리와 황쏘가리가 동일종의 변이인지, 별종인지의 분류학적 한계를 정확히 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

1996년 5월부터 7월까지 한강 수계인 소양호 중류(강원도 춘천시 북산면 물노리)에서 자망과 낚시로 채집한 황쏘가리와 쏘가리, *Siniperca scherzeri*를 청평내수면연구소 사육지 및 사육수조에 수용하여 계수, 계측형질과 염색체의 특징 조사, 교배실험을 실시하였다.

외부형태 조사는 체색의 현저한 차이로 황쏘가리와 쏘가리의 구분이 가능하였다. 이렇게 구분된 황쏘가리 3 마리와 쏘가리 15 마리를 10% formalin에 고정한 후, Hubbs & Lagler(1958)의 방법에 의해 계수, 계측하였다. 측선린수 등의 일부형질의 계수는 실체현미경(Nikon SMZ-10, Japan)을, 계측은 digital caliper를 이용하였고, 두장과 체장에 대한 백분율로 계산하여 비교하였다.

염색체 조사를 위하여 쏘가리 5마리, 황쏘가리 2마리의 실험어를 두신장 세포분열 유도하였다. 10% glucose 용액에 50 mg/ml 빵효모(bake yeast)를 녹인 후 40℃ 항온기에 방치하여 효모를 활성화 시킨 후 어체중 100 g당 1 ml이 되게하여 복강에 주사한 다음 1톤 용량의 FRP 수조에 수용하고, 산소가 충분히 유입되도록 폭기하면서 실험어를 24~48시간 방치하였다. 활성 효모부유액이 처리된 실험어에 1% colchicine을 어체중 100 g당 0.2 ml을 복강주사하고 3시간 방치한 다음, 실험어를 죽여 두신장을 적출한 후 염색체 표본을 제작하였다(김 등, 1996). 염색체 표본은 비디오가 부착된 현미경(Olympus, Japan)시야에서 염색체 수와 크기를 조사하고 사진 촬영하였으며, Levan *et al.*(1964)의 방법에 따라 분류하였다.

교배에 사용된 진어는 소양호 중류에서 채집하

여 1년간 청평내수면연구소에서 사육한 개체들로 체중 380~980g의 쏘가리 암컷 3마리, 체중 320g과 550g의 쏘가리 수컷 2마리 그리고 280g과 440g의 황쏘가리 수컷 2마리였다. 야외에서 사육중인 친어를 1톤 용량의 FRP 수조에 이동 수용한 다음 1997년 6월 9일에 LH-RHa(des-Gly<sup>10</sup>, [D-Ala<sup>6</sup>]-LH-RH Ethylamide, Sigma) 호르몬을 등쪽 근육에 어체중 1kg에 10 $\mu$ g이 되도록 주사하였다. 수컷은 호르몬을 주사하지 않았고, 수온이 22℃로 유지되도록 관리하였다. 교배는 쏘가리 암컷 3마리에서 채란된 난을 pooling하여 각각 쏘가리와 황쏘가리 수컷의 정액을 섞는 방법으로 하였다. 수정 및 부화 관리는 이 등(1997)의 방법에 따랐으며, 이때 수정율, 부화율 및 부화 3일후 생존율을 조사하였다. 체색은 부화 8주후부터 나타나기 시작하여 이 때 쏘가리와 황쏘가리를 확인하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 외부 형태형질

쏘가리와 황쏘가리의 외형은 우선 체색에서 가장 큰 차이를 보이고 있어 뚜렷이 구분되었다(Figs. 1A, B). 그러나 황쏘가리의 경우는 완전히 황금색 체색을 보이는 개체도 있으나, 일부 개체들은 몸의 일부가 쏘가리와 비슷한 무늬를 보이거나 흑색소포가 체측에 일부 나타나는 경우도 있어 모두 같은 체색을 보이지는 아니하였다. 이와 같은 체색의 차이와 황쏘가리가 쏘가리와 동소적으로 분포하기는 하지만, 한강에만 제한적으로 분포하고 있는 것으로 보아 별종이거나 동일종내 변이로 사료된다. 지금까지 알려진 두 집단 사이의 계수형질의 차이는 쏘가리의 등지느러미 기초수 XIII, 13개, 황쏘가리는 XII, 13개이고, 뒷지느러미 기초수도 쏘가리는 III, 10개, 황쏘가리는 III, 8~10개, 유공측선린수도 쏘가리 135~140, 황쏘가리 95~101개로 차이가 있다고 하였다(정, 1977). 그러나 본 조사에서 두 집단의 계수형질을 직접 비교한 결과 등지느러미 극조수는 XII~XIII, 13개 이고, 유공측선린수도 90~98개로 정(1977)의 쏘가리의 측정 결과와는 약간의 차이를 보였지만, 쏘가리와 황쏘가리 두 집단 사이에 차이는 발견할 수 없었다(Table 1).

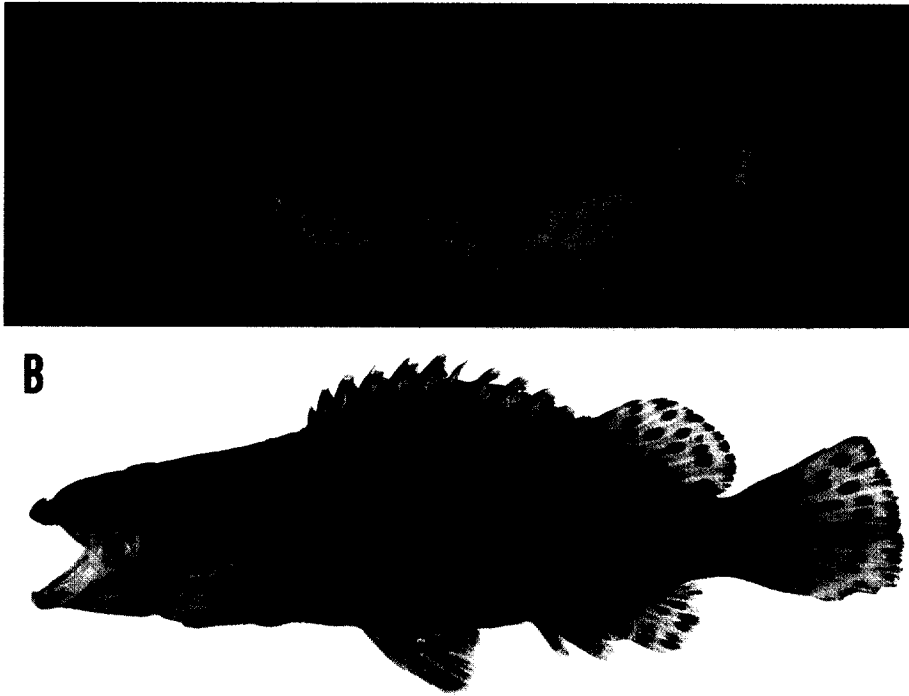


Fig. 1. Color pattern of the two types Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. A, yellow type, 200.4 mm SL ; B, black type, 250.5 mm SL.

국내에 처음 쏘가리의 출현을 기록한 Jordan & Metz(1913)는 등지느러미 기조수 XII, 13개, 뒷지느러미 기조수 III, 9, 유공측선린수 100개로 기록하였으며, *S. aequiformis*로 기록한 Tanaka (1925)는 등지느러미 기조수 XII, 13(14), 뒷지느러미 기조수 III, 8(9), 가슴지느러미 기조수 I, 15, 유공측선린수 90개라 하여 Table 1의 본 조사와 약간의 차이를 보이는 형질도 있었으나, 대부분의 계수, 계측형질에서 큰 차이를 보이지는 않아 모두 동일종으로 간주되었다.

특히 본 조사에서 쏘가리와 황쏘가리는 체색이 외의 어떠한 계수, 계측형질에서도 차이가 없었다. 특히 산란기에도 암수의 뚜렷한 계수 및 계측형질에 차이가 없으며, 연구자에 따른 약간의 계수, 계측형질의 차이가 나는 것은 연구자들이 많은 표본을 측정하지 않고 한두 마리의 표본만을 측정한 때문이다.

## 2. 염색체

어류의 염색체수는 비슷한 분류군내에서 기원종

Table 1. Comparison of meristic counts and mesurement proportions of *Siniperca scherzeri* of black and yellow types from Han River, Korea

Characteristics*	Yellow type		Black type	
No. of individuals	3		15	
Standard length(mm)	166.1	200.4	130.4	250.5
Counts				
Dorsal fin rays	XII	XIII, 13	XII	XIII, 13
Anal fin rays	III, 9		III, 9	
Pectoral fin rays	I, 15		I, 15	
Gill rakers	6		6 - 7(6)	
Lateral line pores	93	96	90	98
In % of SL				
Head length	35.3 - 37.0		37.0 - 39.7	
Body depth	25.5 - 26.1		24.8 - 27.7	
Predorsal length	36.2 - 38.9		39.8 - 40.4	
Preanal length	70.1 - 70.6		71.4 - 73.3	
CPL	14.1 - 14.7		13.6 - 15.8	
CPD	9.1	9.8	9.1	10.5
In % of HL				
Eye diameter	19.2	21.3	17.8	20.7
Snout length	27.6	28.0	28.0	32.2
Interorbital length	17.4 - 18.1		15.8 - 19.2	
Maxillary length	45.4 - 47.3		43.0 - 46.4	

\* Abbreviation : SL (standard length); CPL (caudal peduncle length); CPD (caudal peduncle depth); HL (head length)

에서 파생종으로 종분화한 종들의 별종 여부를 파악하는데 중요한 세포유전학적 형질로 알려져 있다(Schulz - Schaeffer, 1980). 그러나 쏘가리와 황쏘가리는 염색체수가 동일하게  $2n=48$ 이었으며, 염색체 구성에 있어서도 두 집단이 동일하여 sub-metacentric chromosome이 2쌍, acro 또는 telocentric chromosome이 22쌍으로 나타났고, fundamental number도 52로 동일하였다(Table 2, Figs. 2A, B). 이와 같은 결과로 이전의 연구 결과와 동일하였고(Park & Kang, 1981), 두 집단이 염색체 수준의 종분화는 일어나지 않은 것으로 보이지만, 더욱 정확한 세포유전학적 조사는 필요할 것으로 사료된다. 한편 본 종과 같은 과에 포함되고

있으면서 담수에 적응된 유사종인 일본산 깍지기 *Coreoperca kawamebari*의 경우는  $2n=48$ 로 쏘가리와 염색체의 수에서는 같았으나, 염색체의 구성에서 24쌍 모두 acro 또는 telocentric chromosome으로 달라서 주목되었다(Nogusa, 1960). 한편 국내에 출현하는 깍지 *Coreoperca*속 어류인 깍지 *C. herzi*의 경우 쏘가리와 동일하여(이, 미발표), 유연속인 깍지 *Coreoperca*속 어류의 염색체에 대한 추후 정확한 조사와 쏘가리 *Siniperca*속 어류가 많이 서식하는 중국산 쏘가리 종들과 비교하여 유연관계를 고찰한다면 담수에 적응된 이들의 기원종과 종분화에 중요한 정보를 얻을 수 있을 것이다.

Table 2. Distribution of diploid chromosome number of black and yellow types in *Siniperca scherzeri* from Han River, Korea

	No. of fishes	Distribution of diploid chromosome numbers											Total no. of the observed cells
		42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
<i>Siniperca scherzeri</i>													
Black type	5	6	7	5	3	25	11	189	8	1	2	0	257
Yellow type	2	7	2	18	10	88	40	180	2	2	1	1	351

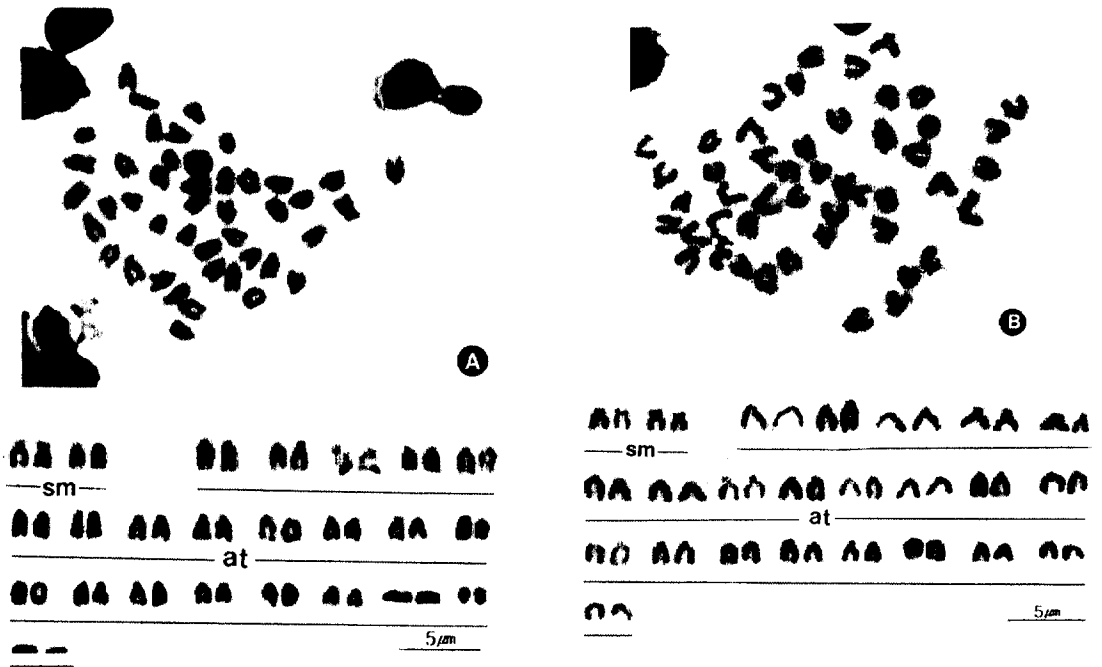


Fig. 2. Metaphase and karyotypes of the two types Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri*. Scale bars are 5  $\mu$ m. A, karyotype of yellow type Korean mandarin fish ( $2n=48$ , 4sm - 44at); B, karyotype of black type Korean mandarin fish ( $2n=48$ , 4sm - 44at).

### 3. 교배실험

쏘가리와 황쏘가리가 생물학적으로 동일종인지 여부를 확인할 수 있는 가장 확실한 방법인 교배 실험을 실시하였다. 쏘가리의 채란과 난의 발생, 초기 생활사가 일부 밝혀지기는 하였지만(나와 백, 1977; 이 등, 1997; 内田, 1936), 발생과정중에 높은 폐사율로 인해 부화율이 매우 낮아 두 집단간 비교실험이 이루어지지 않았다(이 등, 1997). 그러나 본 실험에서는 수정율이 85% 및 88%, 부화율이 68% 및 69%, 초기생존율이 86% 및 88%로 이전의 보고들보다 높게 진행되었으며(이 등, 1997), 수정율, 부화율 및 초기 생존율 어느 것도 두 실험 집단 간 차이가 없어 쏘가리와 황쏘가리가 생물학적

동일종임을 나타내었다(Table 3). 그러나 부화 후 7~12일 사이 질병(*Aeromonas hydrophila*) 감염으로 두 실험군에 속한 대부분의 치어가 죽어, 황쏘가리의 체색이 발현되는 8주 후에는 2마리의 황쏘가리만이 완전한 체색을 확인할 수 있었다. 특히 부화 직후에는 동일한 흑색소포를 가지고 있다가(Figs. 3A, B), 부화후 50일 부터 황쏘가리의 경우 흑색소포가 소실되면서 서서히 체색이 발현되며, 60일이 지나면 거의 완벽한 황쏘가리의 체색을 발현하는 것이 관찰되었다. 따라서 본 연구 결과로 지금까지 국명과 종명이 다르게 사용되고 있는 황쏘가리와 쏘가리는 같은 종으로 추정되었다. 이는 다른 형질은 모두 동일하고, 체색만 돌연변이에 의해 출현된 개체들이 자손에 유전되어 나타나는 albino 현상으로 무지개송어, 붕어, 잉어 등의 일반적인 담수어류에서도 자주 출현되는 돌연변이이다. 특히 수컷 황쏘가리를 암컷의 쏘가리와 교배시켜서 8주 후에 확인한 결과 40%(2마리)는 황쏘가리, 60%(3마리)는 쏘가리로 나타나는 현상은 추후 암수를 황쏘가리로 하는 reciprocal cross에 의한 hybrid을 생산하는 부화실험이 이루어져야 확실한 체색의 유전적 경향을 확인할 수 있으리라 보지만, 암수의 체색형질이 자손에 발현되는 것으로 추정되었다. 본 실험과 별도로 쏘가리 암수를 이용한 교배실험에서는 10회 이상 실시하였지만, 황쏘가리는 한 개체도 출현하지 않아, 체색이 황색으로 발현되는 형질은 비교적 안정된 형질로 인정된다. 이는 한강에만 출현하는 황쏘가리는 돌연변이에 의한 albino로 기원되어 비교적 안정되게 자손에 유전되고 있는 것으로 계속적으로 한강에서는 황쏘가리가 출현될 것으로 사료된다. 추후 이와 같은 melanin deficiency의 기작규명으로서 albino조사와 인위적인 유도실험등도 두 집단간의 hybrid

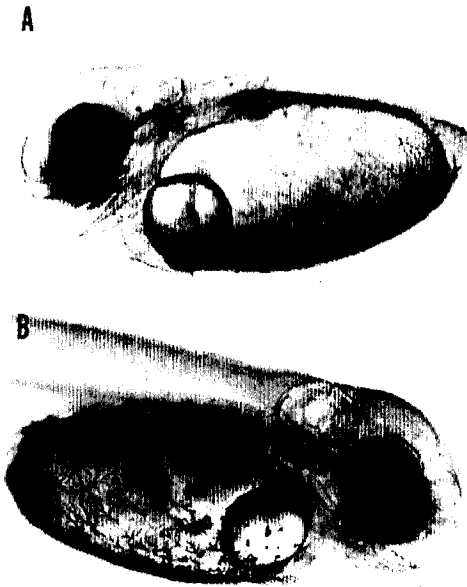


Fig. 3. Morphology of the newly - hatched larvae of two types Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri*, x 40. A, yellow type; B, black type.

Table 3. Fertilization rate, hatching rate and early survival to 4 days after hatching in black type ♀ X ♂ and black type ♀ X yellow type ♂ in *Siniperca scherzeri*

Experiment	Striped eggs	Fertilization rate	Hatching rate	Early survival	Color of progeny
Black type (♀)					
X black type (♂)	13,709	11,652(85%)	8,039(69%)	7,074(88%)	black
X yellow type (♂)	8,249	7,259(88%)	4,936(68%)	4,245(86%)	yellow & black

\* Body color at 8 weeks after hatching.

의 다량확보와 함께 요구되었다.

## 사 사

본 연구기간 동안 많은 도움을 준 청평내수면연구소 연구원 및 직원들과 사육에 도움을 준 김대천군, 채집을 도와준 춘천시 북산면 물노리 최완용씨와 그 부친에게 감사드립니다. 그리고 연구에 많은 자문과 격려를 해주신 전북대학교 생물학과 김익수 교수님께 진심으로 감사드립니다.

## 인용문헌

- 김익수 · 강연중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적, 서울, 477pp.
- 김성원 · 최낙중 · 이종윤 · 이완옥 · 장선일. 1996. 도입된 잉어과 어류 3종의 외부형태 및 염색체 특징. 한어지 8 : 68~73.
- 나정연 · 백윤결. 1977. 쏘가리 양식에 관한 연구. I. 인공부화에 대하여. 수산청 청평양어장 연구보고 2:81~89.
- 이완옥 · 이종윤 · 손송정 · 최낙중. 1997. 소양호산 쏘가리 *Siniperca scherzeri* (Pisces, Centropomidae)의 산란 생태와 초기 생활사. 한어지 9 : 99~107.
- 전상린. 1986. 한국산 농어과 주연성 담수어의 검색과 분포. 상명여대논문집 18 : 335~355.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울. 727pp.
- 内田惠太郎. 1936. 朝鮮産鰻魚の生活史. 動雜 46 : 77~78.
- Cheng, Q. and B. Zheng. 1987. Systematic synopsis of Chinese fishes. Sci. Press, Beijing, 1458 pp (in Chinese).
- Hubbs, C. L. and K. F. Lagler. 1958. Fishes of the Great Lakes Region. Bull. Cranbrook Inst. Sci. 26 : 1~213.
- Jordan, D. S. and C. W. Metz. 1913. A catalog of the fishes know from the waters of Korea. Mem. Car. Mus. VI : 1~65.
- Levan, A., K Fredga and A. A. Sandberg. 1964. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. Hereditas 52 : 201~220.
- Mori, T. 1952. Check list of the fishes of Korea. Mem. HŌÁyogo Univ. Agr. 1 : 1~228.
- Nogusa, S. 1960. Comparative study of the chromosome in fishes with particular considerations on taxonomy and evolution. Mem. Hyogo Uni. Agr. 3:1.
- Park, E. and Y. S. Kang. 1981. Karyotype and genome size of two variants of mandarine fish, *Siniperca scherzeri* (Teleostei ; Serranidae). Korean J. Genetics 3 : 63~68.
- Schulz~Schaeffer, J. 1980. Cytogenetics, - Plants, Animals, Humans - . Springer - Verlag, New York, pp 244~270.
- Tanaka, S. 1925. Figures and descriptions of the fishes of Japan. XXIV : 636~641.

## Comparison of Morphological and Chromosomal Characteristics and Cross Breeding of the Two Types Korean Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri*

Wan - Ok Lee, Seon Il Jang, Jong Yun Lee and Song - Jung Son

Chongpyong Inland Fisheries Research Institute,  
National Fisheries Research and Development Agency,  
Gyonggi - do, 477 - 810, Korea

### Abstracts

This study was carried out to confirm the taxonomical status by comparison of morphological and chromosomal characteristics and cross breeding in the two types of black and yellow body color of Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri* from Han River, Korea. Black and yellow types of Korean mandarin fish were similar in having 90 - 98 lateral line scale pores, 13 dorsal fin rays and XII - XIII spines, 9 anal fin rays and 15 pectoral fin rays, but yellow type was differ from blacks type by yellow body color pattern. Diploid chromosome and arm number (fundamental number, NF) of the two types were the same to  $2n=48$  and  $NF=52$ . Karyotypes in the two types are consisted of 2 pairs submetacentric chromosome and 22 pairs of acro and/or telocentric chromosome. The black type females of *Siniperca scherzeri* were artificially crossed with yellow type males and black type males, respectively. The progenies from each cross breeding produced the normal individuls that possessed with parent types in the body color pattern. These data suggest that two types of Korean mandarin fish were same species, and yellow type was mutant by albino.