

韓國產 버들치屬 (Genus *Moroco*) 魚類 2種의  
分類 · 分布 및 地理的 變異에 관하여.\*

閔 媛 淑 · 梁 瑞 榮  
(仁荷大學校 生物學科)

Classification, Distribution and Geographic Variation of Two Species of  
the Genus *Moroco* in Korea

Min, Mi-Sook and Yang, Suh-Yung  
(Dept. of Biology, Inha University, Incheon, 160 Republic of Korea)

---

ABSTRACT

Two species of *Moroco oxycephalus* and *M. lagowskii* were studied to examine patterns of genic variation and morphological differences within and between populations of two species, and to clarify their taxonomic status and geographic distribution.

The number of scales above lateral line (SAL) was the key character to classify these species. On the average, *M. lagowskii* had 22 or more SAL whereas *M. oxycephalus* had 20 or less. Previously known character of the position of dorsal fin was found to be not appropriate to distinguish them.

Five loci, *Gp*, *Est-1*, *Est-2*, *Est-3* and *Got-1*, showed fixed difference electrophoretically between two species and these could be used as genetic markers to identify them.

The degree of genic variation of *M. oxycephalus* was four fold higher ( $\bar{H}=0.032$ ) than that of *M. lagowskii* ( $\bar{H}=0.008$ ) but both species were far less than the average genic variation of freshwater fish in general.

Rogers' genetic similarity coefficients between two species were  $\bar{S}=0.692$  and their presumed divergent time was estimated to be about 1.8 million years ago.

Detailed survey of the geographic distribution of these species revealed that *M. lagowskii* was distributed in northeastern part of South Korea (Ganseong, Gangreung, Wangsan, and Oggye) and *M. oxycephalus* was occupied rest of the peninsula. The distance between Oggye, the southern limit of *M. lagowskii* distribution, and Samwha (near Samcheog), the northern limit of *M. oxycephalus*, was about 15Km apart and no sympatry was found in between.

Key words: *Moroco*, identification, distribution, electrophoresis, morphology.

---

\* 본 연구는 한국과학재단 연구비(1981-1983) 지원금에 의하여 수행된 것임

## I. 緒 論

생물학적 種의 개념은 同所性(sympatry)을 형성하는 group 사이에 生殖的 隔離機作(reproductive isolation mechanism)이 형성된 자연집단을 말하고 있다(Mayr, 1963).

그러나 異所性(allopatry)일 경우, 실제로 生殖的 隔離機作的 존재여부를 확인할 수 없으므로 이들의 분류는 같은 환경을 공유하는가의 生態的인 면과 遺傳子의 교환 및 種間交雜의 가능성 여부 등 遺傳的인 면등을 고려하여 종분류를 하고 있다.

종 분류는 Mayr(1963)의 개념을 토대로 분류하고 있는데 한국산 담수어의 분류 및 분포(Chyung, 1977; Jeon, 1980; Kim, 1980, 1982)는 아직까지 외부 형태의 특징만을 기준으로 종 분류가 되어 있어 同胞種(sibling species)과 같은 형태적으로 유사한 종들의 분류에는 많은 문제점을 내포하고 있다.

한국산 1차 담수어 중 잉어과(Cyprinidae)의 버들치屬 어류는 현재 4종이 분류되어 있다(Chyung, 1977; Jeon, 1980; Choi *et al.*, 1983). 그러나 버들치屬 어류 4종 중 버들개(*Moroco lagowskii*)와 버들치(*M. oxycephalus*)는 형태적으로 매우 유사하여 2종을 분류하는데 학자 간에 많은 논란의 대상이 되고 있다. 日本의 경우에도 버들개, 버들치는 학자 간에 분류학적 문제를 야기시키고 있는데 靑柳(1957)는 이들 2종을 *Phoxinus*屬으로 *Phoxinus steindachneri* 1종으로 보고 그 외는 變異種으로 취급하고 있으나 Okada(1959), 松原(1955), 中村(1969) 등은 이들 2종을 별종 혹은 아종으로 취급을 하고 분류 형질로 頭長과 尾柄高의 比로 구분을 하고 있으나 平井·引戸(1976)는 이들의 형질은 연속적인 변이를 나타내고 있어 2종으로 분류하기에는 문제점이 있다고 보며 體側斑紋의 분포 상태로 보아 2種으로 구별한 바 있다. 또한 學名에 있어서도 학자 간에 異見을 보여 宮地等(1976)은 버들개, 버들치를 각각 *Phoxinus lagowskii f. steindachneri*와 *P. l. f. oxycephalus*로, 内田(1939), 中村(1979)는 *Moroco steindachneri*와 *M. juyi*로 칭하고 각각은 한국산 버들개, 버들치와 유사종으로 간주한 바 있다.

한편 板井(1977, 1978, 1980)은 버들개, 버들치가 共棲하는 곳에서 2종간 형태적 차이와 생태적인 조사 결과 斑紋의 차이 및 側線上部鱗數의 차이가 뚜렷하고 서식처의 완전 분리 등을 밝힌 바 있으며 한국산 2종과의 유사성으로 미루어 동종일 가능성을 강력히 시사한 바 있다.

한국산 버들개(*M. lagowskii*), 버들치(*M. oxycephalus*)의 분류는 등지느러미의 위치에 의해 분류되어졌고(Chyung, 1977; Jeon, 1980; Kim *et al.*, 1985) 이들의 분포에 있어 *M. lagowskii*는 남한의 동해로 유입되는 하천에 서식하며 *M. oxycephalus*는 서·남해 일대의 수계에 분포한다 하였으나(Jeon, 1980; Choi *et al.*, 1983), Chyung(1977)에 의하면 *M. lagowskii*는 동해안 중부 이북에 흐르는 수계에, *M. oxycephalus*는 서·남해로 흐르는 하천과 慶北 五十川 이남의 동해안에 흐르는 하천에 분포한다고 보고한 바 있어 이들의 분포가 정확하게 구명되어져 있지 못하다.

본 연구는 형태적으로 매우 유사하여 분류학적 문제점을 갖는 상기 *M. lagowskii*와 *M. oxycephalus*의 종 관계를 명확하게 구명하기 위하여 여러 집단을 대상으로 형태 분석과 電氣泳動法을 이용한 종 간 및 집단 간의 遺傳的 분석을 통한 近緣關係를 밝히고 이들 2종의 지리적 분포한계를 밝히고자 시도 하였다.

II. 材料 및 方法

본 연구에 사용한 실험 재료는 1983년 7월~1984년 8월 사이에 Jeon(1980, 1984), Choi *et al.*(1983), 민(1983)의 보고를 기준으로 하여 전국 16개 지역에서 총 948 개체를 투망, 족대 및 유인어망을 사용하여 채집하였고 이 중 14지역 778 개체는 형태 측정에, 11개 지역 170 개체는 電氣泳動에 사용하였다(Table 1).

Table 1. Sample size and collection localities of 16 populations of *Moroco lagowskii* and *Moroco oxycephalus*.

Localities	No. of specimens		Collection date
	morphometry	electrophoresis	
<i>Moroco lagowskii</i>			
1. Ganseong - Budonggyo	56	20	June 21, 1984
2. Ganseong - Jangsinri	50	-	June 21, 1984
3. Gangreung	50	10	July 29, 1983
	50	10	June 21, 1984
4. Wangsan	50	10	June 21, 1984
5. Oggye	37	-	June 22, 1984
	-	20	Aug. 1, 1984
<i>Moroco oxycephalus</i>			
6. Samcheog	31	20	Aug. 3, 1984
7. Gong nae	54	-	June 22, 1984
	-	10	Aug. 1, 1984
8. Sokwang	14	10	June 23, 1984
9. Baegam	50	10	Aug. 12, 1983
10. Yeongdeog	50	10	Aug. 12, 1983
11. Gampo	50	10	Aug. 13, 1983
12. Whangryong	39	-	Aug. 13, 1983
13. Maseog	47	-	Aug. 5, 1983
14. Yongin	40	10	Aug. 11, 1983
15. Suanbo	50	10	Aug. 14, 1983
16. Muju	50	10	Aug. 13, 1983

## (1) 形態 測定

形態 測定용 표본은 채집 즉시 10% formalin 용액에 固定시킨 후 70% alcohol 에 보관하였다.

각 개체들은 Fig. 1에서와 같이 體長(SL), 頭長(HL), 體高(BD), 尾柄長(CPL), 尾柄高(CPD), 眼經(ED), 眼球의 끝부분에서 등지느러미 起點까지의 거리(EDL) 및 등지느러미 起點으로부터 側線 마지막 비늘까지의 거리(DPL)를 0.1mm 단위의 dial caliper 를 사용하여 측정하였고 側線上部鱗數(SAL)는 解剖顯微鏡(KYOWA, SD-2AL)을 이용하여 計測하였다.

각 측정치를 이용하여 SL/HL, SL/BD, SL/CPD, HL/CPL, CPL/CPD, DPL/EDL, HL/ED의 比 및 SAL의 수 등 9가지 형질을 이용하여 각 집단 간의 형태적 차이를 조사하였다.

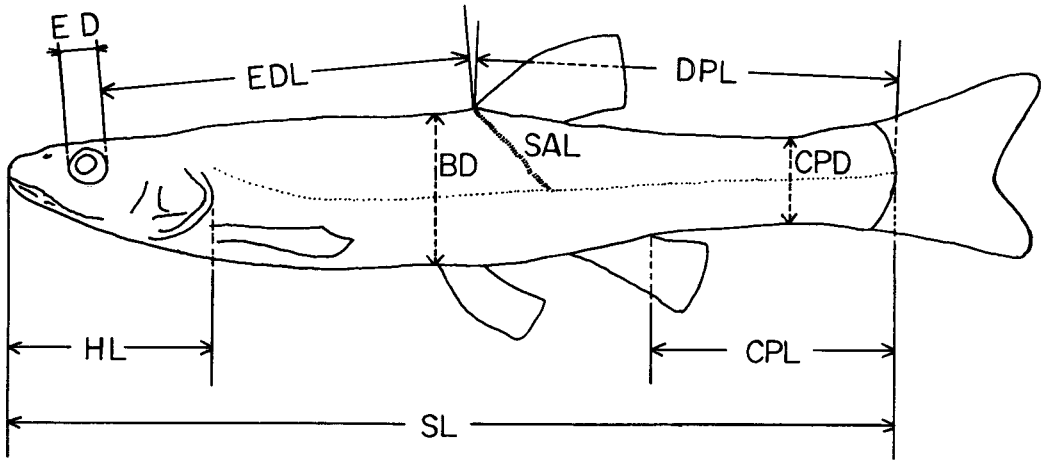


Fig. 1. Schematic drawing showing the main parts of the body measured. Abbreviations are as follows. BD: body depth, CPD: caudal peduncle depth, CPL: caudal peduncle length, DPL: length from origin of dorsal fin to base of caudal fin, ED: eye diameter, EDL: length from origin of dorsal fin to hind part of eye, HL: head length, SAL: number of scales above lateral line, SL: standard length.

## (2) 電氣 泳動

電氣泳動에 사용한 재료는 채집 즉시 근육의 일부 또는 전 개체를 liquid nitrogen tank 에 急冷凍시켜 실험실까지 운반하여  $-70^{\circ}\text{C}$ 의 冷凍機에 보관하였다.

상기의 筋肉切片은  $4^{\circ}\text{C}$ 에서 근육과 증류수의 비율을 1:0.8(v/v) 정도로 하여 glass homogenizer 로 마쇄한 후 Sorvall RC-5B 원심분리기를 이용 49,000g (20,000rpm)로 30분간 저온원심분리하여 상층액을 얻고 이 상층액을 電氣泳動 試料로 사용하였다.

電氣泳動은 Selander *et al.*(1971) 및 Yang *et al.*(1984)의 방법을 이용하여 horizontal starch gel electrophoresis 를 실시하였다. 이때 starch 는 Sigma starch(S-4501)를 사용하여 11.5% 농도의 gel 을 사용하였다.

상기 試料에 함유된 酵素 및 蛋白質중에서 General protein(Gp), Malate dehydrogenase (Mdh-1, Mdh-2)는 discontinuous tris citrate(Poulik) buffer(pH 8.4)를 사용하여 250V 로 2.5시간 電氣泳動하였고, Isocitrate dehydrogenase(Idh), Lactate dehydrogenase(Ldh),

Mannose-6-phosphate isomerase(*Mpi*), Phosphoglucosmutase(*Pgm*),  $\alpha$ -Glycerophosphate dehydrogenase( $\alpha$ -*Gpd*)는 continuous tris citrate II buffer(pH 8.0)를 사용하여 100V 하에서 2.5시간 電氣泳動하였으며 Esterase(*Est-1*, *Est-2*, *Est-3*), Peptidase(*Pept-1*, *Pept-2*)는 lithum hydroxide buffer (pH 8.2)를 사용하여 300V 로 3시간 電氣泳動하였으며 Fumarase(*Fum*), Glutamate oxalate transaminase(*Got-1*, *Got-2*), Xanthine dehydrogenase(*Xdh*), 3-Phosphogluconate dehydrogenase(*6Pgd*)는 tris malate buffer(pH 7.4)를 사용하여 100V 로 3.5시간 電氣泳動하였다. 이때 T.M. gel 에는 NADP 1ml를 첨가하여 사용하였다.

電氣泳動후 얻어진 각 酵素 및 蛋白質의 pattern 을 이용하여 遺傳因子 頻度, 平均 多型形 頻도와 異形接合子 頻度값을 구하여 각 집단간 遺傳的 變이 정도를 조사하였고(selander, 1976) 遺傳子 頻도를 토대로 하여 遺傳的 近緣值(S)(Rogers, 1972)와 遺傳的 差異值(D)(Nei, 1972)값을 구하고 S 값을 이용 dendrogram 을 작성하였으며 Nei(1975)의 方法에 의하여 種 分化 年대를 推算하였다.

### III. 結果 및 考察

#### (I) 形態 測定

한국산 *Moroco lagowskii*, *M. oxycephalus* 2종에 대한 형태적 차이를 조사하기 위하여 총 16개 집단 778 개체를 대상으로 9개 형질을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에서 보는 바와 같이 9개 형질중 SL/BD, SL/HL, HL/CPL, HL/ED, CPL/CPD 의 5개 형질은 집단에 따라 약간의 차이는 있었으나 有意한 차이를 찾아 볼 수 없었다.

Chyung(1977), Jeon(1980), Kim *et al.*(1985)은 *M. lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 2종의 분류 형질로 등지느러미 위치를 택하여 등지느러미 起點이 外鼻孔의 後緣과 꼬리지느러미의 基底中央의 中間거리에 있는것을 *M. lagowskii* 로, 瞳孔의 後緣과 꼬리지느러미의 基底中央의 中間거리에 있는 것을 *M. oxycephalus* 로 분류한 바 있으나 본 연구의 분석 결과(Table 2) DPL/EDL 의 比에 있어 玉溪집단이  $1.20 \pm 0.07$ 로 다른 집단의  $1.05 \pm 0.05 \sim 1.17 \pm 0.06$ 의 값 들과는 약간의 차이를 나타내고 있으나 통계적으로 집단간에 有意한 차이가 없으므로 분류 형질로 사용하기에는 부적합하다고 여겨진다(Fig. 2). SL/CPD 의 경우 旺山 집단이  $8.9 \pm 0.28$ 로서 가장 높게 나타났으며 杆城, 江陵, 旺山, 玉溪 집단이 평균  $24.1(22.51 \pm 1.33 \sim 25.46 \pm 1.39)$ 인데 반하여 나머지 집단은 평균  $19.7(18.89 \pm 1.09 \sim 20.50 \pm 1.20)$ 로서 이들 간에 뚜렷한 차이가 있었고 통계적으로도 有意한 차이를 나타내었다(Fig. 3). 따라서 SAL 의 수가 22개 이상인 杆城, 江陵, 旺山, 玉溪 집단을 *M. lagowskii* 로 분류하고 SAL 의 수가 평균 20개 이하인 나머지 집단은 *M. oxycephalus* 로 분류함이 타당하다고 여긴다.

板井(1977, 1978)의 연구에 의하면 *M. lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 의 共棲地域에서 이들의 형태적 차이를 조사한 결과 2종 사이에 뚜렷한 斑紋의 차이가 있었으며 側線上部鱗數의 차이에 의해 2종을 분류할 수 있어 그 수가 21개 이상의 것을 *M. lagowskii*, 20개 이하의 것을 *M. oxycephalus* 로 분류 보고한 바 있는데 이 점은 본 연구의 결과와도 잘 일치된다.

따라서 종전의 분류기준이었던 등지느러미 위치의 比는 *M. lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 2종을 분류하는 형질로서는 부적합하다고 여기며 반면 側線上部鱗數(SAL)가 2종을 분류할 수 있는 확실한 분류 기준이 된다고 할 수 있겠다.

Table 2. Comparison of body proportions and scale counts among 16 populations of *M. lagowskii* and *M. oxycephalus*.

	SL/HL	SL/BD	SL/CPD	HL/CPD	HL/CPL	CPL/CPD	DPL/EDL	HL/ED	SAL
<i>M. lagowskii</i>									
1. Ganseong -									
Budonggyo	3.66±0.12	4.76±0.22	8.35±0.36	2.29±0.12	1.41±0.10	1.62±0.11	1.15±0.05	4.56±0.47	25.46±1.39
2. Ganseong -									
Jangsinri	3.60±0.11	4.88±0.19	8.44±0.40	2.35±0.13	1.45±0.10	1.63±0.11	1.17±0.06	4.42±0.30	25.12±1.51
3. Gangreung	3.58±0.13	4.71±0.32	8.83±0.42	2.47±0.14	1.51±0.13	1.64±0.14	1.15±0.06	4.47±0.30	24.28±1.29
4. Wangsan	3.49±0.10	4.90±0.27	8.90±0.28	2.55±0.11	1.59±0.10	1.61±0.07	1.15±0.05	4.56±0.31	24.14±1.40
5. Oggye	3.59±0.11	4.57±0.24	8.35±0.25	2.33±0.09	1.51±0.09	1.54±0.08	1.20±0.06	4.19±0.36	22.51±1.33
<i>M. oxycephalus</i>									
6. Samcheog	3.76±0.15	4.37±0.15	7.82±0.32	2.08±0.11	1.30±0.09	1.61±0.11	1.13±0.06	3.90±0.35	19.31±1.29
7. Gongnae	3.68±0.14	4.31±0.16	7.97±0.26	2.17±0.13	1.47±0.10	1.47±0.07	1.15±0.05	4.08±0.34	18.89±1.09
8. Sokwang	3.55±0.08	5.07±0.13	8.48±0.32	2.39±0.11	1.49±0.05	1.60±0.08	1.16±0.04	4.36±0.19	20.30±1.11
9. Baegam	3.73±0.26	4.61±0.21	7.83±0.34	2.09±0.18	1.43±0.11	2.48±0.09	1.13±0.06	4.19±0.29	20.50±1.20
10. Yeongdeog	3.67±0.14	4.70±0.37	8.31±0.33	2.27±0.12	1.43±0.12	1.59±0.12	1.10±0.06	4.92±0.38	19.60±2.00
11. Gampo	3.55±0.17	4.59±0.36	7.83±0.62	2.21±0.19	1.58±0.19	1.43±0.22	1.07±0.06	4.26±0.24	19.80±1.30
12. Whangryong	3.74±0.14	4.41±0.24	7.00±0.51	2.14±0.13	1.47±0.13	1.45±0.10	1.10±0.05	4.27±0.28	20.10±1.70
13. Maseog	3.72±0.16	4.47±0.30	7.74±0.47	2.08±0.15	1.32±0.14	1.59±0.16	1.05±0.05	4.27±0.41	19.30±1.30
14. Yongin	3.65±0.11	4.41±0.14	7.57±0.29	2.07±0.08	1.46±0.10	1.44±0.16	1.07±0.06	3.83±0.19	20.20±1.30
15. Suanbo	3.76±0.14	4.69±0.28	7.69±0.58	2.04±0.16	1.37±0.14	1.50±0.17	1.06±0.05	4.33±0.29	19.30±1.00
16. Muju	3.76±0.13	4.90±0.23	7.78±0.31	2.07±0.10	1.32±0.06	1.57±0.08	1.08±0.04	4.42±0.22	19.40±0.90

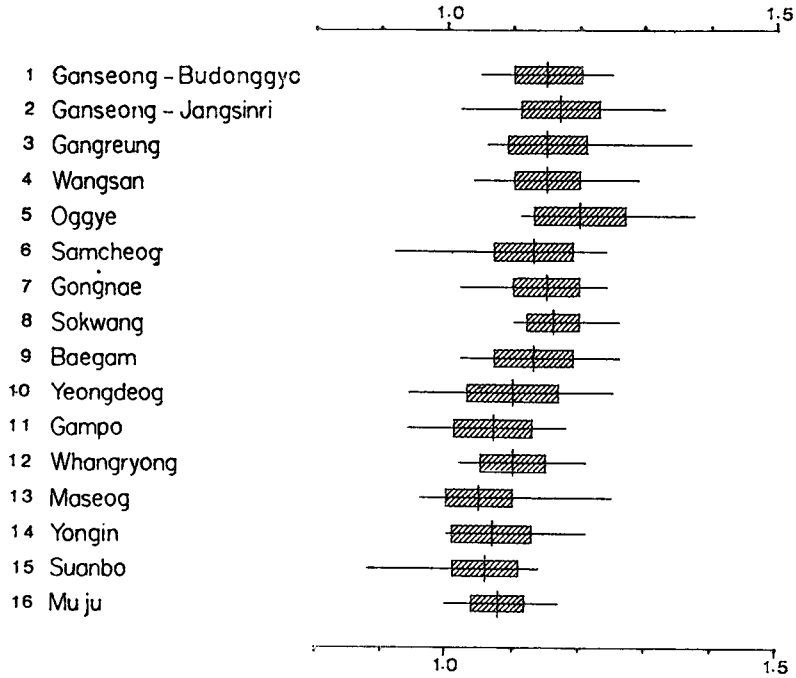


Fig. 2. Statistic diagram of DPL (length from origin of dorsal fin to base of caudal fin) to EDL (length from origin of fin to hind part of eye) ratio (DPL/EDL) among 16 populations of *M. lagowskii* (1 to 5) and *M. oxycephalus* (6 to 16). In each sample the horizontal line indicates the total variation of the sample; the hatched rectangle, one standard deviation on each side of the mean; and the crossbar, the mean.

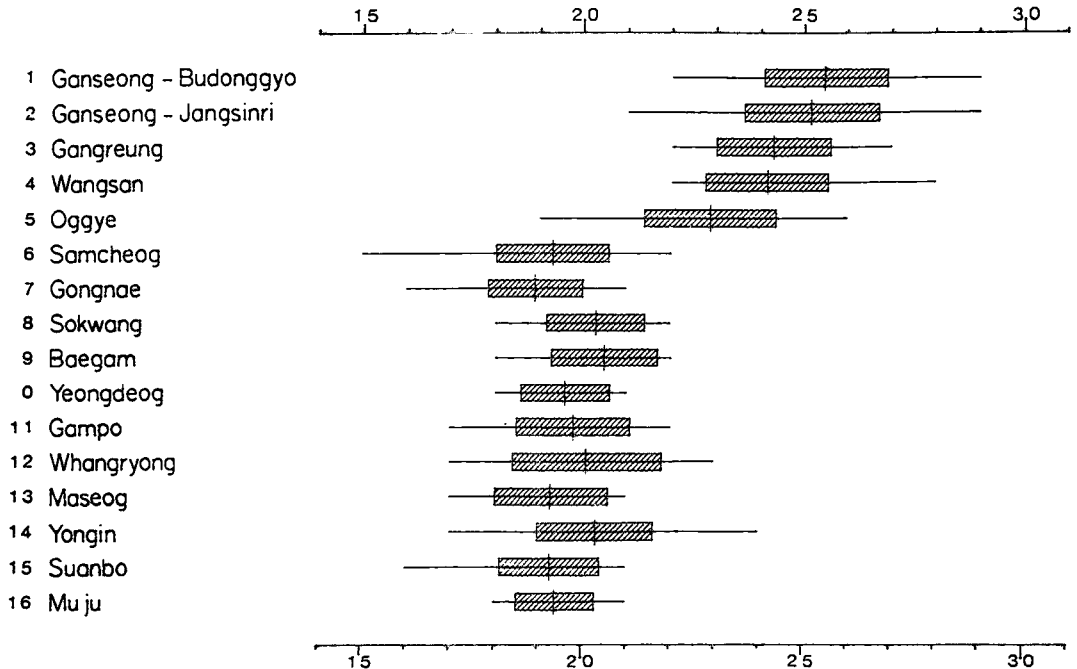


Fig. 3. Statistic diagram of scale counts (SAL) among 16 populations of *M. lagowskii* (1 to 5) and *M. oxycephalus* (6 to 16). In each sample the horizontal line indicates the total variation of the sample; the hatched rectangle, one standard deviation on each of the mean; and the crossbar, the mean.

## (2) 電氣 泳動

*M. lagowskii* 4개 집단 70개체와 *M. oxycephalus* 7개 집단 70개체를 電氣泳動하여 13종류의 酵素 및 蛋白質에서 18개의 遺傳因자를 檢出하였고 분리 檢出된 18개의 遺傳因子 중 17개 遺傳因子에 대한 遺傳子 頻도와 *Mdh-1*의 遺傳子型 頻도는 Table 3과 같다.

18개의 遺傳因子 중 *Fum*, *Got-2*, *Idh*, *Mdh-2*, *Xdh*의 5개 遺傳因子(28%)는 조사된 전체

Table 3. Allele frequencies of 11 populations of *M. lagowskii* and *M. oxycephalus*.

		<i>M. lagowskii</i>				<i>M. oxycephalus</i>						
		1	3	4	5	8	9	10	11	14	15	16
<i>Est.-1</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00							
	b					1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90
	c											0.10
<i>Est.-2</i>	a					1.00	1.00	1.00	0.56	1.00	0.79	1.00
	b								0.44		0.21	
	c	1.00	1.00	1.00	1.00							
<i>Est.-3</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00							
	b					1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>Fum.</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>Got-1</i>	a	0.03										
	b					1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	c	0.97	1.00	1.00	1.00							
<i>Got-2</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>GP</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00							
	b					1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>Idh</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>Ldh</i>	a											0.25
	b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.75	1.00
<i>Mdh-1</i>	a						0.90	0.90	0.20	0.10		
	b	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00		0.10	0.70	0.10	0.70	0.20
	c		0.50					0.10	0.10	0.80	0.30	0.80
<i>Mdh-2</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>Mpi</i>	a		0.03							0.05		0.05
	b	0.60	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.95	0.95	1.00
	c	0.40								0.05		
<i>Pept.-1</i>	a							0.22				
	b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.78	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>Pept.-2</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.85	0.90	1.00
	b									0.15	0.10	
<i>Pgm</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95
	b											0.05
<i>Xdh</i>	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
<i>6Pgd</i>	a	1.00	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90	0.85	1.00
	b		0.03							0.10	0.15	
$\alpha$ -Gpd	a								0.05	0.10		
	b	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	0.90	1.00	1.00



집단에 있어 모두 동일한 對立因子였으며 변이가 없었고 *Ldh*, *Pept-1*, *Pept-2*, *Pgm*, *6Pgd*,  $\alpha$ -*Gpd* 의 6개 因子(33%)는 일부 집단에서 변이를 나타냈다.

*Est-1*, *Est-2*, *Est-3*, *Got-1* 및 *Gp* 5개 遺傳因子는 형태상 側線上部鱗數로 분류된 *M. lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 사이에 뚜렷한 차이가 있었다(Fig. 4). 즉 *Est-1<sup>a</sup>*, *Est-3<sup>a</sup>* 및 *Gp<sup>a</sup>*

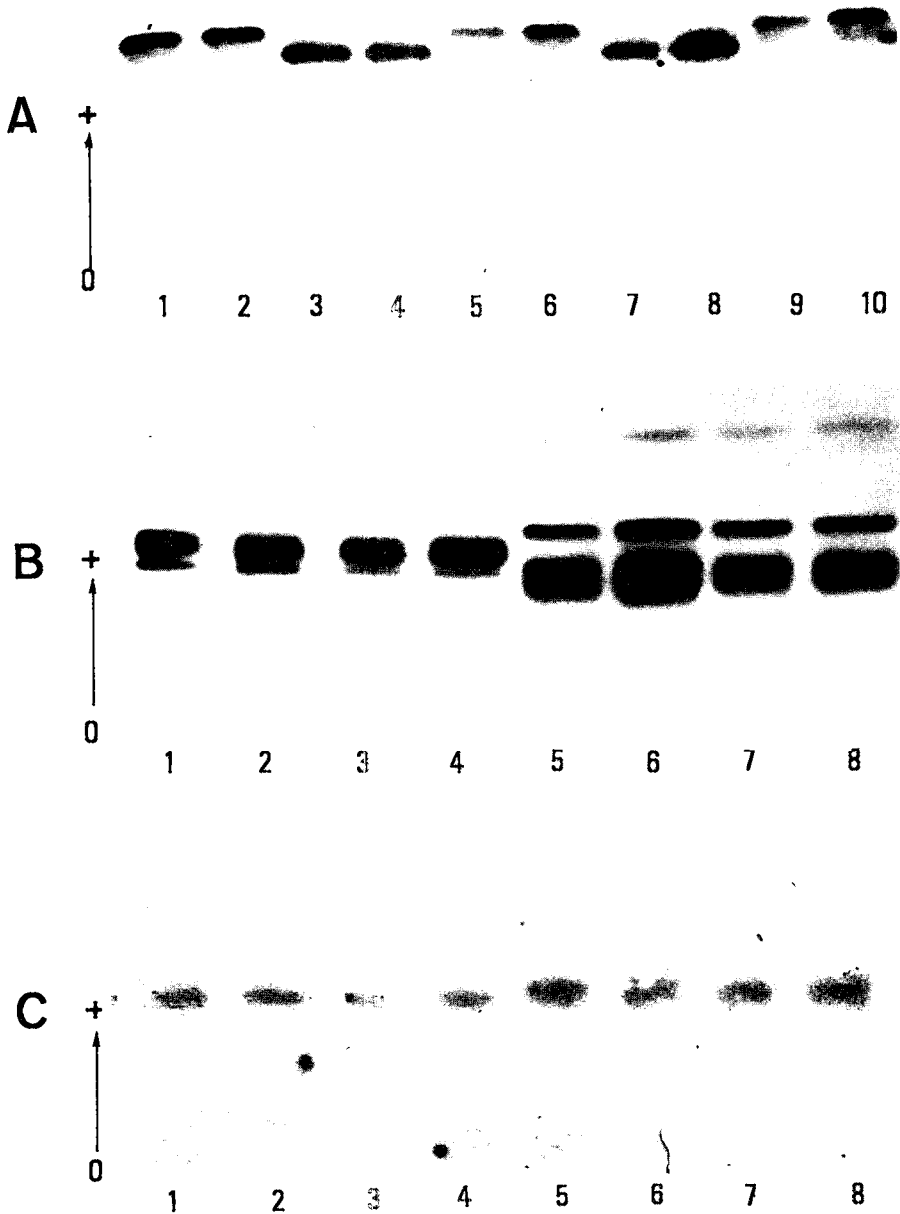


Fig. 4. Patterns of zymogram.

A: general protein (GP), 1,2,5,6,9,10: *M. lagowskii*; 3,4,7,8: *M. oxycephalus*.

B: esterase (*Est*), 1,2,3,4: *M. lagowskii*; 5,6,7,8: *M. oxycephalus*.

C: glutamate oxalate transaminase (*Got*), 1,2,3,4: *M. lagowskii*; 5,6,7,8: *M. oxycephalus*.

因子는 *M. lagowskii* 에서만, *Est-1<sup>b</sup>*, *Est-3<sup>b</sup>* 및 *Gp<sup>b</sup>* 因子는 *M. oxycephalus* 에서만 발견되었고 *Est-2* 遺傳因子의 *Est-2<sup>a</sup>*, *Est-2<sup>b</sup>* 因子는 *M. oxycephalus* 에서 나타났으나 *M. lagowskii* 에서는 *Est-2<sup>c</sup>* 因子가 null allele 이었다. 또한 *M. oxycephalus* 는 *Got-1<sup>b</sup>* 因子를 *M. lagowskii* 는 *Got-1<sup>c</sup>* 因子를 갖고 있으며 杆城 집단의 경우 *Got-1<sup>a</sup>*, *Got-1<sup>c</sup>* 因子가 함께 발견되었다.

상기 5개 遺傳因子의 뚜렷한 중간 차이는 側線上部鱗數에 의한 종 분류의 결과와 잘 일치한다.

각 종 및 집단간 遺傳的 변이 정도를 조사한 결과는 Table 4와 같다.

각 집단별 遺傳的 변이를 보면 11개 집단의 각 遺傳子당 평균 對立因子數는  $\bar{A}=1.10$ 으로 다른 척추동물에 비해 약간 낮은 편이었다(Nevo and Yang, 1979). *M. lagowskii* 4개 집단의 평균 對立因子數는  $\bar{A}=1.06$ 으로 *M. oxycephalus* 7개 집단의 평균 對立因子數  $\bar{A}=1.13$ 보다 약간 낮았다.

전체 조사 집단의 평균 多型形頻度는  $\bar{P}=0.116$ 으로 他 어류의 평균 多型形頻度  $\bar{P}=0.306$ 보다 낮은 값이었다(Ayala, 1982). *M. lagowskii* 의 種內 평균 多型形頻度는  $\bar{P}=0.06$ , *M. oxycephalus* 는  $\bar{P}=0.15$ 로 *M. oxycephalus* 가 *M. lagowskii* 에 비해 2배 정도의 높은 변이를 나타내었다.

異型接合子頻度(H)는 直接 관찰된 異型接合子頻度( $H_D$ )와 遺傳子頻度에 의한 異型接合子頻度( $H_C$ )(Yang, 1983)를 算出하였다.

種內 평균 異型接合子頻度( $\bar{H}$ )는 *M. lagowskii* 의 경우  $\bar{H}_D=0.008$ ,  $\bar{H}_C=0.007$ , *M. oxycephalus* 집단은  $\bar{H}_D=0.032$ ,  $\bar{H}_C=0.028$ 로서 他 어류의 평균 異型接合子頻度 보다 현저하게 낮게 나타났으며 (Avisé and Selander, 1972; Avisé and Smith, 1974; Butth and Burr, 1978; Zimmerman *et al.*, 1978; Ayala, 1982) *M. oxycephalus* 가 *M. lagowskii* 에 비해 遺傳的 변이가 높았다.

Table 3의 遺傳因子頻度を 이용하여 Rogers(1972)의 遺傳的 近緣值(S)와 Nei(1972)의 遺傳的 差異值(D)를 구한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5에서 보는 바와 같이 *M. lagowskii* 의 旺山과 玉溪 집단이 遺傳的 차이가 전혀 없었으며( $S=1.00$ ) *M. oxycephalus* 의 경우는 小光과 白岩 집단이  $S=0.997$ 로서 가장 가깝게 나타났다.

種內 집단간 평균 近緣值는 *M. lagowskii* 의 경우  $\bar{S}=0.981$ , *M. oxycephalus* 는  $\bar{S}=0.969$ 로 이들의 집단간 평균 近緣值는 척추동물의 집단간 평균 近緣值  $\bar{S}=0.95$ 와 유사하였다(Avisé, 1976).

또한 Yang *et al.*(1984)이 보고한 *Zacco temmincki* 4개 집단의 평균 近緣值( $\bar{S}=0.983$ )와 *Z. platypus* 4개 집단의 평균 近緣值( $\bar{S}=0.936$ )와도 매우 유사한 값이었다.

Table 5의 遺傳的 近緣值(S)를 토대로 dendrogram 을 작성한 결과는 Fig. 5와 같다.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 *M. lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 의 중간 近緣值는  $\bar{S}=0.692$ 로서 뚜렷히 구별되는 것을 알 수 있으며 이 값은 他 척추동물의 중간 近緣值와 거의 일치하는 것으로 보아(Avisé, 1976; Yang and Park, 1982; Kim *et al.*, 1985) *M. lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 는 완전히 종분화가 이루어진 별종이라 여겨진다.

Nei(1975)의 公式에 의하여 이들 2종의 종분화 년대를 추산한 결과 이들 2종은 약 180만 년 전에 분화되었다고 추정된다.

Table 4. Mean number of alleles per locus, polymorphism and heterozygosity of 11 populations of *M. lagowskii* and *M. oxycephalus*.

Locality	N	Mean No. of alleles per locus (A)	Polymorphism per population (P)	Heterozygosity per individual (H)	
				Direct count (H <sub>D</sub> )	By gene freq. (H <sub>G</sub> )
<i>M. lagowskii</i>					
1. Ganseong	20	1.12	0.11	0.026	0.022
2. Gangreung	20	1.12	0.11	0.006	0.006
4. Wangsan	10	1.00	0.00	0.000	0.000
5. Oggye	20	1.00	0.00	0.000	0.000
<i>M. oxycephalus</i>					
8. Sokwang	10	1.00	0.00	0.000	0.000
9. Baegam	10	1.00	0.06	0.006	0.007
10. Yeongdeog	10	1.06	0.11	0.041	0.035
11. Gampo	10	1.18	0.22	0.042	0.038
14. Yongin	10	1.24	0.22	0.048	0.042
15. Suanbo	10	1.29	0.28	0.063	0.054
16. Muju	10	1.12	0.17	0.024	0.022

Table 5. Genetic relationships among 11 populations of *M. lagowskii* and *M. oxycephalus*. Rogers' coefficients of genetic similarity (S) were given above the diagonal, and Nei's genetic distances (D) were given below.

	<i>M. lagowskii</i>					<i>M. oxycephalus</i>						
	1	3	4	5	8	9	10	11	14	15	16	
<i>M. lagowskii</i>												
Ganseong		.978	.959	.959	.683	.683	.670	.689	.666	.666	.683	
Gangreung	.009		.996	.996	.702	.702	.697	.695	.685	.688	.702	
Wangsan	.072	.000		1.000	.706	.706	.693	.708	.682	.685	.706	
Oggye	.001	.000	.000		.706	.706	.693	.708	.682	.685	.706	
<i>M. oxycephalus</i>												
Sokwang	.366	.350	.348	.348	.000	.997	.987	.968	.976	.961	.991	
Baegam	.366	.350	.348	.348	.000	.997	.987	.968	.976	.961	.991	
Yeongdeog	.363	.358	.357	.357	.003	.003	.015	.955	.964	.948	.978	
Gampo	.353	.338	.336	.336	.012	.012	.015	.954	.960	.959	.959	
Yongin	.376	.362	.361	.361	.002	.002	.006	.014	.958	.958	.968	
Suanbo	.371	.355	.354	.354	.007	.007	.010	.008	.008	.042	.952	
Muju	.362	.346	.344	.344	.001	.001	.004	.013	.042	.008	.008	

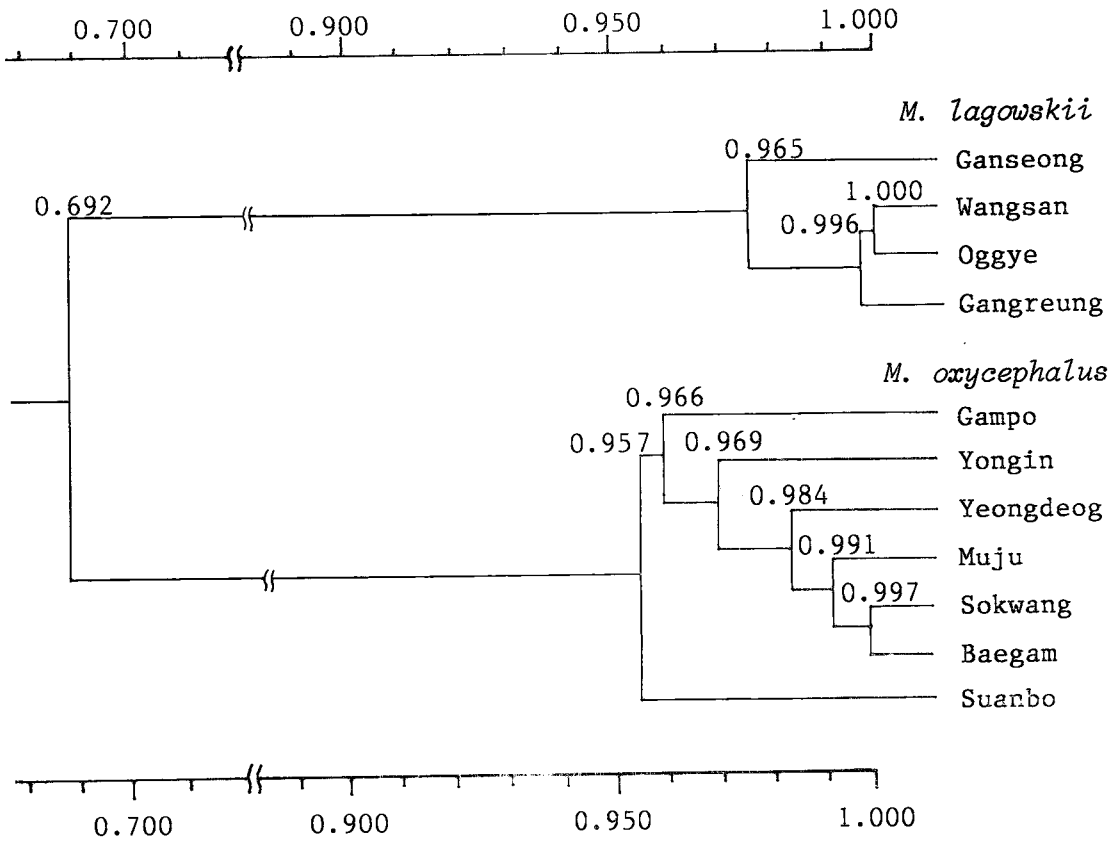


Fig. 5. Dendrogram based on Rogers' genetic similarity coefficients (S).

(3). 地理的 分布

한국산 1차 담수어의 유래는 빙하기에 中國大陸, 韓國, 日本이 모두 陸地로 연결되었을 때 서·남해로 흐르는 하천들은 모두 古黃河의 支流였으며 동해로 흐르는 하천들은 모두 古 Amur 하천의 영향을 받은 湖水로 한국산 1차 담수어는 古河川 水系로 유래되었다 한다(西付, 1974 ; Jeon, 1980 ; Kim, 1980).

한국산 *M. lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 의 분포는 종전까지 *M. lagowskii* 는 동해안으로 유입되는 하천에 서식 분포하고 *M. oxycephalus* 는 서·남해로 유입되는 하천에 분포한다고 보고하였고(Jeon, 1980 ; Choi *et al.*, 1983) Chyung(1977)은 동해안의 慶北 五十川 이남의 하천에도 *M. lagowskii* 가 분포한다고 하였다.

본 조사에서는 이들 2종의 분포한계와 共棲地域 유무를 밝히기 위해 특히 동해안의 하천들을 중심으로 외부 형태의 側線上部鱗數(SAL)와 電氣泳動을 통한 遺傳的 近緣關係를 면밀히 조사한 결과 종전의 일부 보고와는 달리 *M. lagowskii* 분포지역으로 알려졌던 白岩, 甘浦, 黃龍, 盈德, 小光, 公內, 三陟 집단이 모두 *M. oxycephalus* 로 밝혀졌고 杆城, 旺山, 江陵, 玉溪 집단이 *M. lagowskii* 로 구명되었다.

이 점으로 미루어 보아 *M. oxycephalus* 는 서·남해 뿐만 아니라 동해안의 三陟(三和) 지역까지 분포 서식하며 *M. lagowskii* 는 동해안의 玉溪 이북지방에만 분포 서식하는 것으로 사료된다.

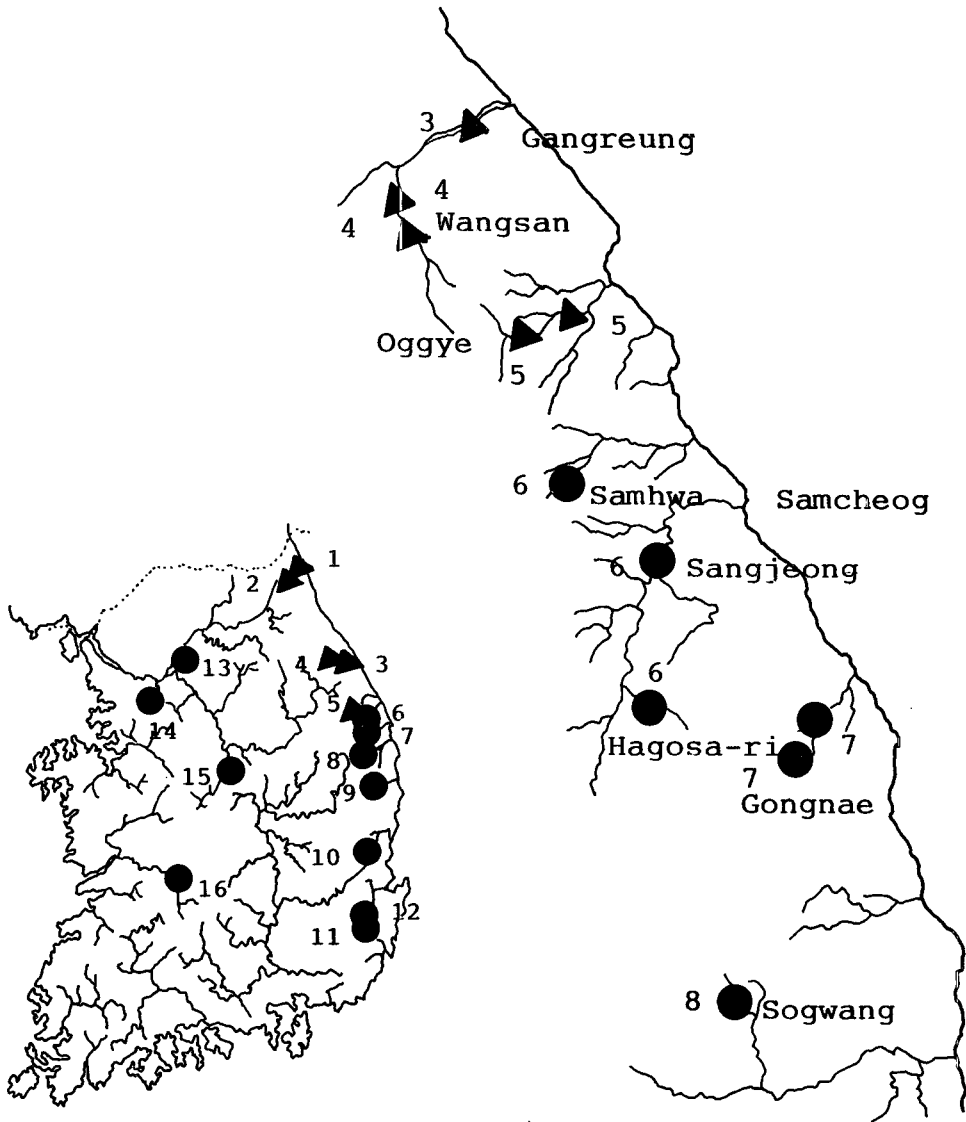


Fig. 6. Distribution of *M. lagowskii* (▲) and *M. oxycephalus* (●).

본 조사에서는 日本의 경우처럼 2종의 共棲地域은 찾아 볼 수 없었으며 Fig. 6에서와 같이 2종의 분포한계가 玉溪와 三陟(三和) 사이로 지형이나 水系가 연결되지 않은 것으로 보아 共棲地域은 없을 것으로 추측되나 앞으로 보다 면밀한 검토가 요구된다.

#### IV. 結 論

*Moroco lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 의 종분류는 외부 형질로서 側線上部鱗數(SAL)를 분류 형질로 정하는 것이 타당하다고 보며 종전까지 2종의 분류기준이었던 등지느러미위치는 종분류 형질로서는 부적당하였다.

側線上部鱗數(SAL)가 평균 22개 이상인 杆城 江陵 旺山, 및 玉溪, 집단은 *M. lagowskii* 로 분류하고 側線上部鱗數가 평균 20개 이하인 기타 집단들은 *M. oxycephalus* 로 분류되었다.

遺傳的 조사에서 18개의 遺傳因子를 분석 비교한 결과 *Est-1, Est-2, Est-3, Got-1* 및 *Gp* 의 5개 遺傳因子는 2종 사이에 뚜렷한 차이가 있어 종분류의 遺傳的標識形質(genetic marker) 로 이용할 수 있었고 側線上部鱗數에 의한 종 분류와 잘 일치하고 있다.

*M. oxycephalus* 는 *M. lagowskii* 보다 遺傳的 변이가 약간 높았으나 이들 2종은 他 어류의 평균 遺傳的 변이 정도보다는 훨씬 낮은 값이었다.

*M. lagowskii* 와 *M. oxycephalus* 의 중간 近緣値는  $\bar{S}=0.692$ 로서 이들 2종은 완전히 별종으로 분화되었다고 보며 2종의 분화 년대를 推算한 결과 약 180만년전에 분화되었다고 여겨진다.

2종의 미세 분포를 조사한 결과 종전의 보고와는 달리 玉溪 및 그 이북의 동해안 일대에는 *M. lagowskii* 가, 三陟(三和) 이남의 동해안 전역 및 기타 지역에는 *M. oxycephalus* 가 분포하는 것으로 밝혀졌다.

#### 謝 辭

본 연구에 적극 협력해주신 田祥麟교수에게 심심한 사의를 표하며 아울러 실험과정과 자료정리에 도움을 준 본 학과 대학원생 李賢實, 朴炳相, 金載洽, 沈在漢, 金鍾汎 제군에게 감사함을 드립니다.

#### 參考文獻

- 青柳兵司, 1957. 日本列島産淡水魚類總說. 大修館, 東京.
- Avise, J. C., 1976. Genetic differentiation during speciation. *In: Molecular Evolution* (F. J. Ayala, editor). Sunderland, Massachusetts, Sinauer Assoc. Inc., pp. 106-122.
- Avise, J. C. and M. H. Smith, 1974. Biochemical genetics of sunfish. I. Geographic variation and subspecific intergradation in the bluegill, *Lepomis macrochirus*. *Evolution*, **28**: 42-56.
- Avise, J. C. and R. K. Selander, 1972. Evolutionary genetics of cave-dwelling fishes of the genus *Astyanax*. *Evolution*, **26**, 1-19.
- Ayala, F. J., 1982. The genetic structure of species. *In: Perspectives on Evolution* (R. Milkman, editor). Sunderland, Massachusetts, Sinauer Assoc. Inc., pp. 60-82.
- Buth, D. G. and B. M. Burr, 1978. Isozyme variability in the cyprinid genus *Camptostoma*. *Copeia*: 298-311.
- Choi, K.C., S. R. Jeon and I. S. Kim, 1983. The atlas of Korean fresh-water fishes. Kor. Inst. Fresh-water Biol.
- Chyung, M. K., 1977. The fishes of Korea. Il-Ji Sa, Seoul, pp. 181-184.
- 板井隆彦, 1977. 奈良県高見川のアブラハヤ属 (*Phoxinus*)魚類の2型—その形態的生態的特徴について一. 静岡女子大学研究紀要, **10**: 201~220.
- 板井隆彦, 1978. 奈良県高見川のアブラハヤ属 (*Phoxinus*)魚類の2型—型内の変異について一. 静岡女子大学研究紀要, **11**: 263~274.
- 板井隆彦, 1980. 静岡県瀬戸川水系におけるアブラハヤ属 (*Phoxinus*)魚類の2型 I. 流れに合った分布について. 静岡女子大学研究紀要, **13**: 153~175.
- Jeon, S. R., 1980. Studies on the distribution of fresh-water fishes from Korea. Ph D. Thesis, Joong Ang Univ., **1**: 7-90.
- Jeon, S. R., 1984. Studies on the key and distribution of bagrid and silurid fishes (Siluriformes) from Korea.

- Annual Report of Sangmyung Women's University, 14: 83-115.
- 平井賢一・引戸 武, 1976. 北陸地のアブラハヤ屬魚類の形態と生態. 生理生態, 17: 365~372.
- Kim, I. S., 1980. Systematic studies on fishes of the family Cobitidae (Order Cypriniformes) in Korea. I. Three unrecorded species and subspecies of the genus *Cobitis* from Korea. Kor. J. Zool., 23,4: 239-250.
- Kim I. S., 1982. A taxonomic study of the Acheilognathine fishes (Cyprinidae) in Korea. Annual Report of Biological Research, 3: 1-18.
- Kim, I. S., G. Y. Lee and S. Y. Yang, 1985. Systematic study of the subfamily Leuciscinae (Cyprinidae) from Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 18, 381-400.
- 松原喜代松, 1955. 魚類の型態と検索. 石崎書店.
- Mayr, E., 1963. Animal species and evolution. Harvard Univ. Press.
- 민 미숙, 1983. 전국 대학생 학술연구 발표 논문집, 8: 118-132.
- 宮地伝三郎, 川那部浩哉, 水野信彦, 1976. 原色日本淡水魚類図鑑. 保育社, 130~134.
- 中村守純, 1969. 日本のコイ科魚類. 資源科学研究所, pp. 1-455.
- 中村守純, 1979. 原色淡水魚類検索図鑑. 北隆館, pp. 131.
- Nei, M., 1972. Genetic distance between populations. Amer. Natur., 106: 283-292.
- Nei, M., 1975. Molecular population genetics and evolution. Amsterdam, North-Holland.
- Nevo, E. and S. Y. Yang, 1979. Genetic diversity and climatic determinants of tree frogs in Israel. Oecologia, 41: 47-63.
- 西村三郎, 1974. 日本海の成立. 築地書館, pp. 88-142.
- Okada, Y., 1959. Studies on the freshwater fishes of Japan. J. Fac. Pref. Univ. Mie, 4: 1-862.
- Rogers, J. S., 1972. Measure of genetic similarity and genetic distance. Studies in Genetics VII. Univ. Texas Publ., 7213: 145-153.
- Selander, R. K., 1976. Genic variation in natural populations. In: Molecular Evolution (F. J. Ayala, editor) Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, pp. 21-45.
- Selander, R. K., M. H. Smith, S. Y. Yang, W. E. Johnson, and J. B. Gentry, 1971. Biochemical polymorphism and systematics in the genus *Peromyscus*. I. Variation in the old-field mouse (*Peromyscus polionotus*). Studies in Genetics VII. Univ. Texas Publ., 7103: 49-90.
- 内田恵太郎, 1939. 朝鮮魚類誌第1巻糸顎類, 内顎類. 朝鮮總督府水産試験場報告, 6: 268-350.
- Yang, S. Y., 1983. Genic variation in natural populations of the subfamily Acheilognathinae (Cyprinidae). Annual Report of Biological Research, Jeonbug Univ., 4: 11-19.
- Yang, S. Y. and B. S. Park., 1982. Genic variation and systematics of the subfamily Acheilognathinae (Cyprinidae) in Korea. Annual Report of Biological Research, Jeonbug Univ., 3: 25-32.
- Yang, S. Y., S. R. Jeon, I. Y. Choo, and J. H. Kim, 1984. Genetic variation and systematics in the subfamily Danioninae (Fishes). Bull. Inst. Basic Sci., Inha Univ., 5: 111-118.
- Zimmerman, E. G., R. L. Merritt and M. C. Wooten, 1980. Genetic variation and ecology of stoneroller minnows. Biochem. Syst. Ecol., 8:447-453.

수령 : 1986. 4. 10.

채택 : 1986. 4. 30.