

한국산 다슬기과 (Family Pleuroceridae) 2 종의 동위효소 변이

이준상, 고정호, 권오길

강원대학교 자연과학대학 생명과학부

Isozyme Variation in Two Species of Freshwater Pleurocerid Snails in Korea: *Koreanomelania nodifila* and *Koreoleptoxis globus ovalis*

Jun-Sang Lee, Jung-Ho Ko and Oh-Kil Kwon

Division of Life Sciences, College of Natural Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701. Korea

ABSTRACT

A genetic analysis using starch gel electrophoresis was performed to clarify the degrees of genetic differentiation among two species of the genus *Koreanomelania* and *Koreoleptoxis* (Gastropoda, Pleuroceridae). The average genetic similarity coefficients (S) among the populations of *K. nodifila* was $S = 0.848$ (0.805-0.905) and *K. globus ovalis* was $S = 0.755$ (0.666-0.860). The genetic similarity coefficients between *Semisulcospira gottschei* and *K. nodifila*, *S. gottschei* and *K. globus ovalis*, and *K. nodifila* and *K. globus ovalis* were 0.194, 0.301, and 0.301, respectively. So between *K. nodifila* and *K. globus ovalis* seems to be genetically two distinct taxa.

Keywords: Starch gel electrophoresis, Genetic similarity coefficients, *Koreanomelania*, *Koreoleptoxis*.

서론

국내의 다슬기과 (Pleuroceridae) 담수 복족류는 v. Martens (1905)에 의하여 모두 *Melania* 속의 15 종 및 3 아종으로 발표되었다. 그 후, Kuroda (1929) 는 v. Martens (1905) 의 *Melania* 속을 *Semisulcospira* 속으로 변경하였

고, Miyanaga (1942) 는 이를 *Semisulcospira* 속 6 종 및 3 아종으로 정리하면서 v. Martens (1894) 의 *M. nodiperda pertinax*와 *M. ovulum* 을 *Semisulcospira nodifila* (v. Martens 1886) 의 동종이명으로 기록하였다. 또한 Morrison (1954) 은 v. Martens (1886) 의 *M. nodifila* 를 *Oxytrema* 속으로 기록한 바 있다. 그 후 Kwon and Habe (1979), Kwon (1990) 은 국내 다슬기 과를 *Semisulcospira*, *Koreanomelania*의 2개 속으로 구분하고 *Koreanomelania* 속에 v. Martens (1886) 의 *M. nodifila* 와 *M. globus*를 포함하였다. 그러나 Burch *et al.* (1987) 은 v. Martens (1886) 의 *M. nodifila*를 *Hua* (*Koreanomelania nodifila*)로 기록하고, 또한 v. Martens (1886) 의 *M. globus*로 잘못 동정되어 왔던 종과 동일한 표본을 새로운 속 (*Koreoleptoxis*) 에 신아종 (*Koreoleptoxis globus ovalis*) 으로 발표하여 한국산 다슬기 과를 *Koreoleptoxis*, *Semisulcospira*, *Hua*의 3개 속으로 구분하고 있다.

본 연구는 v. Martens (1886) 의 *Melania nodifila*와 그동안 v. Martens (1886) 의 *M. globus*로 동정되어 Kwon and Habe (1979) 에 의하여 *Koreanomelania* 속으로 분류되어 왔던 Burch and Jung (1987) 의 *Koreoleptoxis globus ovalis*를 대상으로 전기영동을 이용한 isozyme 분석을 통하여 속간 수준의 분류적 유의성을 검증하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료인 염주알다슬기 (*Koreanomelania nodifila*) (Fig. 1B, C)와 띠구슬다슬기 (*Koreoleptoxis globus ovalis*) (Fig. 1D)는 국내 5개 지역의 하천에서 핀셋과 뜰채를 사용하

Received July 25, 2001; Accepted November 9, 2001
Corresponding author: Lee, Jun-Sang
Tel: (82) 33-250-8524 e-mail: sljun@kangwon.ac.kr
1225-3480/17206
© The Malacological Society of Korea

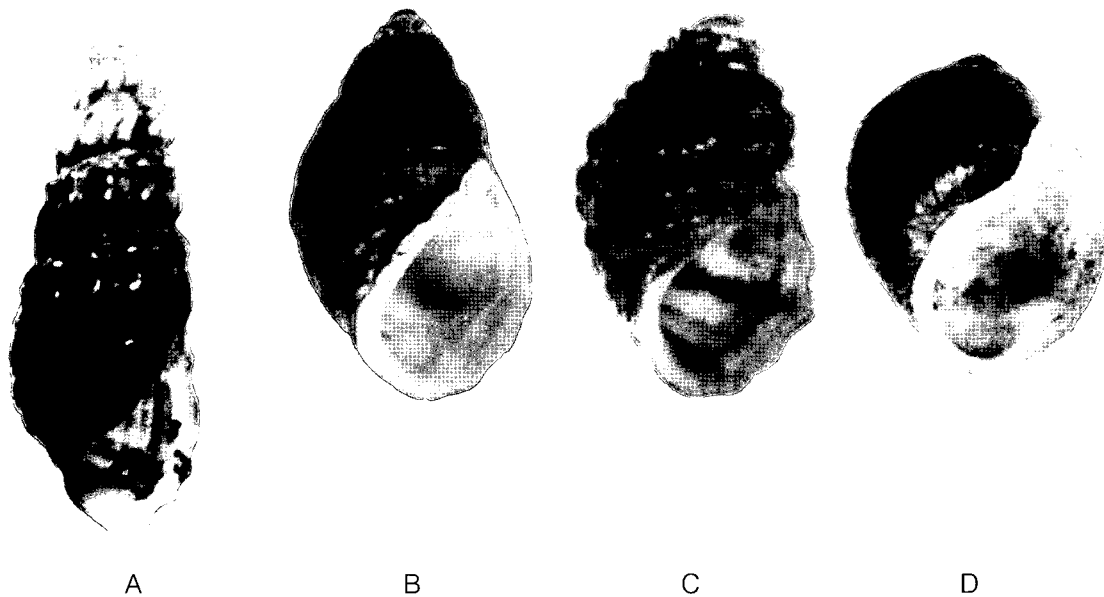


Fig. 1. A, *Semisulcospira gottschei*; B and C, *Koreanomelania nodifila*; D, *Koreoleptoxis globus ovalis*.

여 채집하였다. 한편 out group으로 사용된 곳체다슬기 (*Semisulcospira gottschei*) (Fig. 1A)는 경기도 양평군 양수리에서 채집하였다 (Fig. 2, Table 1).

채집된 개체는 실험실까지 살아있는 상태로 운반하였고, 기포발생기를 설치한 차광된 수조에 72시간 방치하여 소화관 내의 내용물을 제거한 후 냉동기 (-80°C) 에 보관하여 전기영동용 재료로 사용하였다. 채집된 각 개체들은 전기영동 전에 v. Martens (1905), Burch and Jung (1987), Kwon (2001) 등의 분류 방법에 따라 동정되었다.

냉동기에 보관된 재료는 패각과 소화기관을 제거한 후 조직과 증류수의 비율 (V/W) 을 1:1로 하여 glass homogenizer (B. Braun Co.) 로 마쇄한 후, 4°C에서 15,000 rpm (35,000 x g)으로 30분간 저온 원심분리하여 지방층을 제거한 상층액을 취하여 시료로 사용하였다. 동위효소 분석을 위한 전기영동은 Yang *et al.* (1991) 과 Buth (1986) 의 방법에 따라 수평 전분 전기영동법 (horizontal starch gel electrophoresis) 을 실시하였고, gel은 starch (Sigma, S-5651)를 11.5%의 농도로 만들었다.

효소별 염색 방법은 Selander *et al.* (1971)과 Buth (1986) 의 방법을 변형하여 실시하였고 전기영동 후 얻어진 효소 및 단백질의 전기영동상 (electromorph) 을 이용하여 각 개체별 유전자형을 확인하였다. 확인된 각 종 및 집단별 유전자형은 BIOSYS program (Swofford and Selander, 1981) 으로 각 집단의 대립인자 빈도 (allele frequency), 이형접합자 빈도 (heterozygosity) 을 구하여 이들의 유전적 변이를

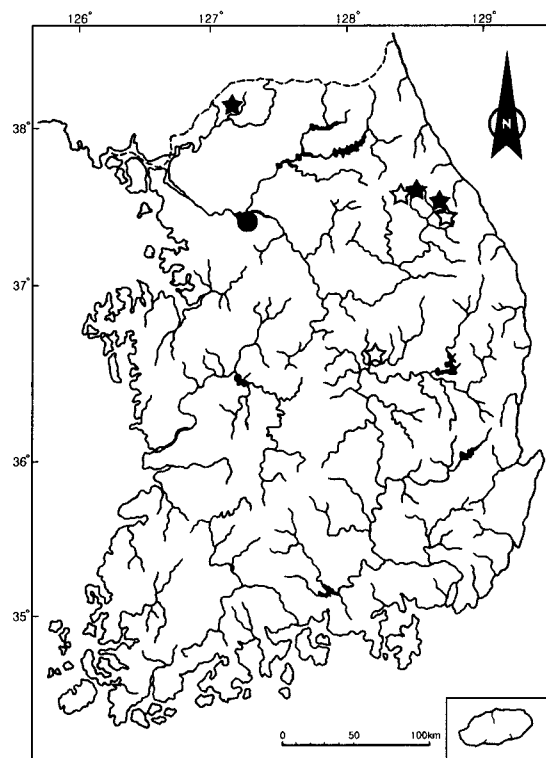


Fig. 2. A map showing the collecting sites. ●, collection sites of *Semisulcospira gottschei*; ★, *Koreanomelania nodifila*; ☆, *Koreoleptoxis globus ovalis*.

Table 1. Collection localities and sample sizes of specimens of the family Pleuroceridae employed in this study.

Species	Localities	No. of specimens	Date
<i>Semisulcospira gottschei</i>	1. Hangang (River), Yangsu-ri, Yangpyong-gun, Gyeonggi-do	20	June 2001
	2. Hantangang (River), Jangheung-ri, Cheorwon-gun, Gangwon-do	10	May 2001
<i>Koreanomelania nodifila</i>	3. Pyeongchanggang (River), Daesang-ri, Pyongchang-gun, Gangwon-do	20	June 2001
	4. Joyanggang (River), Buksil-ri, Chunseong-gun, Gangwon-do	10	Aug. 1999
	5. Joryongchon (Stream), Bongsang-ri, Mungyong-shi, Gyeongsangbuk-do	10	May 2001
<i>Koreoleptoxis globus ovalis</i>	6. Pyeongchanggang (River), Daesang-ri, Pyeongchang-gun, Gangwon-do	20	June 2001
	7. Donggang (River), Goseong-ri, Chunseong-gun, Gangwon-do	20	May 2000

Table 2. Buffer systems and enzymes for electrophoresis.

Buffer system	E.C.No.	Enzyme	Condition
T.C. II	2.6.1.1	Glutamate oxalate transaminase (Got)	100 V/5 hrs
	1.1.1.43	6-Phosphogluconate dehydrogenase (6Pgd)	
	1.1.1.49	Glucose-6-phosphate dehydrogenase (G6pdh)	
	1.1.1.8	α -glycerophosphate dehydrogenase(α Gpd)	
	1.1.1.37	Malate dehydrogenase (Mdh-1,2)	
	2.7.5.1	Phosphoglucomutase(Pgm)	
Poulik	-	Esterase(Est-2)	250 V/4 hrs
	3.4.11.11	Peptidase (Pept)	
	-	Esterase(Est-1)	

T.C. II, continuous tris citrate II, pH 8.0

Poulik, discontinuous tris citrate, pH 8.2

조사하였다. 대립인자 빈도를 토대로 한 각 집단 및 중간 유전적 근연관계는 Roger (1972)의 유전적 근연치와 Nei (1972)의 유전적 차이치로 구하였고, 이 유전적 근연치를 토대로 UPGMA 방법 (Sneath and Sokal, 1973)에 의한 dendrogram을 작성하였다. 사용된 isozyme과 buffer system은 Table 2와 같다.

결 과

염주알다슬기 (*K. nodifila*), 띠구슬다슬기 (*K. globus ovalis*) 각각 3개 지역 집단, 총 90 개체를 대상으로 한 전기영동 결과 8개의 효소에서 모두 10개의 유전자를 검출하였고 각 유전자별로 대립인자 빈도를 구한 결과는 Table 3과 같다. 검출된 10개의 유전자 중 일부는 집단 간 동일한 대립인자로 변이가 없었으나 중간 대립인자 구성 및 빈도에는 변이가 나타났다. 그 중 Got는 염주알다슬기 3개 집단 모두 동일한 a 대립인자로 구성되어 있으나 띠구슬다슬기는 3개 집단 모두 c 대립인자가 우세하게 나타나는 유전적 표식인자 (genetic marker)로 나타났다. 또한 G6pdh는 염주알다슬기에서는 검출되지 않았으나 띠구슬다슬기에서는 동일한 b 대립인자로 나

타나는 차이점을 보였다.

한편 강원도 정선군 북설리에서 채집된 염주알다슬기는 v. Martens (1894)의 *Melania nodiperda pertinax* type으로 v. Martens (1886)의 *Melania nodifila* type인 강원도 철원군 장흥리와 평창군 대상리 집단과 뚜렷한 유전적 구성차이는 나타나지 않았다. 그러나 띠구슬다슬기 3개 지역집단 개체들은 외부 형태적 차이를 보이지 않았으나 음의 방향으로 이동된 Est-2에서 강원도 정선군 고성리 집단은 경상북도 봉성리 집단과 강원도 평창군 대상리 집단의 b, c 대립인자와 구별되는 a 대립인자로 구성된 차이를 보였다.

Table 3의 대립인자 빈도를 이용하여 평균 유전적 변이정도를 산출하였다 (Table 4). 조사된 *K. nodifila* 3개 집단의 평균 대립인자수 A = 1.43, 평균 다형형빈도 P = 43.3% (20-60%), 직접 관찰된 이형접합자빈도 Ho = 0.186 (0.15-0.25), 유전자빈도에 의해 기대되는 이형접합자빈도 He = 0.166 (0.105-0.201)으로 나타나 *K. globus ovalis* 3집단 (A = 1.46, P = 36.6%, Ho = 0.071, He = 0.123)보다 다소 높은 유전적 변이정도를 보였다.

집단간 및 중간 유전적 근연관계를 알아보기 위하여 각 집단

Table 3. Allele frequencies of seven populations in the family Pleuroceridae.

Locus	Allele	<i>S. Gottschei</i>		<i>K. nodifila</i>		<i>K. globus ovalis</i>		
		1	2	3	4	5	6	7
Got	a		1.00	1.00	1.00			
	b					.05		
	c	.18				.95	1.00	1.00
	d	.82						
6Pgd	a	.52					.50	.88
	b	.48		.58	.80	1.00	.50	.12
α Gpd	c		1.00	.42	.20			
	a			.05	.05	.05	.27	1.00
	b		1.00	.95	.95	.95	.58	
	c						.15	
Mdh-1	d	1.00						
	a	.50				1.00	1.00	.65
	b	.50	.50	.50	.50			.35
Mdh-2	c		.50	.50	.50			
	a					.20	.15	.05
	b							.15
	c		1.00	1.00	1.00	.80	.85	.80
Est-1	d	1.00						
	a	1.00			.40	1.00	1.00	1.00
Est-2	b		1.00	1.00	.60			
	a							1.00
	b				.30	.55	1.00	
	c	.52	1.00	1.00	.70	.45		
G6pdh	d	.48						
	a	1.00	ND	ND	ND			
Pgm	b					1.00	1.00	1.00
	a							.10
	b					1.00	.97	.90
	c		1.00	.80	1.00		.03	
	d	.75		.20				
Pept	e	.25						
	a		.55	.42	.95	1.00	1.00	1.00
	b		.45	.58	.05			
	c	1.00						

의 유전자별 대립인자빈도 (Table 3)를 이용하여 Rogers (1972)의 유전적 근연치 (similarity, S)와 Nei (1972)의 유전적 차이치 (distance, D)을 구하여 비교하였다 (Table 5). 종내 집단간 유전적 근연치는 *K. nodifila*가 S = 0.848 (0.805-0.905)로 나타났고, *K. globus ovalis*는 이보다 낮은 S = 0.755 (0.666-0.860)의 값을 보였다. 각 종의 속간 유전적 근연치는 꽃체다슬기와 염주알다슬기가 S = 0.194의 매우 낮은 근연치를 보였고 꽃체다슬기와 띠구슬다슬기 사이는 S = 0.301을 보였다. 또한 염주알다슬기와 띠구슬다슬기 간에도 S = 0.301의 유전적 근연치를 나타내 또한 염주알다슬기와 띠구슬다슬기 간의 속간 차이를 볼 수 있었다.

Rogers (1972)의 유전적 근연치 (S)을 토대로 UPGMA

방법으로 dendrogram을 작성한 결과 (Fig. 3), 각 속의 종은 뚜렷한 유전적 차이 (S = 0.194-0.301)로 유집되어 형태적 분류체계와 일치하였다. 특히 강원도 정선군 북실리에서 채집된 v. Martens (1894)의 *Melania nodiperda pertinax* type이 *K. nodifila* group과 함께 유집되어 이 종이 염주알다슬기의 local form임을 보여 주고 있다. 그러나 띠구슬다슬기 3개 집단은 외부 형태적 차이점을 발견할 수 없음에도 불구하고 고성리 집단이 매우 낮은 유사도로 유집된 점에 대해서는 추가적인 분류학적 연구가 요구된다.

고찰

Von Martens (1886)의 *Melania nodifila*와 *M. globus*

Table 4. Average genetic variations of three species in the family Pleuroceridae.

Species	No. of specimens (N)	Mean No. of alleles per locus (A)	Polymorphism per locus (% p)	Mean heterozygosity	
				Direct (Ho)	Expect (He)
<i>Semisulcospira gottschei</i>					
1. Yangsu-ri	10	1.5	50.0	.163	.222
<i>Koreanomelania nodifila</i>					
2. Jangheung-ri	10	1.2	20.0	.150	.105
3. Daesang-ri	20	1.5	50.0	.250	.0194
4. Buksil-ri	10	1.6	60.0	.0160	.201
Average		1.43	43.3	.186	.166
<i>Koreoleptoxis globus ovalis</i>					
5. Bongaeng-ri	10	1.4	40.0	.090	.106
6. Daesang-ri	20	1.5	30.0	.040	.141
7. Goseong-ri	20	1.5	40.0	.085	.122
Average		1.46	36.6	.071	.123

Table 5. Rogers' (1972) coefficients of genetic similarity (S; above diagonal) and Nei's (1972) coefficients of genetic distance (D; below diagonal) of seven populations of family Pleuroceridae.

Species and population	Populations						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Semisulcospira gottschei</i>							
1. Yangsu-ri	-	0.146	0.206	0.225	0.286	0.312	0.305
<i>Koreanomelania nodifila</i>							
2. Jangheung-ri	2.383	-	0.905	0.805	0.291	0.232	0.188
3. Daesang-ri	1.895	0.045	-	0.835	0.349	0.272	0.208
4. Buksil-ri	1.740	0.130	0.079	-	0.486	0.390	0.299
<i>Koreoleptoxis globus ovalis</i>							
5. Bongaeng-ri	1.262	1.186	0.996	0.667	-	0.860	0.666
6. Daesang-ri	1.330	1.483	1.362	0.874	0.066	-	0.739
7. Goseong-ri	1.332	1.765	1.714	1.227	0.342	0.221	-

는 Kuroda (1929) 에 의하여 *Semisulcospira nodifila* 와 *S. globus*로 기록되었다가 Kwon and Habe (1979) 는 이 종들이 난생을 하는 사실을 들어 새로이 설정한 *Koreanomelania* 속에 편입시켰다. 그러나 Burch *et al.* (1987) 은 Kwon and Habe (1979) 에 의한 *K. nodifila*를 *Hua (K.) nodifila*로 기록하였고, 또한 Burch and Jung (1987) 은 *M. globus*의 국내 서식을 의문시하고 이와는 별개의 신이종 *Koreoleptoxis globus ovalis*를 발표하였는데 그 형태가 Kwon (1990), Kwon *et al.* (1993) 의 *Koreanomelania globus*와 일치하므로 Kuroda (1929), Miyanaga (1942), Kwon and Habe (1979), Kwon (1990), Kwon *et al.* (1993) 에서 표기된 *Semisulcospira globus* 또는 *Koreanomelania globus*는 Burch and Jung (1987) 에 의하여 신이종으로 발표된 *Koreoleptoxis globus ovalis* 일 것으로 본다. 따라서 현재까지 알려진 국내의 다슬기 과 담수패류 9 종 (Choe and Yoon, 1997) 중

Koreoleptoxis globus (v. Martens, 1886) 는 국내에 서식하지 않는 종일 가능성이 높다.

국내 다슬기 속 담수패류의 동위효소 분석에 대한 연구는 Kim (1986), Kim (1995), Jung *et al.* (1999) 에 의하여 실험 대상종의 유전적 변이 정도와 종간 유전적 유연관계를 밝힌 바 있으나 종내 집단 간 유전적 유연관계를 알아보기 위한 연구는 시도되지 않았다.

본 연구에서 염주알다슬기 3개 집단의 평균 다형성빈도 (P) 와 동형접합자 빈도 (Ho) 이형접합자빈도 (He) 는 P = 43.3%, Ho = 0.186, He = 0.166으로 나타났고, 띠구슬다슬기 3개 집단은 P = 36.63%, Ho = 0.071, He = 0.123으로 산출되어 Slender (1976) 의 육산패류 (P=43.7%, Ho=0.15) 와 Kim (1986) 의 *S. gottschei* (P = 44%, Ho = 0.09, He = 0.13)와 유사한 값을 보였으나, Kim (1995) 의 *Semisulcospira* 속 5종 (P = 58.0-83.3%, Ho = 0.470-0.591)보다는 낮은 유전적 변이를 보였다.

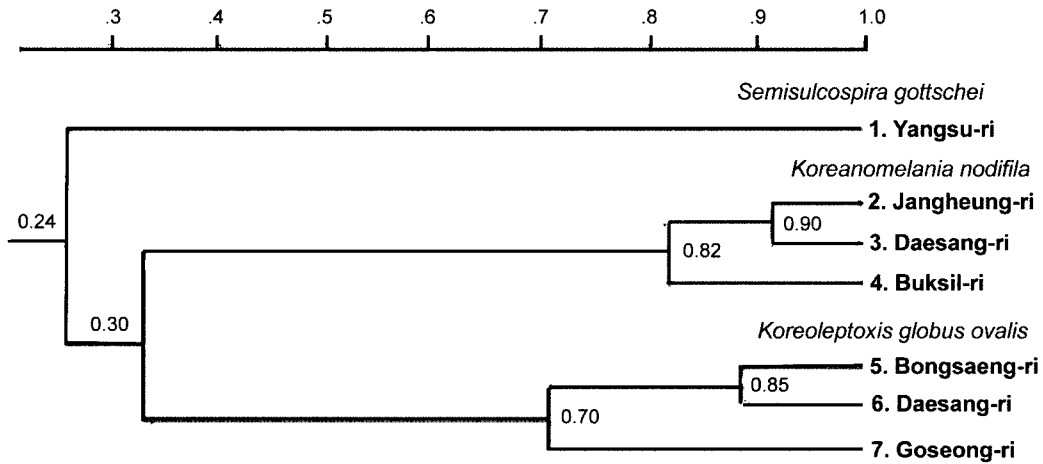


Fig. 3. A dendrogram of seven populations in three species of the Family Pleuroceridae based on Rogers' genetic similarity coefficients (1972).

염주알다슬기와 띠구슬다슬기의 지역 집단간 평균 유전적 근연치는 각각 $S = 0.848, 0.755$ 로 미국 플로리다의 *Goniobasis floridensis* 8 집단($S = 0.847$) 과 유사한 값 (Chambers, 1980) 을 보였고, 국내 담수산 채집 속 3 종, 11 개 집단의 유전적 근연치 ($S = 0.977-1.000$) 보다는 낮게 나타났으나 기수산인 일본재첩 (*Corbicula japonica*) 4개 집단 ($S = 0.873$; Lee and Kim, 1997) 과는 유사하게 나타났다. 그러나 Avise (1976) 의 초파리를 대상으로 이루어진 일반적인 무척추동물의 종내 유전적 근연치와 ($S = 0.970-1.000$)와는 차이를 보였다.

한편 염주알다슬기 3개 집단 중 강원도 정선군 북실리 집단 (Fig. 1C) 은 v. Martens (1894) 의 *Melania nodiperda pertinax* type이며 Miyana (1942) 에 의하여 *M. nodifila*의 동종이명으로 정리된 local form이다. 이 정선군 북실리 집단은 v. Martens (1886) 의 *M. nodifila* 집단 (강원도 철원군 동송읍 장흥리, 강원도 평창군 평창읍 대상리) 과 $S = 0.82$ 의 다소 낮은 유전적 근연치를 보였으나, 형태 변이가 전혀 없는 띠구슬다슬기 3개 집단이 $S = 0.70$ 의 유전적 근연치로 유집된 결과를 보여 Miyana (1942) 의 단일 종 정리는 타당하다고 사료된다.

각 종의 속간 유전적 근연치는 곳체다슬기와 염주알다슬기가 $S = 0.194$ 의 매우 낮은 값을 보였고 또한 곳체다슬기와 띠구슬다슬기사이의 $S = 0.301$ 을 보였다. 특히 염주알다슬기와 띠구슬다슬기간의 유전적 근연치는 $S = 0.301$ 로 일반적인 무척추동물의 종간 유전적 분화수준 $S = 0.47-0.78$ (Avise, 1976)보다 낮아 이 두 분류군 간에는 충분한 속간 차이의 유전적 분화수준을 보이고 있다. 따라서 국내 다슬기 과 담수패

류는 *Semisulcospira*, *Koreanomelania*, *Koreoleptoxis*의 3개 속으로 구분 짓는 것이 타당하다고 본다.

요 약

국내 5개 지역에서 채집된 염주알다슬기 (*Koreanomelania nodifila*) 와 띠구슬다슬기(*Koreoleptoxis globus ovalis*) 간의 유전적 분화수준을 토대로 속간 수준의 분류적 유의성을 검증하고자 전기영동을 이용한 동위효소 분석을 실시하였다. 종내 집단간 유전적 근연치는 염주알다슬기가 $S = 0.848$ ($0.805-0.905$) 로 나타났고 띠구슬다슬기는 이보다 낮은 $S = 0.755$ ($0.666-0.860$) 의 값을 보였다. 각 종의 속간 유전적 근연치는 곳체다슬기와 염주알다슬기가 $S = 0.194$ 의 매우 낮은 값을 보였고 곳체다슬기와 띠구슬다슬기 사이는 $S = 0.301$ 을 나타내었다. 또한 염주알다슬기와 띠구슬다슬기 간에는 $S = 0.301$ 의 유전적 근연치를 보여 이들 간의 유전적 분화수준이 속간 차이에 이를 수 있었다.

REFERENCES

Avise, J.C. (1976) Genetic differentiation during speciation *In: Molecular Evolution* (ed. by Ayala, F.J.), Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Burch, J.B., Chung, P.R. and Jung, Y. (1987) A guide the freshwater snails of Korea. *Walkerana*, 2(8): 195-232.

Burch, J.B. and Jung, Y. (1987 [1988]) A new freshwater prosobranch snail (Mesogastropoda: Pleuroceridae) from Korea. *Walkerana*, 2(8): 287-293.

Buth, D.G. (1986) Locus nomenclature and enzyme

- staining procedures for teleostfishes. (Personal description).
- Chamber, S.M. (1980) Genetic divergence between populations of *Goniobasis* (Pleuroceridae) occupying different drainage systems. *Malacologia*, **20**(1): 63-81.
- Choi, B.R. and Yoon, S.H. (1997) Mollusca. In: List of Animals in Korea. The Korean Society of Systematic Zoology, Seoul Korea. [in Korean].
- Jung, Y., Park, G.M., Park, J., Kim, J.J., Min, D.Y. and Chung, P.R. (1999) Allozyme variability in three species of Genus *Semisulcospira* (Prosobranchia: Pleuroceridae). *Korean J. Malacol.*, **15**(1): 13-20. [in Korean]
- Kim, C.H. (1986) Electrophoretic study of *Semisulcospira gottschei* in Korea. *Korean J. Malacol.*, **2**(1): 30-34. [in Korean]
- Kim, J.J. (1995) Isozyme variations of the genus *Semisulcospira* (Pleuroceridae: Gastropoda) in Korea. *Korean J. Malacol.*, **11**(2): 171-179. [in Korean]
- Kuroda, T. (1929) On Japanese melanians. *Venus*, **1**(5): 179-193, pl. 4. [in Japanese]
- Kwon, O.K. (1990) Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Vol. 32. Mollusca (I). Ministry of Education. Seoul Korea. [in Korean]
- Kwon, O.K. and Habe, T. (1979) A list of non-marine mollusks in Korea. *Kor. J. Limn.*, **12**(1-2): 24-31. [in Korean].
- Kwon, O.K., Min, D.K., Lee, J.R., Lee, J.S., Je, J.K. and Choe, B.L. (2001) Korean Mollusks with Color Illustration. Hangeul Publishing Company. Busan Korea. [in Korean]
- Kwon, O.K., Park, G.M. and Lee, J.S. (1993) Coloured Shells of Korea. Academy Publishing Company. Seoul, Korea. [in Korean]
- Lee, J.S. and Kim, J.B. (1997) Systematic study on the genus *Corbicula* (Bivalvia: Corbiculidae) in Korea. *Korean J. Syst. Zool.*, **13**(3): 233-246. [in Korean]
- von Martens, E. (1886) In Japan und Korea gesammelten land-und Süßwasser-Mollusken. Sitzungs-Bericht der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, (5): 76-78.
- von Martens, E. (1894) Neue Süßwasser-Conchylien aus Korea. Sitzungs-Bericht der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin, (8): 207-217.
- von Martens, E. (1905) Koreanische Süßwasser-Mollusken. Zoologischen Jahrbüchern, suppl. 8, pp. 23-70, pls. 1-3.
- Miyanaga, M. (1942) Kawanina snails of the *Semisulcospira* from Korea. *Chosen Hakubutsu Zasshi* [Korean Journal of Biological Science], **9**(36): 114-130. [in Japanese]
- Morrison, J.P.E. (1954) The relationships of Old and New World melanians. *Proceedings of the United States National Museum*, **103**(3325): 357-394.
- Nei, M. (1972) Genetic distance between population. *American Naturalist*, **106**: 283-292
- 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) Genetic variation in natural populations. In: Molecular Evolution. (ed. by Ayala, F.J.), Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Selander, R.K., Smith, H., Yang, S.Y., Johnson, W.E. and Gentry, B. (1971) Biochemical polymorphism and systematics in the genus *Peromyscus*. I: Variation in the old-field mouse (*Peromyscus polionotus*). *Studies in Genetics VI., Univ. Texas Publ.*, **7103**: 49-90.
- Sneath, P.H.A. and Sokal, R.R. (1973) Numerical Taxonomy. The Principles and Practice of Numerical Classification. 573 pp., W.H. Freeman Co., San Francisco.
- Swofford, D.L. and Selander, R.B. (1981) BIOSYS-1: FORTRAN program for the comprehensive analysis of electrophoretic data in population genetics. *J. Heredity*, **72**: 281-283.
- Yang, S.Y., Park, B.S., Kim, J.H. and Kim, J.B. (1991) Systematic studies of the genus *Cobitis* (Pisces: Cobitidae) in Korea. II. Geographic variations and classification of *Cobitis longicarpus*. *Korean J. Zool.*, **34**: 585-593. [in Korean]