

한국산 *Semisulcospira*속(다슬기과: 복족강) 패류 5종의 동위효소 변이

김 재 진

배재대학교 생물학과

=Abstract=

Isozyme Variations of the Genus *Semisulcospira* (Pleuroceridae: Gastropoda) in Korea

Jae-Jin Kim

Department of Biology, PaiChai University, Taejon 302-735, Korea

A horizontal starch gel electrophoresis was employed to elucidate the genetic variations of five Korean pleurocerid snail, *Semisulcospira libertina*, *S. forticosta*, *S. gottschei*, *S. coreana* and *S. tegulata*.

A total of twelve gene loci was examined. Average polymorphism of five species was ranged 58 to 83%, and *S. coreana* was shown the lowest polymorphism. Mean heterozygosity was around 50%. The phenogram constructed by the UPGMA method using Rogers' D showed that *S. gottschei* and *S. forticosta* were closely related to each other, *S. coreana* and *S. tegulata* were relatively closed, and these two groups were more distant from *S. libertina*.

서 론

다슬기는 연체동물문 복족강 다슬기과에 속하는 담수패로서 한국, 중국 및 일본에 분포하는 것으로 알려져 있고(Yen, 1939) 우리 나라에는 모두 11 종이 서식하는 것으로 알려져 있다(권, 1990). 이들 다슬기류는 주로 강에 서식하는 데, 식용으로 널리 이용되고 있으며 패흡충(페디스토마, *Paragonimus westermani*)와

요코가와흡충(*Metagonimus yokogawai*)의 제 1 중간숙주로서 공중보건학적으로 중요한 패류이다(小林, 1918; Abbott, 1948; Malek, 1962; 김 등, 1984).

Martens(1905)가 다슬기 속의 각 종의 특징을 기재한 이후, Yoo and Habe(1962)이 꽃채다슬기(*Semisulcospira amurensis gottschei*)를 미기록종으로 보고하였고, 김 등(1987)이 다슬기류 두 종의 염색체를 관찰 보고하였으며, Burch and Jung(1987)은 *Koreoleptoxis* 속을 신설하고 *K. globus ovalis*를 신아종으로 보고하였다. 권은 패각의 형태를 근거로 11종의 검색표를 제시한 바 있으나, 다슬기류의 패각의 형태, 색깔 및 크기가 지역에 따라 상이하여 분류 및 유전학적 근연관계에 대한 연구는 미미한 실정이다.

그러나 근래에 들어 전기영동법에 의한 동위효소

본 연구는 94년도 한국과학재단연구비와 배재대학교 교내연구비 지원에 의한 것임.
KOSEF 과제번호: 941-0500-039-1

(isozyme) 분석을 통하여 여러 종류의 담수산 패류의 집단간의 유전적 다양성, 종이나 아종의 수준에서의 계통분류학적 관계를 알아 보려는 연구가 활발히 진행되고 있다. Kim과 Kim(1988)이 *Bithynia*와 *Gabbia*에서 시행한 동위효소의 전기영동 실험을 비롯해 *Stagnicola* (Rudph and Burch, 1989), *Bulinus*(Wurzinger, 1979), *Tricula* (Kitikoon, 1982), *Bithyniidae* (Chung, 1984; Kim and Kim, 1990), *Oncomelania* (Woodruff *et al.*, 1988), *Lepidochitona* (Eernisse, 1992), *Polygyridae* (Emberton, 1992), *Euphaedusa* (황보 등, 1993), 또아리불난쟁이과 패류(정 등, 1995) 등의 패류에서 전기영동을 이용한 isozyme 주형양상을 근거로 대립인자, 다형형의 빈도, 이형집합자 등의 값을 구하여 각 집단이나 종간의 유전적 유연관계를 밝히는 연구가 진행된 바 있다.

본 연구는 한국산 다슬기류의 종별 유전적 변이를 알아보고 계통분류학적 근거를 제공하기 위하여 다슬기속(*Semisulcospira*)에 속하는 다슬기(*S. libertina*), 주름다슬기(*S. forticosta*), 꽃채다슬기(*S. gottschei*), 좁주름다슬기(*S. tegulata*) 및 참다슬기(*S. coreana*) 등 5종을 전국 각지에서 채집하여 전기영동(starch gel electrophoresis)을 이용해 동위효소를 분석하여 다슬기속에 대한 유전적 다형의 빈도, 이형집합자 빈도(heterozygosity), 유전적 거리(genetic distance) 및 유전적 유사성(genetic similarity) 등을 산출하였다.

재료 및 방법

1. 다슬기류의 채집 및 보관

북한강수계, 남한강수계, 금강수계 및 보성강 수계에 서식하는 다슬기속(*Semisulcospira*)에 속하는 다슬기(*S. libertina*), 주름다슬기(*S. forticosta*), 꽃채다슬기(*S. gottschei*), 좁주름다슬기(*S. tegulata*) 및 참다슬기(*S. coreana*)를 1994년 7월 부터 9월 사이에 채집하여 권(1990)의 도감에 따라 패각의 형태를 기준으로 종구분을 시행하였다.

채집된 각 개체들은 기생충의 감염된 개체들을 배제하기 위하여 개체별로 15 ml들이 물병에 넣어 2-3시간 방치한 후 해부현미경을 이용하여 유미유충(cercaria)이 방출되지 않는 개체들만 선별하였다. 또한 소화계 내용물을 제거하기 위하여 이틀간 굶겼다. 이를 개체별로 족근육(foot muscle)만을 분리하여 -70℃에

보관하였다.

2. 전기영동

냉동 보관된 패류의 연체부를 각 개체별로 tissue grinder로 마쇄하고 ultrasonication하여 4℃, 15,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 상등액을 전기영동시 까지 -70℃에 보관하였다.

이 조직추출액을 Dival(1984)의 방법에 따라 제조한 12% starch gel에 조직추출액에 적신 여과지를 삽입하고 전기영동을 시행하였다. 이때 이용하는 완충액은 관찰하고자 하는 동위효소에 따라 0.155 M Tris 완충액(pH 7.0) 또는 0.3 M Borate완충액(pH 8.0)을 사용하였다(Poulik, 1967; Shaw and Prasad, 1970). 전기영동은 4℃에서 40 mA로 5-7 시간동안 실시하였다. 전기영동을 마친 starch gel을 2 mm의 두께로 slicing하여 각 동위효소 별로 염색을 하였다.

3. 동위효소의 발색

발색은 Shaw and Prasad(1970), Vallejos(1983), Manchenko(1994) 등의 방법에 따라 관찰하고자 하는 동위효소의 substrate를 완충액과 함께 넣고 36℃에서 1-2 시간 incubation한 후 증류수로 세척하고 70% glycerine 등의 고정액으로 고정한 후 주형거리를 측정하고 촬영을 하였다.

4. 동위효소의 분석

Ferguson(1980)의 방법에 따라 각 locus의 allele 빈도를 다음과 같이 계산하고 채집지별, 패각의 형태별로 구분하여 heterozygosity를 구하였다.

Allele 빈도를 토대로 Nei(1972, 1978)의 방법에 따라 genetic identity와 genetic diversity를 구하였다. 아울러 Rogers(1972)의 방법에 따라 유전적 유사성과 비유사성(genetic similarity and dissimilarity)을 구하였다. 이를 위해서는 Green(1979)이 작성하고 Hillis와 Cannatella(1983)가 일부 수정한 개인용 컴퓨터 프로그램을 이용하였다.

위에서 계산된 Nei's dissimilarity coefficient matrix를 Sneath와 Sokal(1973)의 방법에 따라 UPGMA(unweighted pair-group method using arithmetic averages)로 각 집단의 유전적 상호 관계를 dendrogram으로 나타내었다. 이를 위해서는 NTSYS-pc 프로그램(ver. 1.7)을 이용하였다(Rohlf, 1992).

Glucose Phosphate Isomerase(GPI)는 diffuse한 모양으로 모두 네 가지 주형양상을 보였다(Fig. 1). 다슬기와 주름다슬기는 양극(+) 쪽으로 주형을 하였으나 다른 3 종에서는 음극(-)으로 주형을 하였으며 관찰되었다. 주름다슬기에서 이형접합자 빈도가 0.130으로 가장 낮았고 꽃체다슬기에서 가장 높았다(Table 1).

Table 1. Allele frequencies at 12 loci in five species of *Semisulcospira*

Locus	Allele	Frequencies				
		<i>S. c.</i> *	<i>S. l.</i>	<i>S. t.</i>	<i>S. f.</i>	<i>S. g.</i>
GPI	a	0.09	0	0.19	0	0.20
	b	0.64	0.50	0.25	0.93	0.55
	c	0.27	0.50	0.56	0.07	0
	d	0	0	0	0	0.25
	H*	0.509	0.500	0.588	0.13	0.595
MDH1	a	0.38	0	0.43	0.50	0.31
	b	0.62	1.00	0.57	0.50	0.69
	H	0.471	0	0.490	0.500	0.428
MDH2	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	H	0	0	0	0	0
MDH3	a	0.63	0.50	0.54	0.40	0.67
	b	0.25	0.50	0.46	0.40	0.30
	c	0.12	0	0	0.20	0.03
	H	0.526	0.500	0.497	0.640	0.460
LAP	a	0.05	0	0.20	0.13	0.17
	b	0	0.29	0.03	0.19	0
	c	0.18	0	0.26	0.19	0.29
	d	0.50	0.29	0.28	0.09	0.11
	e	0.27	0.42	0.23	0.40	0.43
	H	0.642	0.655	0.760	0.743	0.690
PGM	a	0	0.24	0.35	0.46	0.43
	b	0	0	0.10	0	0.04
	c	0	0	0.10	0.21	0.25
	d	0	0.14	0.17	0.29	0.14
	e	1.00	0.62	0.28	0.04	0.14
	H	0	0.538	0.750	0.659	0.712

GOT	a	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	H	0	0	0	0	0
AAP1	a	1.00	0.88	0.87	0.82	0.87
	b	0	0.12	0.13	0.18	0.13
	H	0	0.211	0.226	0.295	0.226
AAP2	a	1.00	0.50	0.79	0.89	0.75
	b	0	0.50	0	0.07	0.10
	c	0	0	0.21	0.04	0.15
	H	0	0.500	0.332	0.201	0.405
ACP	a	0.30	0.45	0.33	0.26	0.44
	b	0.03	0	0	0.04	0.06
	c	0.67	0.45	0.57	0.61	0.44
	d	0	0.10	0.10	0.09	0.06
	H	0.460	0.585	0.556	0.551	0.606
ME	a	0.24	0	0.50	0	0.12
	b	0.29	0	0.07	0.40	0.38
	c	0.24	1.00	0.35	0.60	0.48
	d	0.23	0	0.08	0	0.02
	H	0.748	0	0.616	0.480	0.610
EST1	a	0.58	0.50	0.89	0	0.28
	b	0.33	0.50	0.11	0.80	0.50
	c	0.09	0	0	0.20	0.22
	H	0.547	0.5	0.196	0.320	0.623

H* : frequency of heterozygosity
*S. c.**: *S. coreana* *S. l.*: *S. libertina*
S. t.: *S. tegulata* *S. f.*: *S. forticosta*
S. g.: *S. gottschei*

Malate Dehydrogenase(MDH)는 모두 3개의 locus가 관찰되었다. MDH1은 음극 쪽에서 관찰되었으며 MDH2, MDH3는 양극에서 관찰되었는데 MDH2는 monomeric하였다. MDH3에서는 이형접합자 빈도가 5종 모두에서 0.460 이상이었다.

Leucine Aminopeptidase(LAP)는 모두 5개의 allele이 관찰되었으며 이형접합자 빈도는 본 실험에 이용된 동위효소 중 가장 높았다. 가장 빠른 주형양상을 보이는 암색대에는 진하게 염색이 되었다.

Phosphoglucomutase(PGM)의 경우 참다슬기는 단일형을 보였으며 나머지는 다형형을 나타내었다. 줄주름다슬기와 꽃체다슬기의 경우 이형접합자의 빈도가 0.7 이상으로 대단히 높았다.

Glutamic oxaloacetic transaminase(GOT)는 본 실험

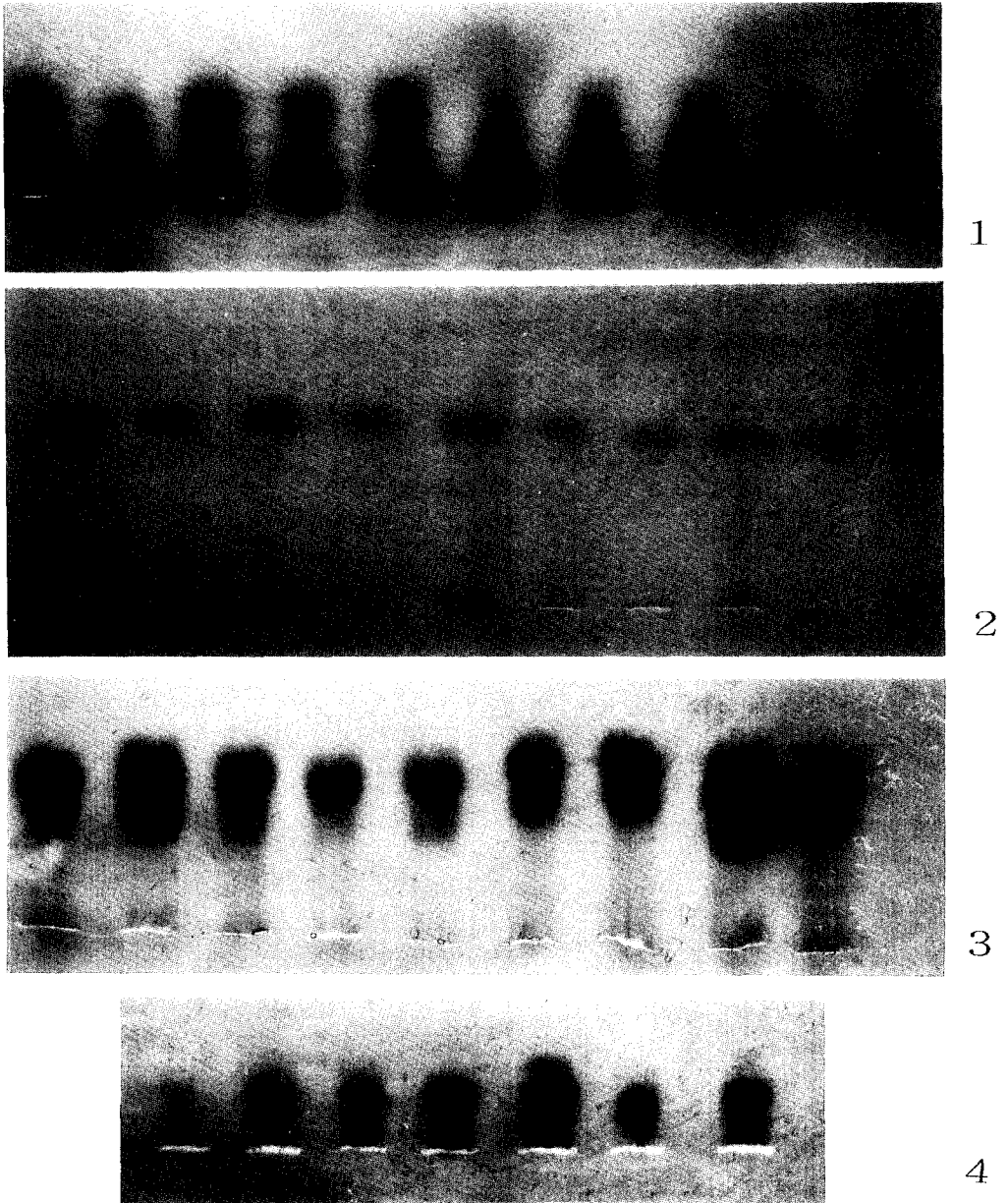


Fig. 1. Electrophoretic patterns of glucose phosphate isomerase in *Semisulcospira*.
Lane 1-5 : *S. tegulata* Lane 6-10 : *S. libertina*
Fig. 2. Electrophoretic patterns of glutamic oxaloacetic transaminase in *Semisulcospira*.
Lane 1-5 : *S. coreana* Lane 6-10 : *S. libertina*
Fig. 3. Electrophoretic patterns of acid phosphatase in *Semisulcospira*.
Lane 1-5 : *S. tegulata* Lane 6-10 : *S. gottschei*
Fig. 4. Electrophoretic patterns of malic enzyme in *Semisulcospira*.
Lane 1-2 : *S. tegulata* Lane 3-7 : *S. gottschei*

에 이용된 모든 개체에서 한 개의 비교적 빠르고 진한 염색대가 관찰되었다(Fig. 2).

Alanine aminopeptidase(AAP)는 모두 2개의 유전자좌가 관찰되었는데 AAP1은 monomer로 참다슬기에는 동형접합자만이 관찰되었고 나머지 4종은 이형접합자도 관찰되었다. AAP2 역시 참다슬기에서는 동형접합자만 관찰되었다.

Acid phosphatase(ACP)는 모두 4개의 염색대가 관찰되었으며 이형접합자의 비율은 0.5 진후였다(Fig. 3). Malic enzyme(ME)은 다슬기에서 동형접합자만이 관

찰되었으며 나머지 4종에서는 이형접합자도 관찰되었다. 비교적 느린 주행양상을 보였다(Fig. 4).

Esterase는 대단히 다형 현상을 보였으나 본 실험에서는 음극 쪽에서 관찰된 EST1 locus에 대해서만 비교를 하였다.

2. 유전적 다양성 및 거리(genetic diversity and distance)

모두 12개의 유전자좌에 대한 다형 현상을 살펴보았을 때 참다슬기가 가장 다형율이 낮았고 다슬기가 그

Table 2. Genetic variability at 12 loci in five species of *Semisulcospira*

	<i>S. coreana</i>	<i>S. libertina</i>	<i>S. tegulata</i>	<i>S. forticosta</i>	<i>S. gottschei</i>
Mean sample size/locus	25	11	38	28	40
% of loci polymorphic	58.0	66.7	83.3	83.3	83.3
Mean homozygosity/locus	0.591	0.584	0.499	0.540	0.470

Table 3. Matrix of genetic dissimilarity(above diagonal) and genetic identity(below diagonal) based on Nei's(1978) unbiased coefficient.

	<i>S. coreana</i>	<i>S. libertina</i>	<i>S. tegulata</i>	<i>S. forticosta</i>	<i>S. gottschei</i>
<i>S. coreana</i>	-	0.178	0.121	0.216	0.151
<i>S. libertina</i>	0.837	-	0.185	0.213	0.162
<i>S. tegulata</i>	0.886	0.831	-	0.255	0.142
<i>S. forticosta</i>	0.806	0.808	0.775	-	0.068
<i>S. gottschei</i>	0.860	0.851	0.867	0.935	-

Table 4. Matrix of genetic distance(above diagonal) and genetic similarity(below diagonal) based on Roger's(1978) formulae.

	<i>S. coreana</i>	<i>S. libertina</i>	<i>S. tegulata</i>	<i>S. forticosta</i>	<i>S. gottschei</i>
<i>S. coreana</i>	-	0.252	0.197	0.246	0.209
<i>S. libertina</i>	0.748	-	0.236	0.274	0.230
<i>S. tegulata</i>	0.803	0.764	-	0.237	0.185
<i>S. forticosta</i>	0.754	0.726	0.763	-	0.153
<i>S. gottschei</i>	0.791	0.770	0.815	0.847	-

다음 그리고 나머지 3종은 모두 83.3%의 유전자좌에서 다형현상을 보였다(Table 2). 각 종별 동형접합자 빈도의 평균은 좀주름다슬기에서 가장 낮았고 참다슬기에서 가장 높았다.

Nei(1978)의 유전적 거리를 계산한 결과 꽃채다슬기와 주름다슬기가 0.068로 가장 가까운 거리에 있었고 좀주름다슬기와 주름다슬기 사이의 유전적 거리가 0.255로 가장 멀었다(Table 3). 그러나 Rogers(1972) 공식에 의한 유전적 거리는 다슬기와 주름다슬기 사이에서 0.274로 가장 멀었으며, 주름다슬기와 꽃채다슬기의 유전적 거리가 0.153으로 가장 가까운 거리에 있었

다(Table 4).

Nei(1978)의 유전적 거리를 이용하여 UPGMA 방법으로 phenogram을 그려서 각 종간의 계통유연관계를 Fig. 5에 도시하였다. 즉 주름다슬기와 꽃채다슬기가 가장 근연관계에 있었고(0.068), 참다슬기와 좀주름다슬기가 한 군을 이루었으며(0.121), 이 군과 다슬기가 근연관계를 가지고 있었다(0.181). 이 3종(주름다슬기-참다슬기-다슬기)과 위의 2종(주름다슬기와 꽃채다슬기)가 0.190의 유전적 거리를 가지고 있었다.

Rogers(1972)의 유전적 거리를 이용하여 UPGMA 방법으로 phenogram을 그려서 각 종간의 계통유연관

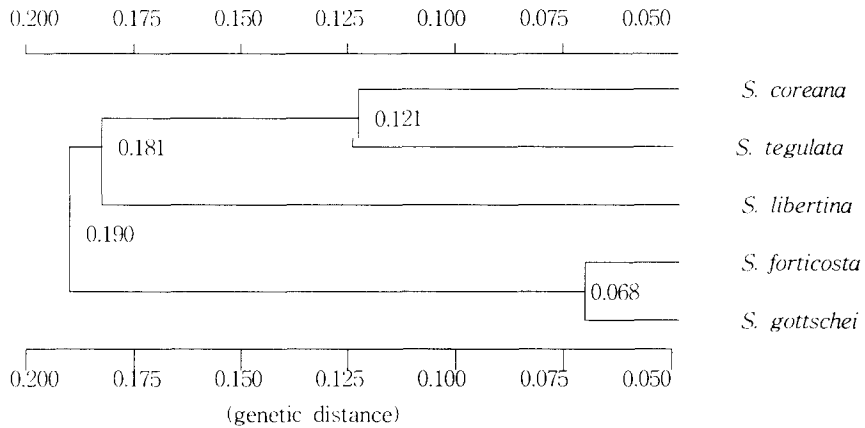


Fig. 5 Phenogram constructed by the UPGMA method using Nei's(1978) unbiased genetic distance.

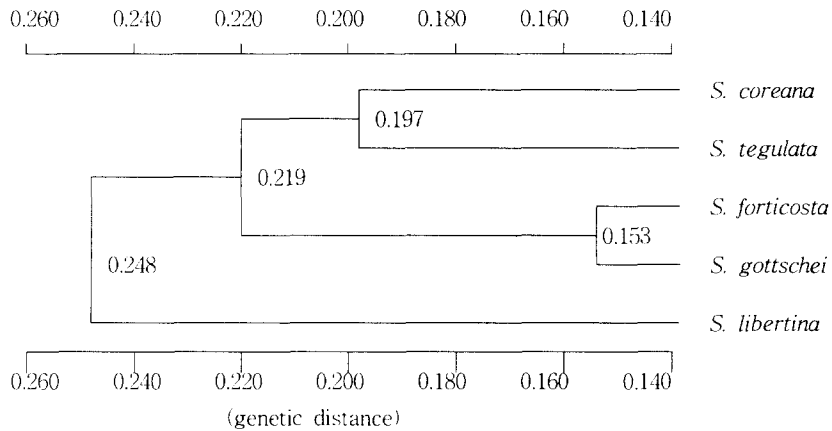


Fig. 6. Phenogram constructed by the UPGMA method using Rogers'(1972) distance.

계를 Fig. 6에 도시하였다. 이 결과는 계수 간의 약간의 차이는 있으나 대체로 Nei(1978)의 계수를 이용한 방법과 비슷하였다. 즉 주름다슬기와 꽃체다슬기가 가장 근연관계에 있었고(0.153), 참다슬기와 좀주름다슬기가 한 군을 이루었다(0.197). 다슬기는 이 두 군과 0.248의 유전적 거리만큼 떨어져 있었다.

고 찰

본 실험에서는 먼저 채집된 다슬기를 동일 지역에서 채집된 개체들이라도 패각의 형태가 유사한 집단끼리 고유 형태번호를 매기고 이를 다시 권(1990)의 도감에 따라 종 분류를 시행하였다. 본 연구에서 채집된 충남 논산군 양촌면의 경우 참다슬기, 다슬기 및 좀주름다슬기가 혼재해 서식하고 있었다.

생물 집단은 특유한 유전적 다형(genetic polymorphism)과 유전자 빈도(genetic frequency)를 가지고 있어 집단 유전, 계통 진화 및 분류 등을 이해하는데 중요하다(Avise, 1974). 우리나라의 경우 패류에 대한 계통분류학적 연구는 미미하여 극히 제한된 분류군, 즉 *Bithynia*, *Gabbia*, 달팽이(*Acusta despecta sieboldiana*), 부산입술대고둥(*Euphaedusa fusaniana*) 등 4개의 분류군에서만 유전적 다형 현상을 관찰한 연구가 있을 뿐이다(Kim and Kim, 1990; Chung, ; 황보동, 1992; 권 과 이, 1993). 한편 김(1986)은 경기도 1개 지점에서 채집한 꽃체다슬기(*S. gottschei*) 20개체를 대상으로 전기영동을 시행하여 유전적 다형성의 빈도를 산출하였으나 그 결과로는 한국산 다슬기류의 유전적 변이를 이해하는 데 너무 미흡하다고 생각된다.

따라서 본 연구에서는 5종의 다슬기류를 대상으로 starch gel electrophoresis를 시행하여 모두 12개의 유전자좌(locus)에 대해서 이형접합자 빈도, 각 allele별 빈도 등을 조사하였다. 이를 토대로 다형 유전자좌 비율을 산출하였고 유전적 동질성(genetic identity), 유전적 비유사성(dissimilarity)과 유사성(similarity) 및 유전적 거리(genetic distance)를 Nei(1978)와 Rogers(1972)의 계수(coefficiency)를 각각 이용하여 계산하였다. 이를 근거로 UPGMA 방법으로 phenogram을 작성하였다. 그 결과 꽃체다슬기와 주름다슬기가 유전적으로 가까운 그룹으로, 참다슬기와 좀주름다슬기가 앞의 그룹보다는 멀지만 일단 한 그룹으로 간주되는 점에서는 Nei(1978)와 Rogers(1972)의 방법을 적용한 결

과는 비슷한 경향으로 나왔으나, Nei(1978)의 방법에 따르면 다슬기가 참다슬기-좀주름다슬기 그룹에 더 가까운 것으로, Rogers(1972)의 방법에 따르면 다슬기는 다른 4종과는 일찍부터 분화된 것으로 나타났다. 이는 다슬기 패각의 표면이 매끄럽고 둥글다는 점에서 다른 4종과 확연히 구분되며 황갈색 무늬가 있다는 점에서 isozyme을 이용한 유전적 분석의 결과와 일치하고 있다. 한편 Keawjam(1990)은 태국산 *Pila* 5종 11집단에 대한 분자유전학적 연구에서 10개의 동위효소로부터 얻은 19개 유전자좌에 대한 분석에서 Nei(1972, 1978), Rogers(1972), 수정한 Rogers' D(Wright, 1978)의 계산 방식을 비교분석한 결과 Rogers의 유전적 거리가 유용하였다고 보고한 바 있다.

Keawjam(1990)은 태국산 *Pila* 5종 11집단의 다형성의 빈도가 15.8%에서 31.6%로 보고하였고, 김(1986)은 꽃체다슬기 1종을 대상으로 16개 유전자좌에 대한 분석을 통해 다형성의 빈도가 44%로 나타난 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서 이용한 5종의 다슬기류는 다형성의 빈도가 58%에서 83%로 대단히 높은 것으로 나타났다. 이는 매우 흥미로운 일로, 패각의 형태 변이와 무관하지 않은 것으로 생각된다. 즉 한 서식지의 경우라도 다양한 형태의 패각을 가진 개체들이 서식하고 있고, 2-3종의 다슬기류가 혼식하는 집으로 비유하여 다슬기류의 타 종(패각을 중심으로한 분류의 관점에서)간에 생식적 격리(reproductive isolation)이 이루어지고 있지 않다는 의심이 간다.

따라서 이들의 유전적 상호관계를 보다 세밀히 분석하기 위하여는 ① 각 개체별로 패각의 형태에 따른 동위효소의 변이, ② 종에 상관없이 각 서식지별로 동위효소를 이용한 유전적 차이를 추후 검토하여야 할 것이며, ③ 이와는 확연히 구분되는 알다슬기속(*Koreanoleptoxis*)과의 비교 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

한국산 다슬기류의 종별 유전적 변이를 알아보고 계통분류학적 근거를 제공하기 위하여 다슬기속(*Semisulcospira*)에 속하는 다슬기(*S. libertina*), 주름다슬기(*S. forticosta*), 꽃체다슬기(*S. gottschei*), 좀주름다슬기(*S. tegulata*) 및 참다슬기(*S. coreana*) 등 5종을 전국 각지에서 채집하여 전기영동(starch gel

electrophoresis)를 이용해 분자유전학적 분석을 실시한 결과를 요약하면 아래와 같다.

유전적 다형형의 빈도는 58%에서 83%로 대단히 높았고 이형집합자의 평균 빈도도 50% 내외였다. Rogers' D를 근거로 한 각 종간 유연관계는 주름다슬기와 꽃체다슬기가 근연관계를 이루고 있었고 좀주름다슬기와 참다슬기가 근연관계를 이루고 있었으며 이들 두 군과 다슬기는 유전적으로 거리를 두고 있었다. 이러한 결과는 패각의 형태와 비교할 때 유사한 경향을 보였다.

참 고 문 헌

- Abbott, L.R.T. (1948) Handbook of medically important mollusks of the orient and the Western Pacific. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, **100**(3): 245-328 + 5 plates
- Avisé, J.C. (1974) Systematic value of electrophoretic data. *Syst. Zool.*, **23**: 465-481.
- Burch, J.B. and Jung, Y. (1987) A new freshwater prosobranch snail (Mesogastropoda: Pleuroceridae) from Korea. *Walkerana*, **2**(8): 287-293.
- Chung, P.R. (1984) A comparative study of three species of Bithyniidae (Mollusa: Prosobranchia): *Parafossarulus manchouricus*, *Gabbia misella* and *Bithynia tentaculata*. *Malacological Review*, **17**: 1-66.
- Davis, G.M. (1968) Biosystematic analysis of *Semisulcospira trachea* (Gastropoda: Pleuroceridae). *Proceedings of the Symposium on Mollusca, Part I*. pp. 16-35.
- Davis, G.M. (1969a) A taxonomic study of some species of *Semisulcospira* in Japan (Mesogastropoda: Pleuroceridae). *Malacologia*, **7**(2/3): 211-294
- Davis, G.M. (1969b) Electrophoretic, immunological and biological properties of a population of *Semisulcospira* transmitting *Paragonimus wertermani* in Japan. *Japanese J. Parasitol.* **18**: 93-119.
- Divall, G.B. (1984) Starch gel electrophoresis of proteins. In: *Methods in molecular biology*. Vol. 1. Proteins. (ed. by Walker, J.M.). pp. 97-104. *Humana Press Inc., Clifton, N.J.*
- Eernisse, D.J. (1992) Separate origins of hermaphroditism in two chiton brooders inferred from phylogenetic analyses of morphology and isozymes. *11th Intern. Malacol. Congr., Siena*, p. 212.
- Emberton, K.C. (1992) Cladistic application of allozymatic data in the Polygyridae (Gastropoda: Stylommatophora). *11th Intern. Malacol. Congr., Siena*, p. 213.
- Ferguson, A. (1980) Biochemical systematics and evolution. 193 pp. *Balckie, Glasgow*.
- Green, D.M. (1979) A BASIC computer program for calculating indices of genetic distance and similarity. *J. Heredity*, **70**: 429-430.
- Hillis, D.M. and Cannatella, D.C. (1983) Calculation of indices of genetic distance, genetic similarity, and average homozygosity: correction of Green's computer program. *J. Heredity*, **74**: 115.
- Keawjam, R.S. (1990) The apple snails of Thailand: Molecular genetics. *J. Med & Appl. Malacol.* **2**: 1-44.
- Kim, J.J. and Kim, S.C. (1990) Allozyme analyses of *Bithynia manchourica*, *B. misella* and *B. kiusiuensis* (Gastropoda: Prosobranchia). *Korean J. Malacol.* **6**: 1-8.
- Kitikoon, V. (1982) Studies on *Tricola aperta* and related taxa. The snail intermediate hosts of *Schistosoma mekongi*. V. Electrophoretic studies. *Malacological Review*, **15**: 43-57.
- Kobayashi, H. (1918) Studies on the lung fluke in Korea. I. On the life history and morphology of the lung fluke. *Mitt. Med. Fachsch. Zu Keijo*, **2**: 95-113.
- Malek, E.A. (1962) Laboratory guide and notes for medical malacology. 154 pp., *Burgess Publ. Co., Minneapolis*
- Manchenko, G.P. (1994) Handbook of detection of enzymes on electrophoretic gels. pp. 1-341. *CRC Press, London*.
- Martens von, Ed. (1886) Über einige von Dr. Gottsche in Japan und Korea gesammelten Land- und Süßwasser-Mollusken. *Sitzungs-Bericht der Gesellschaft Naturforschender Freude zu Berlin*, **5**: 76-80.
- Martens, von Ed. (1905) Koreanische Süßwasser-Mollusken. *Zoologische Jahrbücher, Suppl.* **8**: 23-70 + 3 plates.
- Nei, M. (1972) Genetic distance between populations.

- American Naturalist*, **106**(949): 283-292.
- Nei, M. (1978) Estimation of average heterozygosity and genetic distance from small number of individuals. *Genetics*, **89**: 583-590.
- Poulik, M.D. (1957) Starch gel electrophoresis in a discontinuous system of buffers. *Nature*, **180**: 1477-1479.
- Rogers, J.S. (1972) Measures of genetic similarity and genetic distance. *Univ. of Texas Publ.* **72**13: 145-154.
- Rohlf, F.J. (1992) NTSYS-pc(version 1.7). Numerical taxonomy and multivariate analysis system. *Exeter Software, New York*.
- Rudolph, P.H. (1983) A prostate pouch in *Pseudosuccinea columella* (Basommatophora: Lymnaeidae). *Wakerana*, **14**(5): 389-394.
- Shaw, C.R. and Prasad, A.L.R. (1970) Starch gel electrophoresis of enzymes - A complication of recipes. *Biochemical Genetics* **4**: 297-320.
- Sneath, P.H.A. and Sokal, R.R. (1973) Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. 573 pp. *W.H. freeman and Co., Sanfrancisco*.
- Vallejos, C.E. (1983) Enzyme activity staining. In: Isozymes in plant genetics and breeding, Part A. (ed. by Tanksley, S.D. and Orton, T.J.), pp. 469-516. *Elsevier, Amsterdam*
- Woodruff, D.S., Staub, S. Katherine, C. Upatham, E., Viyanant, V. and Youn, H.C. (1988) Genetic variation in *Oncomelania hupensis*. *Malacologia*, **29**(2): 347-361.
- Yen, T-C (1939) Die chinesischen Land- und Süßwasser-Gastropoden des Natur-Museums Senckenberg. 234 pp.+ 16 plates. *Vittorio Klastermann, Frankfurt*
- Yoo, J.S. and Habe, T. (1962) Notes on two species of freshwater molluscs from Korea. *Jap. J. Malac.*, **22**: 79-81.
- 古奉燮 (1977) 淡水産 腹足類에 關한 生態學的 研究. 太白 山脈을 中心으로 본 주름다슬기의 分布. 韓陸水誌 **10**(34): 29-35.
- 小林晴治郎 (1918) 肺디스토마의 第 1 中間宿主. 朝鮮醫學 會誌, **21**: 1-18.
- 伊藤二郎 (1962) 日本産 セロリウミ의 綜說. 日本における 寄生 動物學의 研究 II, pp. 393-544. 日領高生 齋館, 東京
- 권오길 (1990) 한국동식물도감. 제32권. 동문원(연세대학교), 446 pp. 문교부.
- 권오길, 이준상 (1993) 한국산 달팽이(달팽이과) 자연집단 내 외부형태 및 Isozyme 변이에 관한 연구. 한국패류 학회 학술대회 초록집, p. 9.
- 김덕환 (1985) 한강수계 패류상 연구의 개관. 한국패류학회 지, **1**: 51-63.
- 김성순, 김동진, 정평립, 정용재 (1987) 한국산 다슬기류 (*Semisulcospira* spp.) 두 종의 세포학적 연구. 한국패류학회지, **3**: 24-34.
- 김재진 (1988) Bithyniidae과 패류의 분류 및 형태학적 연구. 158 pp., 연세대학교 석사학위논문, 서울.
- 김재진, 민득영, 소진탁 (1984) *Metagonimus yokogawai* 세르카리아의 감각유두에 관한 연구. 기생충학잡지, **22**: 11-20.
- 김재진, 양재경, 정평립, 소진탁 (1985) 전라남도 완도군 보길도에서의 폐흡충(*Paragonimus westermani*) 중간 숙주 조사. 한국패류학회지, **1**: 19-23.
- 김창환 (1986) 한국산 *Semisulcospira gottschei*의 살기영 동적 연구. 한국패류학회지, **2**: 30-34.
- 유종생 (1969) 한강산 담수패류의 분포 및 전종량. 서울사 대부고 연구논문집, **12**: 79-97.
- 임승권, 정인선, 정평립, 이근태 (1986) 한국산 다슬기 (*Semisulcospira* spp.)의 흡충류 유미충충 감염상태 및 농약의 잔류성에 관한 조사연구. 한국패류학회지, **2**: 13-25.
- 황보학, 이준상, 조동원 (1992) 한국산 부산입술대고동 (*Euphaedusa fusaniana*)의 아이소자임 변이. 한국패류 학회지, **8**: 32-44.