

# 쇠우렁이과(Bithyniidae) 패류 8종에 대한 수리분류학적 연구

김 재 진

배재대학교 생물학과

= Abstract =

## Numerical Taxonomy on Eight Species of the Bithyniidae (Gastropoda: Prosobranchia)

Jae-Jin Kim

Department of Biology, Paichai University, Taejon, Korea

Eight species of the family Bithyniidae, *Bithynia tentaculata*, *B. leachi*, *B. siamensis*, *B. manchourica*, *B. misella*, *B. kiusiuensis*, *Gabbia australis* and a *Bithynia* sp. collected from Nepal, were studied for their relationship between species. Total 20 characters were employed for the principal component analysis(PCA) and taxonomic distance.

*G. misella* and *B. kiusiuensis* were closely related and similar to *G. australis*. *B. manchourica*, *B. tentaculata* and *B. siamensis* relatively closed group, and taxonomic distance of *B. leachi* was far from the other species.

## 서 론

쇠우렁이과(Bithyniidae) 패류는 전세아강에 속하는 담수패류로서 중남미를 제외한 전세계에 분포하며(Chung, 1984) 우리나라에는 쇠우렁과 *G. misella*만이 서식하는 것으로 알려져 있다(Kim, 1983). 이들 패류는 철추동물에 기생하는 흡충류의 중간숙주로서의 용패류학 분야에서 중요한 부분을 차지하고 있다(Abbott, 1948).

따라서 이들 패류에 대한 체계적인 계통분류학적 연구가 필요한데 본 연구는 우리나라에 서식하는 쇠우렁이과 패류와 세계 각국에서 채집된 8종의 패류를 대상으로 패각과 연체부의 형태를 관찰하고 이를 토대로 수리분류학적 분석을 시도하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 패류의 수집과 보관

본 실험에 사용된 쇠우렁이과 패류는 *Bithynia leachi*, *B. tentaculata*, *B. siamensis*, *B. misella*, *B. kiusiuensis*, *Gabbia australis*, *Bithynia manchourica* 및 네팔에서 채집한 1종의 *Bithynia* sp. 등 8종으로써 1957년부터 1988년까지 저자를 비롯한 여러 연구자들이 아프리카를 제외한 세계 전 대륙에서 채집하였다(Table 1). 채집한 패류는 패각만을 보관하거나 패각과 함께 연체부를 70% alcohol에 고정 보관 하였다.

### 2. 형태 관찰

패각의 크기는 drawing tube가 부착된 해부현미

Table 1. Populations of bithyniid snails for morphological study

Species Population	Locality * collected	Date of collection	Collector	Habitat
<i>Bithynia manchourica</i>				
1) Nung-gok	Koyangni, Korea	Jun. 7, '70	Kim, C.H.	fish pond
2) Yoosoong	Taejon, Korea	Oct. 3, '84	Kim, C.H.	N.R.
3) Kimhae	Kimhae, Korea	Sep.23, '86	Kim, J.J.	I.C.
4) Ok-goo	Imp'a, Korea	Aug.11, '70	Meier-Brook	pond
5) Chongp'yong	Chongp'yong, Korea	Jul. 5, '70	Meier-Brook	fish pond
6) Haman	Haman, Korea	Nov. 3, '73	Kim, C.H.	I.C.
7) Yangsoori	Yangp'yong, Korea	Sep.27, '87	Kim, J.J.	pond
8) Fukuoka	Mizumaki, Japan	'76	Terasaki	N.R.
<i>Bithynia tentaculata</i>				
9) Chiemsee	übersee, Germany	May 31, '85	Meier-Brook	lake
10) Doberdorfersee	Kiel, Germany	May 31, '59	Meier-Brook	lake
11) Schreckensee	Altshausen, Germany	N.R.	Meier-Brook	lake
12) Bodensee	überlingen, Germany	Sep. 2, '82	Meier-Brook	lake
13) Längsee	Bleiburg, Austria	May 30, '85	Meier-Brook	lake
14) Warmbad	Villach, Austria	May 27, '85	Meier-Brook	lake
15) Skadarsko	Virpazar, Yugoslavia	Aug. 14, '85	Burgemeista	lake
16) St. Clair	New Baltimore, U.S.A.	'60	Neid	lake
17) Allgäu	Allgäu, Germany	Apr. 21, '70	Meier-Brook	lake
18) Ukleisee	Malente, Germany	Sep. 27, '79	Meier-Brook	lake
<i>Bithynia siamensis</i>				
19) Khon Kän	Khon Kän, Thailand	Sep. 7, '86	Haas	N.R.
<i>Bithynia</i> sp.				
20) Kirthipur	Katmandu, Nepal	Apr. 22, '81	Fritsch	N.R.
<i>Bithynia leachi</i>				
21) Längsee	Kiel, Germany	Dec. 28, '60	Meier-Brook	lake
22) Ukleisee	Malente, Germany	May 26, '78	Meier-Brook	lake
23) Kellersee	Malente, Germany	Mar. 5, '59	Meier-Brook	lake
24) Grosserplölersee	Plön, Germany	Aug. '58	Meier-Brook	lake
25) Drüsensee	Mölln, Germany	Jul. 12, '57	Meier-Brook	lake
26) Westensee	Kiel, Germany	May '61	Rentner	lake
27) Lüttaursee	Mölln, Germany	Jun. 7, '87	Meier-Brook	lake
28) Holstein	Elbe Lübeck, Germany	Jun. 7, '87	Meier-Brook	canal
<i>Bithynia kiusiuensis</i>				
29) Saga	Saga-Ken, Japan	May 27, '87	Terasaki	N.R.
<i>Bithynia misella</i>				
30) Haman	Haman, Korea	Nov. 3, '73	Kim, C.H.	N.R.
31) Kaejong	Kunsan, Korea	Sep. 9, '70	Meier-Brook	I.C.
32) Namil	Konju, Korea	Oct. 3, '84	Kim, C.H.	I.C.
<i>Gabbia australis</i>				
33) Walcha	Walcha, Australia	Feb. 4, '72	Witten	N.R.

Remarks;

\*: The nearest city in Britannic Atlas from the collection site, and the longitude and latitude of the city are in parentheses.

N.R.: not recorded

I.C.: irrigation canal

**Table 2.** Characters used assessing similarities and differences between each species of eight bithyniides

Characters	B.m.*	B.t.	B.s.	B.sp.	B.l.	B.k.	G.m.	G.a.
1. Shell length	2	2	2	1	0	0	0	0
0 small (<6.0 mm)								
1 medium (6.0~9.0 mm)								
2 large (>9.0 mm)								
2. Shell shape (spire angle)	0	0	0	1	1	1	1	2
0 subovately conic(50±5°C)								
1 ovately conic(60±5°C)								
2 globosely conic(70=5°C)								
3. Sculpture	2	0	0	0	0	1	1	0
0 smooth								
1 microscopic lines								
2 obvius spiral lines								
4. Suture	0	0	0	0	2	0	0	1
0 slightly deep								
1 moderate								
2 deep								
5. Umbilicus	0	0	0	0	0	1	1	2
0 imperforated								
1 sometimes perforated								
2 often perforated								
6. Aperture shape	1	1	1	1	0	1	1	1
0 ovate								
1 ovate-pyriform								
7. Growth lines	0	0	1	0	0	0	0	0
0 straighted								
1 undulated								
8. l/L, SPN of operculum (Fig. 1)	0	1	1	2	1	1	1	1
0<0.3								

**Table 2. Continued**

1 0.3~0.5								
2 >0.5								
9. w/W, SPN of operculum (Fig. 1)	1	1	1	0	2	1	1	1
0<0.3								
1 0.3~0.5								
2 >0.5								
10. F/PTL, male verge (Fig. 2)	1	1	0	2	3	1	1	1
0 0.5 0.25								
1 1.0 0.25								
2 1.5 0.25								
3 2.0 0.25								
11. Length of accessory prostate gland	1	0	2	1	0	0	0	0
0<8 mm								
18~12 mm								
2>12mm								
12. Coiling of vas deferens with accessory prostate gland	0	0	0	0	0	1	1	0
0 no								
1 yes								
13. Length of vas deferens	1	1	1	0	0	1	1	1
0 short								
1 long								
14. Width of vas deference	1	1	0	0	0	0	1	0
0 narrow								
1 wide								
15. Width of accessory gland	1	1	1	0	0	0	0	0
0 narrow								
1 wide								
16. Length of male verge	1	2	1	1	0	1	1	1
0 short								
1 medium								
2 long								

Table 2. Continued

17. Width of seminal vesicle	1	1	1	0	0	0	0	0
0 narrow								
1 short								
18. Division of testis	1	1	1	1	0	0	0	0
0 no								
1 yes								
19. Male verge shape	0	1	0	0	0	0	0	0
0 "C" type								
1 "S" type								
20. Gray bands of mantle skirt	1	1	1	1	0	1	1	1
0 absent								
1 present								

B.m.: *Bithynia manchourica* B.t.: *B. tentaculata* B.s.: *B. siamensis* B.sp.: *Bithynia* sp. B.l.: *B. leachi* B.k.: *B. kiusiuensis* G.m.: *Gabbia misella* G.a.: *G. australis*

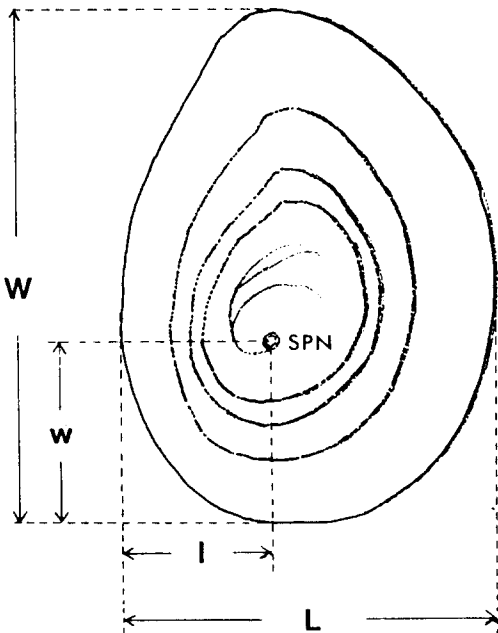


Fig. 1. Terminology of operculum for measurements of length, width and co-ordinate of starting point of nuclear spire (SPN).

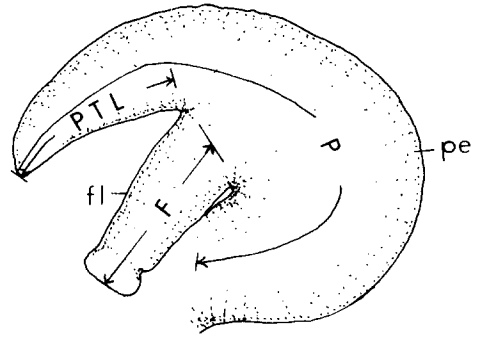


Fig. 2. Terminology of male verge.  
fl; flagellum  
pe; penis  
F; length of flagellum  
P; length of penis  
PTL; length of penis tip

경(M7, Wild사 제품)하에서 패각의 장경(각장: L; length of shell), 단경(각경: W; width of shell), 각구의 장경(LAP; length of aperture) 및 각구의 단경(WAP; width of aperture)을 측정하였다. 또한 발육에 따라 나층이 증가하는 각도를 drawing tube를 이용하여 패각별로 그림을 그려서 측정하였다.

패각의 형태는 해부현미경 10~20 배율로 나선이 있는 경우, 차체층(penultimate whorl)에서의 나선의 수를 세었고, 각구의 비후 정도, 제공(umbilicus)의 개폐 여부, 나층(whorl)의 수 등을 관찰하였다.

각개(operculum)의 경우 drawing tube가 부착된 해부현미경을 이용하여 핵의 형태와 함께 핵의 나선이 시작되는 점(SPN; starting point of nuclear spire)의 위치를 장축과 단축의 길이에 대한 비를 백분율로 나타내었다(Fig. 1).

수컷의 음경이 완전히 이완된 개체만을 골라 flagellum과 음경이 분지되는 곳으로부터 각각의 끝까지의 길이의 비를 구하였다(Fig. 2).

### 3. 통계 및 수리분류학적 처리

수리분류학적 분석은 SAS package의 Factor procedure와 Princomp procedure를 이용하여 요인분석과 주성분분석을 시행하였다. 또한 각 종간의 계통 유연관계는 패각 및 연체부의 특성을 중심으로

Sneath와 Sokal(1973)의 방법에 따라 Euclidean distance를 구하고 이를 이용하여 UPGMA(un-weighted pair-group method using arithmetic average) 방법을 시행하여 dendrogram을 작성하였다. 이때 사용한 프로그램은 NTSYS-pc(Rohlf, 1992)이었다. 모두 20개의 형질을 이용하였다(Table 2).

결 과

수리분류학적 연구를 위하여 패각, 각개, 연체부 형태 및 크기를 대상으로 20가지 형질을 선택하여 PCA를 시행한 결과 (Table 3), component I은 40.6%, component II는 21.2%, component III는 14.6%로 누적비율은 76.4%였다.

Component I에서는 형질 1(패각의 크기), 형질

15(부속섭호선의 두께), 형질 17(저정낭의 두께)의 순으로 높은 상관성이 인정되었다. 이는 주로 크기에 관한 형질들이었다.

Component II에서는 형질 5(제공의 개구 여부), 형질 12(수정관과 부속섭호선의 꼬임 여부), 형질 6(각구의 형태), 형질 20(외투막 가장자리의 회색 밴드 여부) 등의 순으로 상관성을 보였다. 이는 주로 패각과 연체부의 형태적 차이에 관한 형질들이었다.

Component III에서는 형질 8, 9(각개의 SPN 위치), 형질 3(패각 표면의 상태), 형질 14(수정관 두께) 등이 높은 상관성을 보였다.

위의 20가지 형질을 대상으로 각 종간의 Euclidean distance를 구하고(Table 4), 이를 바탕으로 각 종간의 계통 유연관계를 알아본 바 Fig. 3과 같았다. 즉, *G. misella*와 *B. kiusiuensis*는 분류학적 거리

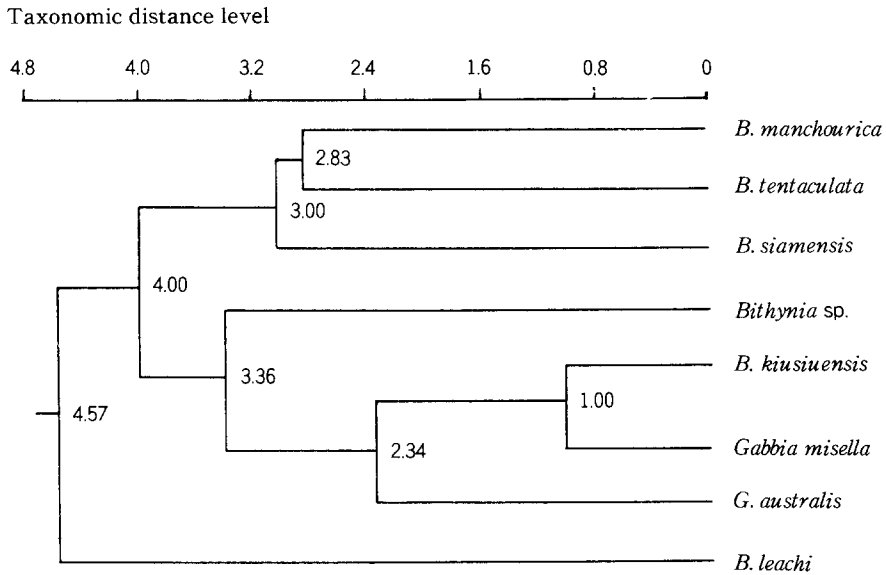
Table 3. Factor loadings of characters for the five principal components

Character*	Principal components				
	I	II	III	IV	V
1. shell length	0.317	-.196	-.018	0.041	-.021
2. shell shape	-.279	0.212	-.136	-.000	0.141
3. sculpture	0.090	0.163	0.336	-.188	-.502
4. suture	-.272	-.228	0.126	-.023	0.234
5. umbilicus	-.140	0.373	0.009	-.102	0.311
6. aperture shape	0.235	0.326	-.167	-.001	-.019
7. growth lines	0.155	-.149	-.192	-.425	0.278
8. l/L, SPN	-.110	0.003	-.490	0.238	0.008
9. w/W, SPN	-.140	-.184	0.415	-.143	0.279
10. F/PTL, male verge	-.258	-.219	0.026	0.257	-.255
11. accessory prostate, length	0.202	-.186	-.264	-.363	-.122
12. coiling, vas deferens	-.073	0.346	0.119	-.088	-.185
13. length of vas deferens	0.197	0.285	0.224	-.166	0.292
14. vas deferens, thickness	0.178	0.090	0.357	0.246	-.188
15. accessory prostate, thickness	0.311	-.172	0.139	-.034	0.117
16. length of male verge	0.258	0.182	-.034	0.341	0.191
17. seminal vesicle, thickness	0.311	-.172	0.139	-.034	0.117
18. division of testis	0.286	-.198	-.169	0.110	-.153
19. male verge shape	0.155	-.050	0.115	0.517	0.308
20. gray bands of mantle	0.235	0.326	-.167	-.001	-.019
Eigenvalue	8.128	4.241	2.920	2.157	1.527
Proportion	40.64	21.20	14.60	10.78	7.63
Cummulative%	40.64	61.84	76.44	87.23	94.86

Details are in Table 2.

**Table 4.** Matrix of Euclidean distances between pairs of operational taxonomic units(OTU)

OTU		Bm	Bt	Bs	Bn	Bl	Bk	Gm	Ga
<i>Bithynia manchourica</i>	(Bm)	—							
<i>B. tentaculata</i>	(Bt)	2.83	—						
<i>B. siamensis</i>	(Bs)	3.00	3.00	—					
<i>Bithynia</i> sp.	(Bn)	4.00	3.46	3.60	—				
<i>B. leachi</i>	(Bl)	5.29	5.09	5.56	4.00	—			
<i>B. kiusiuensis</i>	(Bk)	3.74	3.74	4.12	3.16	4.00	—		
<i>Gabbia misella</i>	(Gm)	3.61	3.61	4.24	3.32	4.12	1.00	—	
<i>G. australisa</i>	(Ga)	4.80	4.35	4.69	3.61	3.87	2.25	2.45	—



**Fig. 3.** The phenogram of UPGMA clustering of the eight bithyniids.

가 1 로 매우 근접해 있었고, 이들과 *G. australisa*는 근접해 있었다. 또 *B. manchourica*, *B. tentaculata* 및 *B. siamensis* 등은 비교적 근접한 종이고 *B. leachi*는 다른 종들과 상당히 먼 종임을 알 수 있었다.

**고 찰**

본 연구는 쇠우렁이과 패류 8종의 근연관계를 알아 보기 위하여 모두 20가지의 형질을 대상으로 수리분류학적 접근을 시도하였다. 본 연구에서는 패각의 크

기나 형태에 관한 형질 7가지, 뚜껑의 핵이 시작되는 위치에 관한 형질 2가지 및 수컷을 중심으로한 생식기관의 형태와 크기에 관한 형질 11가지를 이용하였다.

요인 분석 결과 주요인(principal components) I, II, III이 차지하는 누적 비율은 76.44%로 비교적 낮았다. 주요인 I에서는 주로 크기에 관한 형질이 이들의 분류에 주로 작용하였고, 주요인 II에서는 형태에 관한 형질이 주로 작용하는 것으로 나타났다.

쇠우렁이과 패류의 분류에 있어서 *B. kiusiuensis*는 芝(1933)가 우리나라 황해도 경이포에서 처음으로

채집 보고한 이래 Lee(1956)가 한국산 패류목록에 *B. misellus kiusiuensis*로 기재한 바 있고 Kwon과 Habe(1984)는 한국산 패류목록에 *G. misella*가 분포하는 것으로 보고한 바 있다. 또 Kim(1976)은 우리나라에는 *B. kiusiuensis*와 *B. misella*의 2종이 분포한다고 하였고 후자에 대한 형태를 보고하였으며, Kim(1983)은 *B. misella*의 분포지역에 대해 보고한 바 있다. Chung(1984)은 이를 Kwon과 Habe(1979)와 같이 *G. misella*로 사용하였다. 또한 일본에는 *G. misella*의 존재나 분포에 관한 보고가 없고 *B. kiusiuensis*만이 분포하는 것으로 알려지고 있다(Hirase, 1927; Kuroda, 1947, 1963; Ueno, 1973; Nagahana et al., 1976). 또한 Chung(1984)은 이 두 종이 이명동종인지에 대해 알려진 바 없다고 하였다. Kim과 Kim(1991)은 allozyme 연구를 통해 우리나라에서 채집된 *B. misella*와 일본에서 채집된 *B. kiusiuensis* 사이에 genetic distance를 알아본 바 0.217의 거리를 나타내어 Avise(1974)의 종분류 기준에 비추어 볼 때 별개의 종 수준이라고 보고하였다. 그러나 패각과 해부학적 형질을 이용한 본 연구 결과는 분류학적 거리가 1로 매우 근접한 종으로 해석되었다.

한편 이 종을 *Bithynia*속에 포함시켜야 할 지, 아니면 *Gabbia*속에 포함시켜야 할 지를 알아보고자 *Gabbia*속의 모식종인 호주산 *G. australis*와 형태학적으로 비교하여 보았다. 그 결과 패각의 형태는 *Bithynia*속과 *G. australis*와 중간적인 형태를 보였으며, 연체부의 형태에 있어서 수정관과 부속섭호선과의 꼬임이 나타나 이 두 속과는 다른 형태를 보였다. Chung(1984)은 염색체 관찰을 통해 *G. misella*는 염색체의 수가  $n=18$ 로, 염색체의 수가 알려진 몇 종의 *Bithynia*속의 염색체수  $n=17$ 과 다름을 관찰하고 allozyme 연구를 통해 *G. misella*는 *Parafossarulus*속의 아속이나 *Gabbia*속에 포함시켜야 한다고 하였다. 그러나 *G. misella*를 *Gabbia*속에 포함시켜야 할지에 대해서는 우선 *G. australis*의 염색체 관찰과 allozyme 연구 등을 형태학적 연구와 병행하여 시행한 다음에 결정하여야 할 것으로 생각된다. 본 연구의 결과로 보아서 *G. misella*를 잠정적으로 *Gabbia*속에 넣되 새로운 아속을 신설하여야 할 것으로 생각된다. 아울러 *G. australis* 역시 *Bithynia*속의 다른 종, 특히

*B. leachi*와 비교할 때 *Bithynia*속의 아속으로 포함시켜야 할 것으로 생각된다.

*Parafossarulus*속의 경우, Annandale(1923), Annandale과 Prashad(1924)이 이를 아속으로 신설하였으나, Walker(1927)는 이를 속 준위로 격상시켰으며 Abbott(1948)도 이에 동의하였다. 그러나 이 속의 특징인 나뭇이 없는 개체들도(양수리산) 있으며, 연체부의 형태가 *Bithynia* 모식종인 *B. tentaculata*와 커다란 차이가 없어 Pace(1973)의 견해대로 원래의 기재(Annandale and Prashad, 1924)에 따라 이를 아속으로 간주하거나 또는 이를 인정하지 않는 것이 옳을 것으로 생각된다. 패각 및 연체부의 형태를 중심으로 수리분류학적으로 분석하여 본 결과로도 *B. manchourica*가 *B. tentaculata*와 근접된 종임을 알 수 있었다.

## 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.
- Annandale, N. (1923) Zoological results of the Percy Sladen Trust Expedition to Yunnan under the leadership of Professor J.W. Gregory, F.R.S.(1922). Aquatic gastropod molluscs. *Journal of the Asiatic Society of Bengal, New Series*, 19: 339-422.
- Annandale, N. and Prashad, B. (1924) Report on a small collection of mollusca from Chekiang Province of China. *Proc. Mal. Soc., London*, 16: 27-49.
- Avise, J.C. (1974) Systematic value of electrophoretic data. *Syst. Zool.*, 23: 465-481.
- Chung, P.R. (1984) A comparative study of three species of Bithyniidae (Mollusca: Prosobranchia): *Parafossarulus manchouricus*, *Gabbia misella* and *Bithynia tentaculata*. *Malacological Review*, 17: 1-66.
- Hirase, S. (1927) Figuraro de Japanaj Bestoj. p. 1395, *Hokuryukwan Co. Ltd., Tokyo*.
- Kim, C.H. (1976) Study on the some differences between the *Bithynia misella* Gredler, 1884 and *Parafossarulus manchouricus* Bourguignat, 1860.

- Chungnam Med. J.* 3(1): 15-20.
- Kim, C.H. (1983) Distribution of the *Bithynia misella* Gredler, 1884 in the four river basins in Korea. *Res. Rep. Env. Sci. Tech. Chungnam Univ.*, 1(2): 23-28.
- Kim, J.J. and Kim, S.C. (1991) Allozyme analyses of *Bithynia manchourica*, *B. misella* and *B. kiusiuensis* (Gastropoda: Prosobranchia). *Korean J. Malacol.*, 6(1): 11-21.
- Kuroda, T. (1947) Illustrated encyclopedia of the fauna of Japan (exclusive of insects) (revised edition). p. 1157, *Hokuryukwan Co. Ltd., Tokyo*.
- Kuroda, T. (1963) A catalog of the non-marine mollusks of Japan, including the Okinawa and Ogasawara islands. pp. 1-71, *Malacological Society of Japan, Tokyo*.
- Kwon, O.K. and Habe, T. (1979) A list of non marine molluscan fauna of Korea. *Korean J. Limnology*, 12(1-2): 25-33.
- Lee, B.D. (1956) The catalog of molluscan shells of Korea. *Bulletin of Fisheries College*, 1(1): 53-100.
- Nagahana, M., Hatsushika, R., Shimizu, M. and Kawakami, S. (1976) Epidemiological studies on clonorchiasis in Okayama Prefecture (4). Geographical distribution of *Parafossarulus manchouricus* and *Bithynia kiusiuensis*. *Jap. J. Parasitol.*, 25(2, suppl.): 59.
- Pace, G.L. (1973) The freshwater snails of Taiwan (Formosa). *Malacological Review*, Suppl. 1: 1-118.
- Rholf, F.J. (1992) NTSYS-pc. Numerical taxonomy and multivariate analysis system. *Exeter Software, N.Y.*
- Sneath, P.H.A and Sokal, R.R. (1973) Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification. pp. 573, *W.H. Freeman and Co., San Francisco*.
- Ueno, M. (1973) Mollusca. In: Freshwater biology of Japan. pp. 309-341, *Hokuryukwan Co. Ltd., Tokyo*.
- Walker, B. (1927) The molluscan hosts of *Clonorchis sinensis*(Cobbold) in Japan, China and Southeastern Asia, and other species of molluscs closely related to them. *Am. J. Hyg. Monograph Series*, 8: 208-250.
- 芝井 (1933) 朝鮮産 肝吸蟲 第一中間宿主 研究. 朝鮮醫學會誌 23: 1546-1547.