

## Bithyniidae과(중복족목) 패류 8종의 패각과 뚜껑의 형태 관찰

김 재 진

연세대학교 생물학과

= Abstract =

### Morphological Observations on Shells and Operculums of Eight Bithyniids

Jae-Jin Kim

Dept. of Biology, Yonsei Univ., Seoul, 120-749 Korea

Shells and operculums of eight species of Bithyniidae, *Bithynia leachi*, *B. tentaculata*, *B. siamensis*, *B. misella*, *B. kiusiuensis*, *Gabbia australis*, *B. manchourica* and a *Bithynia* sp. collected from Nepal, were observed.

There is no morphological difference between Korean populations of *B. misella* and a Japanese population of *B. kiusiuensis*. And the shells of these species were similar to the other *Bithynia* species rather than Australian *Gabbia*.

The co-ordinate of the starting point of nuclear spire of operculum (SPN) was species specific and this value had very limited range within a species.

The results suggested that Korean and Japanese populations of *B. misella* and *B. kiusiuensis* are synonym and the co-ordinate of SPN will be a useful character in systematics of operculated snails.

### 서 론

Bithyniidae과 패류는 연체동물문 복족강 전세아강 (Prosobranchia) 중복족목(Mesogastropoda)에 속하는 담수패류로서 이중 일부는 인체를 비롯한 동물에 기생하는 디스토마류(Trematoda)의 중간숙주로 공중보건학적으로 중요한 의의를 갖고있다(Abbott, 1948).

Bithyniidae과 패류는 중남미를 제외한 전세계에 분포하는데(Chung, 1984) 우리나라에서는 최우령과 *B. misella*만이 서식하는 것으로 알려져 있다(Shiba, 1933; Kwon and Habe, 1979; Kim, 1983). 또한 *B. misella*는 중국대륙(Yen, 1939) 및 대만(Pace, 1973)에 분포하며 이와 패각의 형태가 유사한 *B. kiusiuensis*는 일본

(Kuroda, 1963)과 중국 해룡현(Liu *et al.*, 1985)에 분포한다.

본 패류에 분류학적 연구에 있어 최우령의 경우 Annandale 및 Prashad (1924)는 패각의 나선(spiral line)이 뚜렷한 점이 다른 *Bithynia*속과 다르므로 새로이 *Parafossarulus*아속을 신설하여 최우령을 모식종(type species)으로 하였다. 이후 Abbott (1948)는 이를 속준위(generic rank)로 격상시켰으나 Pace(1973)는 연체부의 형태가 *Bithynia*속의 모식종인 *B. tentaculata*와 다르지 않으므로 이를 인정하기 어렵다고 하였다. 또한 최우령의 종명도 *striatula*, *striatulus* (Kobayashi, 1923; Meier-Brook and Kim, 1977), *manchourica*, *manchouricus* (Abbott, 1948; Pace, 1973; Chung, 1984) 등으로 불리고 있는 실정이다.

*B. misella*의 경우도 이를 *Bithynia*속에 포함시키는 측과(Kuroda, 1963; Kim, 1976; Kim, 1983)과 *Gabbia*

속에 포함시키는 측이 있으며(Kwon and Habe, 1979), Chung (1984)은 *Bithynia*속 보다는 *Parafossarulus*의 아속 또는 *Gabbia*속에 넣기 위해서는 호주산 *Gabbia*와 비교 검토되어야 할 것이라 하였다. 또한 Kim (1976)은 우리나라는 *E. kiusiuensis*와 *B. misella* 두 종이 함께 분포한다고 하였으며, Habe(1973)는 일본산인 *B. kiusiuensis*와 중국산인 *B. misella*이 형태학적 차이를 언급하였으나, 일본에 분포하는 *B. kiusiuensis*가 국내에 분포하는 *B. misella*와 동일 종인지에 대한 비교 연구는 아직 알려진 바 없다.

따라서 본 연구는 한국산 *B. manchourica*와 *B. misella*의 분류학적 위치를 재검토할 목적으로 *Bithynia*속과 *Gabbia*속의 모식종을 비롯한 8종의 Bithyniidae과 패류의 패각의 형태와 크기를 비교하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 패류의 수집

본 실험에 사용된 Bithyniidae과 패류는 *Bithynia leachi* Sheppard, 1823, *Bithynia tentaculata* Linnaeus, 1758, *B. siamensis* Lea, 1856, *B. misella* Gredler, 1884, *B. kiusiuensis* Hirase, 1927, *Gabbia australis* Tryon, 1865, *B. manchourica* Bourguignat, 1860 및 네팔에서 채집한 1종의 *Bithynia* sp. 등 8종으로써 1957년부터 1988년까지 저자를 비롯한 여러 연구자들이 아프리카를 제외한 세계 전대륙에서 채집하였다(Table 1).

### 2. 패각의 관찰

1) 크기의 측정: 패각의 크기는 drawing tube가 부착된 해부현미경(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.

2) 패각의 형태 관찰: 패각의 형태 관찰을 위하여 Malek (1962)에 따라 패각 외부에 붙은 잡물질을 제거하였다. 즉 5% sodium hydroxide 용액에 패각을 넣고 증탕으로 20~30분간 끓여서 잡물질을 제거하였다. 이를 다시 5% sodium hydroxide 용액에 넣어 ultra-

sonic cleaner (Bransonic 52)를 이용하여 현미경하에서 잡물질이 보이지 않을 때까지 sonication 한 후 증류수로 3번 세척하여 건조상태로 보관하였다. 패각의 형태는 해부현미경 10~20배율로 나선이 있는 경우, 차체층(penultimate whorl)에서의 나선의 수를 세었고, 각구의 비후정도, 제공(umbilicus)의 개폐 여부, 패각의 부식 정도, 나층(whorl)의 수 등을 관찰하였다.

3) 뚜껑의 관찰: 뚜껑(operculum)을 근육으로부터 분리하여 ultrasonic cleaner로 세척하여 겔표면에 붙은 이물질을 제거한 후 drawing tube가 부착된 해부현미경(Wild M3)을 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).

## 실험 결과

### 1. 패각의 형태 및 크기

본 실험에서 관찰한 Bithyniidae과 패류의 패각은 시계방향으로 나선을 이루고 있었으며(dextral) 크기는 15 mm 이하였다. 패각의 각도는 subovate에서 globuse한 형태를 이루고 있었고, 각구에는 뚜껑을 갖고 있었다.

각 종에 대한 패각의 형태학적 특징은 Table 2에 요약하였다.

1) *Bithynia manchourica*: 패각의 각도가 51~64도(평균 58도; n=47)로, subovate한 형태를 이루고 있으며 크기는 각장이 평균 9.4 mm(6.0~11.8 mm), 각경은 평균 6.2(4.2~8.0 mm)였다(Table 3). 각경(X)에 대한 각장(Y)의 1차 회귀방정식은  $Y = -0.127 + 1.535X$  ( $r = 0.85$ )로 유의한 상관관이 있었다(Fig. 2). 패각은 3.5에서 5.25개의 나선으로 이루어져 있었으며 보통 4.5개의 나선으로 된 개체가 많았다.

패각의 표면은 갈색을 이루고 있었으며, 짧은 나맥(spiral ridges or keels)을 가진 개체도 있었으나(Fig. 4A), 대부분은 가느다란 나맥(세맥: spiral lines)을 갖고 있었다(Fig. 4B). 그러나 양수리산의 경우 관찰한 99개체 중 5개체에서만 해부현미경 10배하에서 세맥을 관찰할 수 있었고 나머지 개체들은 매끈하였다(Fig. 4C). 김해산의 경우, 일부 패각에서 굵고 뚜렷한 나맥이 관찰되었으나 대부분은 세맥을 가지고 있었다. 차체층

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 (능곡)	Koyangni, Korea	June 7, '70	Kim, C.H.	fish pond
2) Yoosong (유성)	Taejon, Korea	Oct. 3, '84 Dec. 6, '84	Kim, C.H.	N.R.
3) Kimhae (김해)	Kimhae, Korea	Sep. 23, '86	Kim, J.J.	I.C.
4) Ok-goo (옥구)	Imp'a, Korea	Aug. 11, '70	Meier-Brook, C.	pond
5) Chongp'yong (청평)	Chongp'yong, Korea	July 5, '70 Oct. 5, '70	Meier-Brook, C.	fish pond
6) Haman (함안)	Haman, Korea	Nov. 3, '73 Nov. '75	Kim, C.H.	I.C.
7) Yangsoori (양수리)	Yangp'yong, Korea	Sep. 27, '87	Kim, J.J.	pond
8) Fukuoka	Mizumaki, Japan	'76	Terasaki, K.	N.R.
<i>B. tentaculata</i>				
9) Chiemsee	Übersee, Germany	May 31, '85	Meier-Brook, C.	lake
10) Doberdorfersee	Kiel, Germany	May 31, '59	Meier-Brook, C.	lake
11) Längsee	Bleiburg, Austria	May 30, '85	Meier-Brook, C.	lake
12) St. Clair	New Baltimore, U.S.A.	'60	Neid	lake
<i>B. siamensis</i>				
13) Khon Kaen	Khon Kaen, Thailand	Sep. 7, '86	Haas	N.R.
<i>Bithynia</i> sp.				
14) Kirthipur	Katmandu, Nepal	Apr. 22, '81	Fritsch	N.R.
<i>B. leachi</i>				
15) Kellersee	Malente, Germany	Mar. 5, '59	Meier-Brook, C.	lake
16) Großerplönersee	Plön, Germany	Aug. '58	Meier-Brook, C.	lake
17) Drüsensee	Mölln, Germany	Jul. 12, '57	Meier-Brook, C.	lake
18) Westensee	Kiel, Germany	May '61	Rentner	lake
19) Langsee	"	May 30, '85	Meier-Brook, C.	lake
<i>B. kiusiuensis</i>				
20) Saga	Saga-Ken, Japan	May 27, '87	Terasaki, K.	N.R.
<i>B. misella</i>				
21) Haman (함안)	Haman, Korea	Nov. 3, '73	Kim, C.H.	N.R.
22) Kaejong (개정면)	Kunsan, Korea	Sep. 9, '70	Meier-Brook, C.	I.C.
23) Namil (남일면)	Konju, Korea	Oct. 3, '84	Kim, C.H.	I.C.
<i>Gaobia australis</i>				
24) Walcha	Walcha, Australia	Feb. 4, '72	Witten	N.R.

Remarks ;

\* ; The nearest city of Britannic Atlas from the collection site.

N.R. ; not recorded

I.C. ; irrigation canal

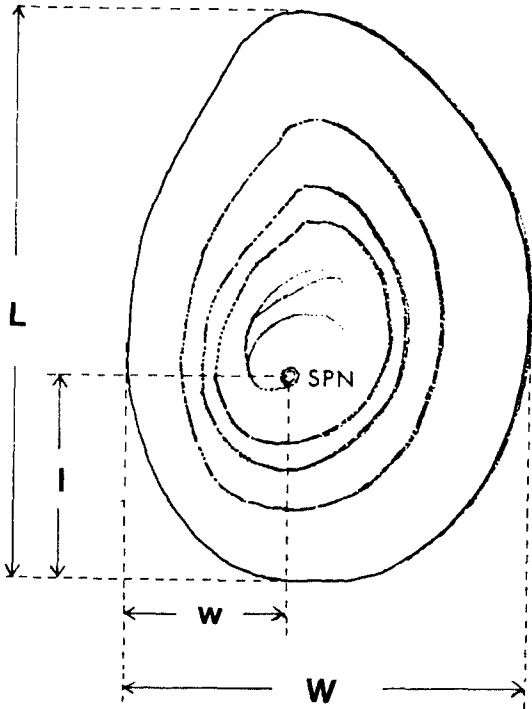


Fig. 1. Terminology of operculum for measurements of length, width and the co-ordinate of starting point of nuclear spire (SPN). The co-ordinate of SPN, 0 (x, y), was calculated as  $x=W/W$  and  $y=I/L$  respectively.

세맥의 수는 4~14개로 중앙값(median)은 김해산은 6개(n=61), 함안산은 6개(n=23), 청평산은 8개(n=30)였다.

패각의 각정부는 거의 대부분이 마모되어 있었으며 각정부 이외의 나층도 마모된 개체들이 많았는데 그 빈도는 채집지에 따라 달랐다. 즉 각정부 이외의 나층이 마모된 개체의 비율은 김해, 능곡 및 청평산은 30~50% 정도였으나 Fukuoka 및 함안산은 각각 20% 미만이었으며, 양수리산은 80% 이상으로 마모의 정도가 가장 심하였다(Fig. 4D).

각구의 내외순은 전부 비후되어 있고 진한 갈색의 띠를 두르고 있는 경우가 대부분이었으며 7~8월 중에 채집된 개체 중에는 각구의 비후를 볼 수 없는 경우가 많았다. 각구는 난원형이나 basal lip의 반대쪽이 약간 뾰족한 형태를 이루고 있었다. 각구의 장경은 평균 4.7 mm (3.2~5.8 mm), 단경은 3.8 mm (2.4~4.7 mm)였으며 단경(X)에 대한 장경(Y)의 회귀방정식은  $Y=1.621+$

$0.829X(r=0.75)$ 로 유의한 상관이 있었다(Fig. 3). 제공이 뚫린 개체는 관찰되지 않았다.

2) *Bithynia tentaculata*: 패각의 각도는 51~64도(평균 57도; n=21)로 ovate한 형태를 이루고 있으며 패각의 색깔은 연한 갈색 또는 빨색을 이루고 있었다. 패각의 표면은 매끄럽고 일부 개체에서는 각정부가 부식되어 있었으나 각정 이외의 나층은 대부분 부식되어 있지 않았다. 패각은 *B. manchourica*에 비해 다소 얇으며 각구의 형태는 *B. manchourica*와 같으나 각구의 비후는 관찰되지 않았다(Fig. 4E). 제공은 막혀 있었다.

각장은 평균 9.0 mm (7.2~12.8 mm), 각경은 평균 5.8 mm (4.9~7.4 mm)로서 회귀 방정식은  $Y=-0.393+1.616X(r=0.88)$ 였다(Table 3). 각구의 장경은 평균 4.3 mm (3.5~5.9 mm), 단경은 평균 3.6 mm (3.1~4.7 mm)였으며 1차 회귀 방정식은  $Y=0.607+1.016X(r=0.82)$ 였다.

3) *Bithynia siamensis*: 패각의 각도는 50~63도(평균 56도; n=20)로 subovate한 형태를 이루고 있었으며 나층의 수는 5.5~6개(최고 6.5개)인 개체가 가장 많았다. 각정부가 마모된 개체는 관찰표본(n=68) 중 57%에 달하였으며 마모의 정도는 *B. manchourica*에 비해 심하지는 않았다. 패각의 표면은 비교적 매끄럽고 성장선이 물결상을 이루고 있는 점이 특징이었다. 봉합선은 얇으며 패각의 두께는 *B. manchourica*에 비해서는 얇으나 다른 종에 비해서는 두꺼운 편이었다. 각구의 비후는 관찰되지 않았다. 제공은 막혀 있으나 coumellar lip쪽의 체층이 C자형으로 움푹 들어가 있는 점이 다른 종의 패류와 가장 상이한 패각의 특징이었다(Fig. 4F).

패각의 크기는 관찰된 8종 중 가장 커서 각장은 평균 10.0 mm, 각경은 평균 6.3 mm였다. 각구의 장경과 단경의 평균은 각각 4.9 mm, 3.8 mm였다(Table 3). 그러나 각장에 대한 각경의 비는 0.64, 각장에 대한 각구의 장경의 비는 0.49로서 *B. manchourica*, *B. tentaculata*과 비슷하였다(Table 4).

각경에(X) 대한 각장(Y)의 1차 회귀방정식은  $Y=-0.339+1.626X(r=0.88)$ , 각구의 단경(X)에 대한 장경(Y)의 회귀 방정식은  $Y=0.834+1.060X(r=0.80)$ 였다.

4) *Bithynia sp.*: 패각의 각도는 평균 65도로 ovately conic한 형태를 이루고 있었으며, 패각의 두께

Table 2. Morphological characteristics of the shells of bithyniids

Character	<i>B. manchourica</i>	<i>B. tentaculata</i>	<i>B. siamensis</i>	<i>Bithynia</i> sp.	<i>B. leachi</i>	<i>B. kiusiuensis</i>	<i>B. misella</i>	<i>G. australis</i>
Shape	subovately conic	subovately conic	subovately conic	ovately conic	ovately conic	ovately conic	ovately conic	globulosely conic
Sculpture	spiral ridges or lines with straightened growth lines	smooth with straightened growth lines	smooth with undulated growth lines	smooth with straightened growth lines	smooth with straightened growth lines	sometimes fine spiral lines with straightened growth lines	sometimes fine spiral lines with straightened growth lines	smooth with straightened growth lines
Suture	not deeply indented	not deeply indented	not deeply indented	not deeply indented	deeply indented	not deeply indented	not deeply indented	not deeply indented
Shell thickness	thick	moderate	thick	thin	moderate	moderate	moderate	moderate
Erodending of apex	usually eroded	sometimes eroded	often eroded	often eroded	sometimes eroded	usually eroded	usually eroded	often eroded
Mode of no. of whorl (max.)	4.5 (5.25)	5.0 (5.5)	5.5 (6.5)	4.75 (5.25)	4.0 (4.5)	4.25 (5.0)	4.75 (5.25)	4.25 (5.0)
Aperture lip	thickened	not thickened	thickened	attached to parietal wall and columellar lip twisted	not thickened	thickened	thickened	not thickened
Umbilicus	imperforated	imperforated	imperforated and rimated	imperforated	imperforated	sometimes perforated	sometimes perforated	often perforated

Table 3. Shell dimensions (mm) of eight species of bithyniids

Species	No. exam.	Shell		Aperture	
		Length	Width	Length	Width
<i>B. manchourica</i>	394	9.4 ± 1.15 (6.0–11.8)	6.2 ± 0.63 (4.2–8.0)	4.7 ± 0.46 (3.2–5.8)	3.8 ± 0.42 (2.4–4.7)
<i>B. tentaculata</i>	150	9.0 ± 0.94 (7.2–12.8)	5.8 ± 0.51 (4.9–7.4)	4.3 ± 0.40 (3.5–5.9)	3.6 ± 0.32 (3.1–4.7)
<i>B. siamensis</i>	185	10.0 ± 1.11 (5.7–13.0)	6.3 ± 0.60 (3.8–8.2)	4.9 ± 0.47 (3.0–6.2)	3.8 ± 0.35 (2.4–4.9)
<i>Bithynia</i> sp.	54	6.9 ± 0.85 (5.0–9.0)	5.1 ± 0.58 (3.9–6.3)	3.9 ± 0.40 (3.0–4.6)	3.4 ± 0.32 (2.7–4.0)
<i>B. leachi</i>	51	4.6 ± 0.96 (3.1–7.5)	3.3 ± 0.62 (2.4–4.9)	2.1 ± 0.38 (1.5–3.0)	2.0 ± 0.32 (1.4–2.8)
<i>B. kiusiuensis</i>	31	5.4 ± 0.44 (4.6–6.1)	3.7 ± 0.26 (3.3–4.2)	2.6 ± 0.17 (2.4–2.9)	2.1 ± 0.13 (1.8–2.3)
<i>B. misella</i>	92	5.2 ± 0.59 (3.7–7.1)	3.4 ± 0.34 (2.8–4.5)	2.4 ± 0.21 (2.0–3.1)	2.1 ± 0.22 (1.4–2.7)
<i>G. australis</i>	22	6.0 ± 1.13 (4.8–9.3)	4.6 ± 0.68 (3.8–6.4)	3.2 ± 0.41 (2.5–4.3)	2.6 ± 0.37 (2.2–3.7)

Ranges are in parentheses.

는 본 실험에서 관찰한 8종 중 가장 얇았다. 패각의 표면에는 편평한 모양의 미세한 굴곡들이 산재해 있었으며, 봉합선은 깊지 않았다. 성장선은 직선이었으나 때로 용기된 모양을 이루기도 하였다(Fig. 4G). 나층의 수는 4.25개에서 5개로 4.75개인 경우가 가장 많았다. 각구의 내순은 columellar lip에 붙어 있는 경우가 많았다. 제공이 개구된 개체는 관찰되지 않았다.

패각의 평균 각장은 6.9 mm(5.0~9.0 mm) 각경은 평균 5.1 mm(3.9~6.3 mm)였으며, 각구의 장경은 평균 3.9 mm(3.0~4.6 mm), 각구의 단경은 평균 3.4 mm(2.7~4.0 mm)이었다(Table 3). 각경(X)에 대한 각장(Y)의 회귀식은  $Y=0.154+1.321X$ ( $r=0.90$ ), 각구의 단경(X)에 대한 장경(Y)의 회귀식은  $Y=0.224+1.083X$ ( $r=0.86$ )로 각기 유의한 상관성이 있었다( $P<0.01$ ).

**5) *Bithynia leachi***: 패각의 각도가 52~70도(평균 64도;  $n=20$ )로, ovate한 형태이며 나층의 수는 3.25에서 4.5개로 보통 4개인 개체가 많았다. 봉합선이 깊게 들어가 있으며 각구의 내순이 각축과 떨어져 있는 경우가 많았다. 각구는 난원형으로 다른 종과는 다른 형태를

이루고 있었다. 패각은 얇으며 표면은 매끄럽고 가느다란 성장선이 직선으로 분포하였다(Fig. 4H).

각장은 평균 4.6 mm(3.1~7.5 mm), 각경은 3.3 mm(2.4~4.9 mm), 각구의 장경은 2.1 mm(1.5~3.0 mm) 각구의 단경은 2.0 mm(1.4~2.8 mm)로서(Table 3), 각구의 장경 대 단경의 비의 차이가 심하지 않았다(Table 4).

각경(X)에 대한 각장(Y)의 회귀 방정식은  $Y=-0.255+1.486X$ ( $r=0.96$ ), 각구의 단경(X)에 대한 장경(Y)의 회귀 방정식은  $Y=-0.136+1.140X$ ( $r=0.97$ )였다.

**6) *Bithynia kiusiuensis***: 패각의 각도는 평균 60도(53~72도;  $n=18$ )로 ovate한 형태를 이루고 있었으며, 나층의 수는 3.5~5개로 보통 4.25개인 개체의 수가 가장 많았다. 봉합선은 약간 깊으나 *B. leachi*에 비해서는 얇았다. 패각은 얇으며 표면에는 미세한 나뭇들이 해부현미경하에서 관찰되었다(Fig. 4I).

각정부를 비롯한 나층이 마모된 경우가 대부분이며 제공이 개구된 경우는 29개체 중 8개체에서 관찰되었다(Table 2). 각구의 가장자리에는 갈색의 띠를 두루고

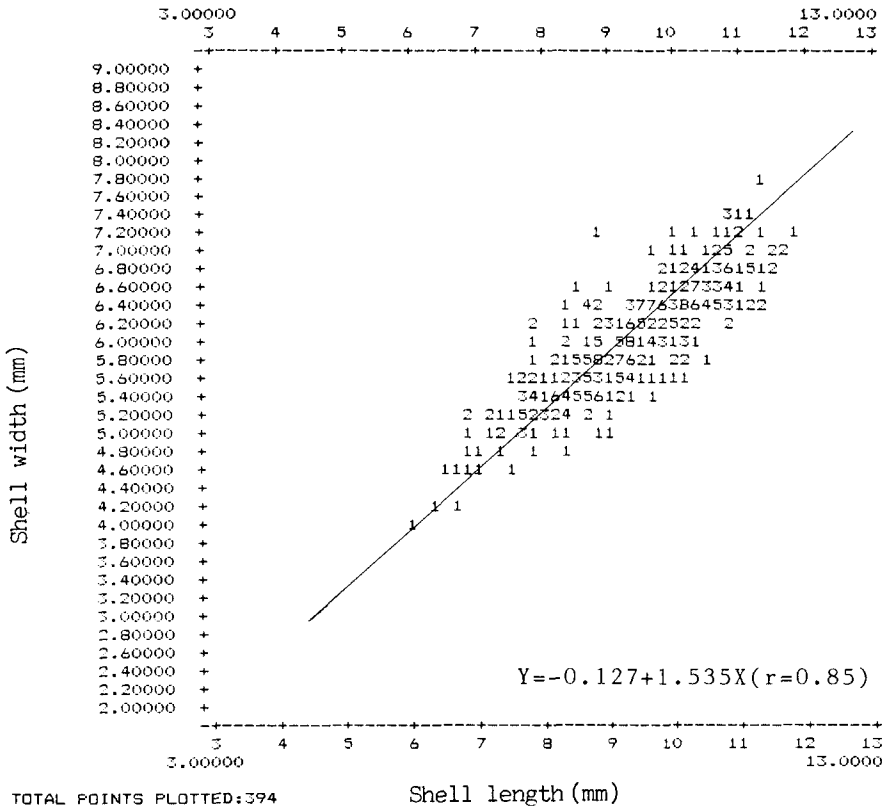


Fig. 2. Plottings of shell length against shell width of *B. manchourica*.

있었다.

각장은 평균 5.3 mm(4.3~6.2 mm), 각경은 평균 3.7 mm(3.2~4.2 mm), 각구의 장경은 2.6 mm(2.2~2.9 mm) 단경은 2.1 mm(1.8~2.4 mm)이었으며 (Table 3), 각경(X)에 대한 각장(Y)의 회귀식은  $Y = -0.651 + 1.616X (r = 0.87)$ , 각구의 단경(X)에 대한 장경(Y)의 회귀식은  $Y = 0.640 + 0.959X (r = 0.77)$ 였다.

7) *Bithynia misella*: 패각의 각도는 51~78도로 평균 60도(n=29)의 ovate형태이나(Fig. 4J), 다소 길쭉한 형(Fig. 4K)도 관찰되었다. 패각의 표면에는 가느다란 세맥들이 있었으며 나층의 수는 4.25~5.25개로 보통 4.75개인 개체가 가장 많았다. 각정부는 마모된 경우가 많았으나 마모의 정도는 심하지 않았다. 34개체 중 10개체에서 개구된 제공이 관찰되었다. 각구는 다소 비후되어 있었으며 가장자리에 갈색의 띠를 두르고 있었

다.

각장은 5.1 mm(3.7~7.1 mm), 각경은 3.4 mm(2.8~4.5 mm), 각구의 장경은 2.4 mm(2.0~3.1 mm), 단경은 2.1 mm(1.4~2.7 mm)였다(Table 3). 각경(X)에 대한 각장(Y)의 회귀식은  $Y = 0.027 + 1.483X (r = 0.85)$ , 각구 단경(X)에 대한 장경(Y)의 회귀식은  $Y = 0.857 + 0.744X (r = 0.75)$ 였다.

8) *Gabbia australis*: 패각의 각도는 61~74도로 평균 69도(n=27)였으며 ovate한 형태를 이루고 있었다. 봉합선은 *B. leachi*보다는 얇으나 *B. misella*보다는 다소 깊은 편이었다(Fig. 4L). 나층의 수는 3.75~5개로 보통 4.25개인 개체가 많았으며 패각은 얇으나 네팔산 *Bithynia* sp.보다는 두터웠다. 패각의 표면은 갈색의 피막에 덮혀 있었으며 매끄러우나 26개체 중 4개체에서 나선상의 미세한 움기가 관찰되었다. 각정부가 마모된 개체의 비율은 50%정도였다. 각구의 비후는 관찰되지

Bithyniidae과 패류의 패각과 뚜껑의 형태 관찰

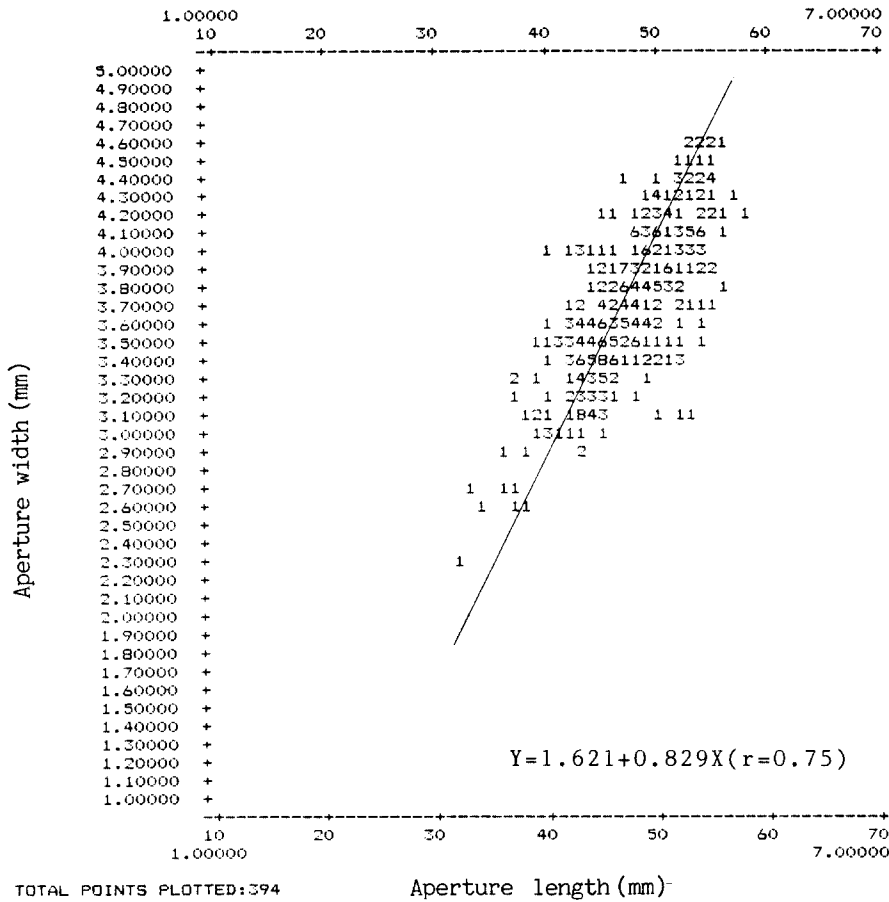


Fig. 3. Plottings of aperture length against aperture width of *B. manchourica*.

않았으며 가장자리에는 갈색의 띠를 두르고 있었다. 제공은 26개체중 13개체에서 개구되어 있었다.

각장은 평균 6.0 mm(4.8~9.3 mm), 각경은 4.6 mm(3.8~6.4 mm)로서(Table 3)각장에 대한 각경의 비는 평균 0.77이었다(Table 4). 각구의 장경은 3.2 mm(2.5~4.3 mm), 단경은 2.6 mm(2.2~3.7 mm)였다. 각경(X)에 대한 각장(Y)의 회귀 방정식은  $Y=-1.235+1.579X(r=0.95)$ , 각구의 단경(X)에 대한 장경(Y)의 회귀식은  $Y=0.453+1.059X(r=0.95)$ 였다.

2. 뚜껑의 형태 및 크기

본 연구에서 관찰된 Bithyniidae과 패류들의 뚜껑은 각구 보다 약간 커서 연체부의 수축시에도 패각내로 함입되지 않았다. 또한 뚜껑의 가장자리에는 얇은 막이 들

러싸고 있어서 수축시 단단히 봉해지는 역할을 하였다.

뚜껑의 형태는 난원형에 상단부가 왼쪽으로 휘어 하단부에 비해 곡선이 급하였다. 또한 뚜껑의 중앙부측, 핵이 있는 부분은 움푹 들어가 있었으며 여기에는 와선상의 무늬가 있어 concentric with spiral nucleus 형태를 이루고 있었다(Fig. 5A-H). 그러나 *B. leachi*는 각구의 형태가 다른 종과 다르게 상단부의 휘는 부분이 없이 전체적으로 둥그스름한 난원형을 이루고 있었다(Fig. 5E).

핵 중앙의 와선이 시작되는 부위(SPN)의 위치를 뚜껑의 장경과 단경에 대한 좌표로 표시하였을 때(Fig. 1), 각종마다 고유한 위치를 가지고 있었으며, 개체의 크기나 또는 뚜껑을 이루고 있는 여러개의 판의 각각의 장경과 단경에 대한 위치도 일정하였다. *B. manchour-*



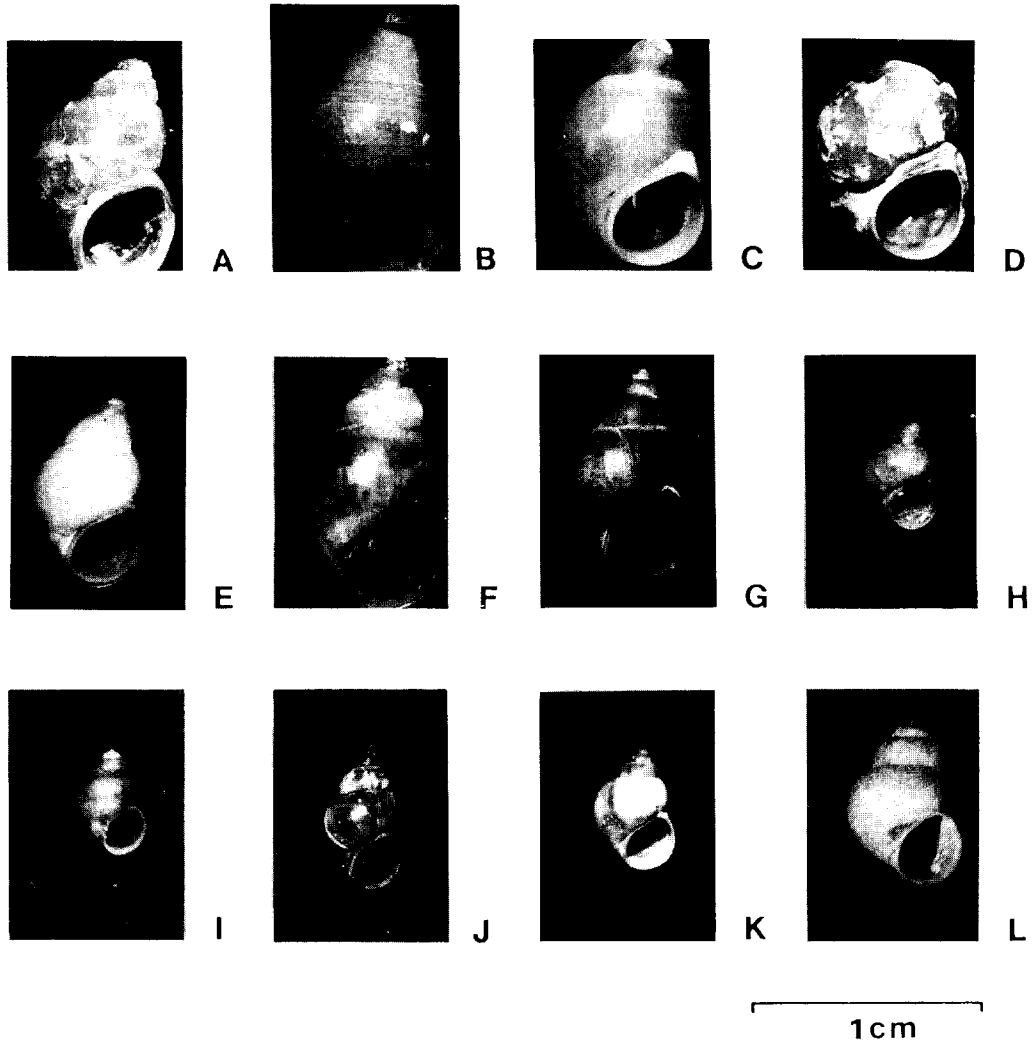


Fig. 4. Shells of bithyniids. (X 3.2)

- A : *B. manchourica*, Kimhae population. Spiral keels were observed. The lips of aperture were thickened and apex was usually eroded.
- B : *B. manchourica*, Chong'pyong population. Several spiral lines on the sculpture were observed and the aperture lips were not thickened.
- C : *B. manchourica*, Yangsoori population. No spiral line was observed.
- D : *B. manchourica*, Yangsoori population. Sculpture of body whorl including apical whorl was severely eroded.
- E : *B. tentaculata*, St. Clair population. Umbilicus was imperforated and the sculpture was smooth. The apical whorl was rather sharp.
- F : *B. siamensis*, Khon Kaen population. Umbilicus was imperforated and limited.
- G : *Bithynia* species, Kirthipur population. Smooth sculpture, thin lips and imperforated umbilicus were observed.
- H : *B. leachi*, DrUsensee population. Deep suture and ovo-rounded aperture were observed.
- I : *B. kiusjuensis*, Saga population.
- J : *B. misella*, Kaejong population. Microscopic spiral lines were observed. Shell was somewhat elongated.
- K : *B. misella*, Kaejong population. Shell was ovately conic and the apex was eroded.
- L : *G. australis*, Walcha population. Shell was globusely conic and the sculpture was smooth.

Table 4. Shell parameters of eight bithyniids

Species	No. exam.	Mean $\pm$ S.D. (range)		
		W/L	APL/L	APW/W
<i>B. manchourica</i>	394	0.66 $\pm$ 0.045 (0.56 - 0.84)	0.51 $\pm$ 0.044 (0.38 - 0.65)	0.61 $\pm$ 0.044 (0.44 - 0.75)
<i>B. tentaculata</i>	150	0.65 $\pm$ 0.031 (0.57 - 0.75)	0.48 $\pm$ 0.031 (0.39 - 0.62)	0.62 $\pm$ 0.031 (0.56 - 0.74)
<i>B. siamensis</i>	185	0.64 $\pm$ 0.035 (0.55 - 0.77)	0.49 $\pm$ 0.032 (0.42 - 0.59)	0.60 $\pm$ 0.032 (0.52 - 0.70)
<i>Bithynia</i> sp.	54	0.74 $\pm$ 0.038 (0.66 - 0.89)	0.57 $\pm$ 0.031 (0.48 - 0.62)	0.67 $\pm$ 0.035 (0.60 - 0.73)
<i>B. leachi</i>	51	0.71 $\pm$ 0.042 (0.63 - 0.81)	0.46 $\pm$ 0.029 (0.40 - 0.71)	0.61 $\pm$ 0.034 (0.55 - 0.71)
<i>B. kiusiuensis</i>	29	0.70 $\pm$ 0.032 (0.63 - 0.76)	0.50 $\pm$ 0.024 (0.45 - 0.55)	0.56 $\pm$ 0.029 (0.51 - 0.63)
<i>B. misella</i>	92	0.67 $\pm$ 0.040 (0.56 - 0.78)	0.47 $\pm$ 0.031 (0.38 - 0.57)	0.60 $\pm$ 0.039 (0.36 - 0.68)
<i>G. australis</i>	26	0.77 $\pm$ 0.047 (0.68 - 0.83)	0.54 $\pm$ 0.042 (0.46 - 0.61)	0.57 $\pm$ 0.029 (0.61 - 0.63)

Abbreviations are as follows ; W : shell width  
APL : length of aperture

L : shell length  
APW : width of aperture

ica의 경우 채집지별로 그 위치를 측정한 바, 채집지에 따른 차이를 볼 수 없었다. 또한 뚜껑은 1개 또는 최고 5개까지의 판이 외부에서 내부(연체부)쪽으로 생성되어 있었는데 그 경계에서는 진한 갈색의 굵은 테가 있었다 (Fig. 5A).

*B. siamensis*의 경우, 뚜껑의 크기가 가장 커서 평균 장경이 4.24 mm, 단경은 2.83 mm였으며 SPN이 좌측 중앙부에 위치하였다 (Table 5; Fig. 6). 이 패류의 뚜껑은 보통 1개의 판으로 이루어져 있었으며 간혹 2개의 판으로 된 뚜껑도 관찰되었다. 뚜껑의 표면에서 가는 물결상의 나선이 무수히 많이 있었다 (Fig. 5C). *B. manchourica*, *B. tentaculata* 및 네팔산 *Bithynia* sp.의 뚜껑의 크기는 평균 장경이 각각 3.83 mm, 3.83 mm, 3.73 mm, 평균 단경이 각각 2.83 mm, 2.81 mm, 2.61 mm로 크기가 비슷하였으나 (Table 5), 네팔산 *Bithynia* sp.의 뚜껑은 다른 2종에 비해 얇았다.

*B. leachi*, *B. kiusiuensis*, *B. misella* 및 *G. australis*는 뚜껑의 평균 장경이 2.95 mm 이하였으며, 평균 단경은 2.20 mm 이하로 비교적 작았다 (Table 5). *B. leachi*의

뚜껑은 보통 1~2개의 판으로 이루어져 있었는데 내순쪽으로 급격한 경사를 이루며 휘어져 네팔산 *Bithynia* sp.와 비슷한 소견을 보였다. *G. australis*의 경우는 보통 3개의 판으로 된 뚜껑도 관찰되었다.

핵의 SPN의 위치는 네팔산 *Bithynia* sp.의 경우 가장 좌측의 가장 왼쪽에 위치하였으며, *B. manchourica*의 경우는 가장 아래쪽에 위치하였다. 또한 *B. leachi*의 경우는 가장 오른쪽에 SPN이 위치하였다 (Fig. 6).

## 고 찰

본 연구는 패각의 형태를 중심으로 한국산 Bithyniidae과 패류의 분류를 재검토하기 위하여 패각의 형태는 물론 패각의 크기 및 뚜껑에 대한 세밀한 관찰을 병행하였다.

패각의 크기를 측정함에 있어 단순히 패각만으로는 성체에 대한 기준이 애매하므로, Davis (1969)는 패각의 크기 순으로 상위 10%만을 취하여 성체의 크기로 표시하였다. 그러나 이러한 방법은 소수의 표본만이 채집되었

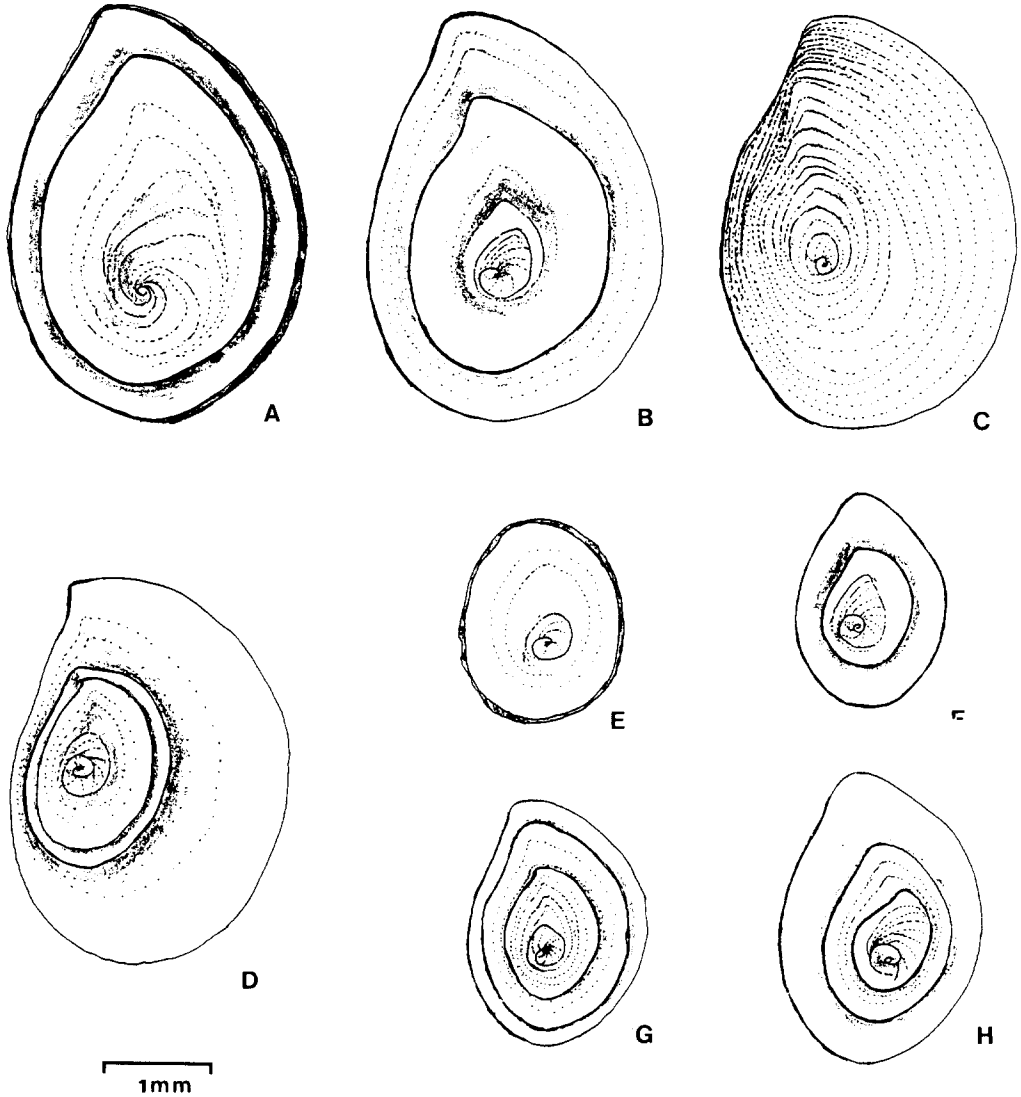


Fig. 5. Operculums of bithyniids. (X 22).

- A : *B. manchourica*, Yangsoori population.
- B : *B. tentaculata*, St. Clair population.
- C : *B. siamensis*, Khon Kaen population.
- D : *Bithynia* species, Kirthipur population.
- E : *B. leachi*, Langsee population.
- F : *B. kiusuensis*, Saga population.
- G : *B. misella*, Namil population.
- H : *G. australis*, Walcha population.

을 경우, 이를 자료로 종감별을 시행할 때 소수의 표본이 그 범위의 크기에 맞지 않을 경우가 많을 것으로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 가장 큰 개체의 1/2에 해당되는 개체까지를 성체로 간주하였고 평균 크기와 분포범

위를 표시하였다.

*B. manchourica*의 경우, Shiba (1934b)는 각장이 최고 15 mm임을 보고하였고, Kim (1976)은 20개체에 대한 평균 각장이 11.19 mm임을 보고하고 각경은 각장

Table 5. Dimensions of opercula and the co-ordinates of the starting points of nuclear spire of eight bithyniids

Species	No. exam.	Mean $\pm$ S.D. (range)			
		Length (mm)	Width (mm)	I/L	w/W
<i>B. manchourica</i>	47	3.83 $\pm$ 0.300 (3.35 - 4.38)	2.83 $\pm$ 0.160 (2.60 - 3.13)	0.29 $\pm$ 0.022 (0.26 - 0.34)	0.43 $\pm$ 0.025 (0.39 - 0.46)
<i>B. tentaculata</i>	43	3.73 $\pm$ 0.734 (2.09 - 4.91)	2.64 $\pm$ 0.512 (1.64 - 3.45)	0.38 $\pm$ 0.025 (0.32 - 0.46)	0.44 $\pm$ 0.034 (0.33 - 0.52)
<i>B. siamensis</i>	39	4.24 $\pm$ 0.361 (3.59 - 5.09)	2.83 $\pm$ 0.250 (2.39 - 3.41)	0.45 $\pm$ 0.025 (0.40 - 0.51)	0.36 $\pm$ 0.035 (0.29 - 0.43)
<i>Bithynia</i> sp.	34	3.83 $\pm$ 0.295 (3.27 - 4.36)	2.81 $\pm$ 0.229 (2.27 - 3.18)	0.52 $\pm$ 0.017 (0.47 - 0.56)	0.28 $\pm$ 0.020 (0.23 - 0.32)
<i>B. leachi</i>	18	2.18 $\pm$ 0.313 (1.73 - 2.82)	1.74 $\pm$ 0.266 (1.36 - 2.27)	0.39 $\pm$ 0.019 (0.36 - 0.43)	0.52 $\pm$ 0.026 (0.44 - 0.56)
<i>B. kiusiuensis</i>	15	2.40 $\pm$ 0.214 (1.82 - 2.73)	1.79 $\pm$ 0.121 (1.55 - 2.00)	0.41 $\pm$ 0.030 (0.35 - 0.46)	0.38 $\pm$ 0.027 (0.33 - 0.42)
<i>B. misella</i>	33	2.48 $\pm$ 0.256 (1.67 - 3.03)	1.71 $\pm$ 0.174 (1.22 - 1.98)	0.39 $\pm$ 0.023 (0.35 - 0.44)	0.41 $\pm$ 0.034 (0.35 - 0.54)
<i>G. australis</i>	18	2.95 $\pm$ 0.376 (2.45 - 4.09)	2.20 $\pm$ 0.311 (1.18 - 3.09)	0.38 $\pm$ 0.022 (0.32 - 0.41)	0.49 $\pm$ 0.026 (0.45 - 0.54)

Remark : w/W and I/L were the co-ordinates of x and y respectively as in Fig. 1.

의 약 60% 범위에 있다고 하였다. 본 연구에서도 각장에 대한 각경의 비율이 평균 66%로 비슷한 결과를 얻었다. 이러한 결과는 *B. misella*에서도 비슷하였다. 패각의 특징을 표시할 때 크기는 개체에 따라 차이가 있으므로 각경/각장, 각구의 단경/각구의 장경 등의 비율로 표시하는 방법도 이용되고 있다(Gl6er *et al.*, 1985). 본 실험에서도 이러한 비율을 조사한 바, 각장에 대한 각경의 비율은, 패각의 각도가 가장 큰 *G. australis*가 그 비율이 0.77로써 가장 커서 서로 일치된 결과를 얻었다. 또한 이러한 비율은 상관 계수가 모든 중에서 0.75 이상으로 높아서 유의한 상관이 있는 것으로 나타났다( $P < 0.01$ ).

패각의 모양을 구분할 때 각의 각도를 중심으로 elongately, subovately, ovately 또는 globusely conic 등으로 구분하는 데(Burch *et al.*, 1987), 정확한 각의 각도는 개체에 따라 차이가 있었다. 즉 *B. misella*의 경우 개정산 표본에서 다소 길쭉한 개체들이 관찰되기도 하였으며, Nagahana 등(1973c)도 이러한 차이를 보고한 바 있다. 따라서 각의 각도를 표시하는 것보다는 대체적인 표현을 하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

제공은 나침이 증가함에 따라 각축을 중심으로 나선을 이루며 성장하는 패각의 나선의 안쪽에 생기는 구멍인데, *B. kiusiuensis*, *B. misella*의 일부 개체와 *G. australis*의 약 절반에서 제공이 개구되어 있었고 다른 종에서는 개구된 제공을 관찰할 수 없었다. 제공의 개구 여부는 육안적으로 관찰하기 어려운 점이 많았고 애매한 개체는 패각을 부수어서 확인하였다. 그러나 Sugihara (1954), Nagahana 등(1973b, c), Sugihara 및 Okamoto (1973b) 등은 *B. manchourica*의 약 60% 이상에서 제공이 있다고 보고하였으나 Chun (1964)은 제공이 없다고 하였다.

*B. manchourica* 패각의 가장 큰 형태학적 특징은 각 표면에 나뭇이 있는 점인데, 이 나뭇이 굵고 뚜렷한 경우 Pilsbry (1901)는 *P. manchouricus* var. *japonicus* (*B. striatula* var. *japonica*)라는 변종으로 간주하기도 하였다. 그러나 Kim 및 Choe (1987)는 양수리에서 채집된 개체들은 현미경하에서도 나뭇이 관찰되지 않아 식지에 따라 나뭇의 존재 여부나 또는 나뭇의 크기가 다를음을 보고하였다. 또한 본 종의 각구의 비후는 대부분의 개체에서 관찰 되었으나 7월 중에 채집한 표본에서는 각

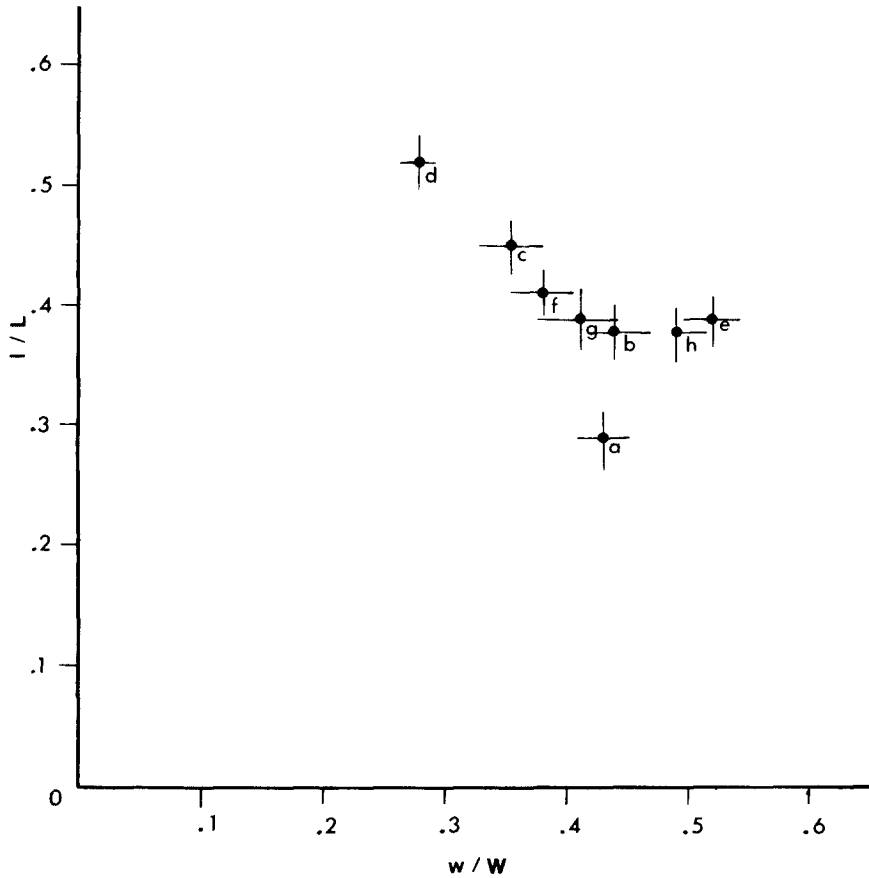


Fig. 6. The co-ordinates of starting point of nuclear spire of bithyniids, with confidence limits (95% level).

- a : *B. manchourica*
- b : *B. tentaculata*
- c : *B. siamensis*
- d : *Bithynia* species
- e : *B. leachi*
- f : *B. kiusiuensis*
- g : *B. misella*
- h : *G. australis*

구의 비후가 관찰되지 않는 것이 많았으며 이는 성장이 활발한 시기에 계속적으로 패각물질이 분비되기 때문일 것으로 생각된다고 하였다. Kim (1976)은 각구의 비후는 패각의 크기가 작은 개체에서는 잘 관찰되지 않아 성장중에 있는 개체에서 각구가 비후되지 않음을 시사하였다.

본 실험에서 처음으로 뚜껑의 나선이 시작되는 점 (SPN)의 좌표를 뚜껑의 장경과 단경에 대한 비율로 표시하는 방법을 시도하여 보았다. 그 결과 SPN의 좌표

가 일정한 위치를 갖고 있으며 개체에 따른 차이가 극히 작아 앞으로 종분류에 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 이와 비슷한 시도는 Sugihara(1954)가 *B. manchourica*에서 뚜껑의 장경에 대한 비율만을 측정할 바 있으나 본 연구에서는 단경에 대한 비율도 측정하였다. 한편 Mandahl-Barth (1968)는 뚜껑의 나선이 있는 부위의 크기를 뚜껑 전체의 크기에 대한 비교로 Bithyniidae과 패류의 속 또는 아속의 분류 형질로 삼는 것은 무리가 있다고 하였다.

*Parafossarulus*속의 경우, Annandale (1923), Annandale 및 Prashad (1924), Walker (1927)는 이를 속 준위로 격상시켰으며 Abbott (1948)도 이에 동의하였다. 그러나 이 속의 특징인 나뉠이 없는 개체들도(양수리산) 있으며, 연체부의 형태가 *Bithynia*속의 모식종인 *B. tentaculata*와 커다란 차이가 없어 Pace (1973)의 견해대로 원기재(Annandale and Prashad, 1924)에 따라 이를 아속으로 간주하거나 또는 이를 인정하지 않는 것이 옳을 것으로 생각된다. 따라서 한국, 일본, 중국 및 대만에 분포하는 *P. manchouricus*는 *B. manchourica* Bourguignat, 1860으로 기재 하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

*B. kiusiuensis*는 Shiba (1933)가 우리나라 황해도 경이포에서 처음으로 채집 보고한 이래 Lee (1956)가 한국산 패류목록에 *B. misellus kiusiuensis*로 기재한 바 있고 Kwon 및 Habe (1979)는 한국산 패류목록에 *B. 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. 또한 일본에는 *B. misella*의 존재나 분포에 관한 보고가 없고 *B. kiusiuensis*만이 분포하는 것으로 알려지고 있다(Hirase, 1927; Kuroda, 1947, 1963; Habe, 1973; Nagahana, 1976).

Chung (1984)은 이 두 종이 이명동종인지에 대해 일러진 바 없다고 하였으며 한국산 종을 *Parafossarulus*의 아속 또는 *Gabbia*속에 넣어야 된다고 하였다. 그러나 이러한 제안은 단지 *B. tentaculata*, *B. manchourica*, *B. misella* 3종만의 allozyme을 분석하여 similarity값을 근거로 한 것으로 호주산 *Gabbia*와의 비교 연구된 바는 아직 없다. 한편 Habe (1973)는 *B. kiusiuensis*가 한국 및 일본에 분포한다고 하였으며, 중국과 대만에 분포하는 *B. misella*와의 패각의 형태학적 차이를 기술하였다.

본 종을 *Gabbia*속에 포함시키느냐하는 문제에 있어 Shiba (1934a)나 Kuroda (1963)는 *Gabbia*아속에 포함시켰으나, 근래에는 *Bithynia*속에 포함시키고 있다. 한국에 있어서는 Kwon 및 Habe (1979)가 *G. misella*로 분포 보고를 한 이래 *Gabbia*속에 포함시키고 있으나 본 연구 결과 패각의 형태가 *Gabbia*속과 달라 일단 *Bithynia*속에 포함시켜야 할 것으로 생각된다. 한편 본

연구에서 관찰된 한국산 *B. misella*의 경우 일본산 *B. kiusiuensis*와 형태학적으로 차이점이 없으나 중국이나 대만산과 비교 검토가 필요할 것으로 생각된다.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I am grateful to Prof. C.H. Kim (Chungnam Univ.), Dr. C. Meier-Brook (Tübingen Univ., Germany) and Prof. K. Terasaki (St. Mary's Junior College, Japan) for their donation of specimens.

## 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
- Benson, W.H. (1842) Mollusca. In: General features of Chusan, with remarks on the flora and fauna of that island. (by Cantor, T.). *Annals and Magazine of Natural History*, **9**(60): 486-490
- Bourguignat, J.R. (1860) Catalogue des mollusques de la famille des Paludinees recueillis, jusqu'a ce jour, en Sibirie et sur le territoire de l'Amour. *Rev. et Mag. Zool.*, **12**: 531-537
- Burch, J.B. (1980) A guide to the freshwater snails of the Philippines. *Malacological Review*, **13**: 121-143
- Burch, J.B., Chung, P.R. and Jung, Y. (1987) A guide to the freshwater snails of Korea. *Walkerana*, **2**(8): 195-232
- Chun, S.K. (1964) Studies on *Parafossarulus manchouricus* Bourguignat in Korea. *Korean J. Parasit.*, **2**(1): 27-34
- 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
- Davis, G.M. (1969) A taxonomic study of some species of

- Semisulcospira* in Japan (Mesogastropoda: Pleuroceridae). *Malacologia*, 7(2-3): 211-294
- Glöer, P.C., Meier-Brook, C. and Ostermann, O. (1985) Süßwasser-Mollusken. *Deutscher Jugendbund für Naturbeobachtung, Hamburg*, pp. 1-81
- Gredler, V. (1884) Zur Conchylien-Fauna von China, VI. *Arch. Naturgesch.*, 50: 257-280+plate 16
- Habe, T. (1973) Mollusca. In: Freshwater biology of Japan. (ed. by Ueno, M.) *Hokuryukan Publishing Co., Tokyo*, pp. 309-341
- Hirase, S. (1927) Figuraro de Japanj Bestoj. *Hokuryukan Publishing Co., Tokyo*, p. 1395
- 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 Choe, R.S. (1987) Morphological differences of the shells of *Parafossarulus manchouricus* (Prosobranchia: Bithyniidae) in Korea. *Korean J. Malacol.*, 3(1): 35-43
- Kobayashi, H. (1923) On the clonorchiasis in China. *Chosun Med. J.*, 42: 80-87
- Kuroda, T. (1947) Illustrated encyclopedia of the fauna of Japan (exclusive of insects). (revised edition). *Hokuryukan Publishing Co., Tokyo*, p. 1157
- Kuroda, T. (1963) A catalogue of the non-marine mollusks of Japan, including the Okinawa and Ogasawara Islands. *Malacological Society of Japan*, pp. 1-71
- Kwon, O.K. and Habe, T. (1979) A list of non marine molluscan fauna of Korea. *Kor. J. Limnol.*, 12(1-2): 25-33
- Lee, B.D. (1956) The catalogue of molluscan shells of Korea. *Bulletin of Fisheries College*, 1(1): 53-100
- Linnaeus, C. (1758) *Systema naturae* (10th ed.). Vol. 1, pp. 1-824, *Laurentii Salvii, Holmiae*
- Liu, Y.Y., Li, B.Z. and Liu, T.C. (1985) A new species as a new Chinese record of hydrobiid snails. *Acata Zootaxonomica Sinica*, 10(1): 21-23
- Mandahl-Barth, G. (1968) Revision of the African Bithyniidae (Gastropoda: Prosobranchia). *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 78(1-2): 129-160
- Meier-Brook, C. and Kim, C.H. (1977) Notes on ciliary feeding in two Korean *Bithynia* species. *Malacologia*, 16(1): 158-163
- 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
- Nagahana, M., Sugihara, H., Matsuno, K., Iwaki, M. and Oda, K. (1973a) *Parafossarulus manchouricus* in Nango of Lake Biwa. *Medicine and Biology*, 86(3): 229-233
- Nagahana, M., Sugihara, H., Matsuno, K., Iwaki, M. and Oda, K. (1973b) External form of *Parafossarulus manchouricus* in the canal from Lake Biwa. *Medicine and Biology*, 86(1): 73-76
- Pace, G.L. (1973) The freshwater snails of Taiwan (Formosa). *Malacological Review*, suppl. 1: 1-118
- Pilsbry, H.A. (1901) The Japanese marine, land and fresh-water mollusca. *Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.*, 53: 385-408+3 plates
- Shiba, N. (1934a) Catalogue of the mollusca of Chosun (Corea). *Chosun J. Natural History*, 18: 6-31
- Shiba, N. (1934b) On the Chosun and Manju populations of *Parafossarulus*. *Venus*, 4(4): 247-257
- Tryon, G.W.Jr. (1865) Description of new species of *Amnicola*, *Pomatiopsis*, *Somatogyrus*, *Gabbia*, *Hydrobia* and *Rissoa*. *American J. Conchylogy*, 1(3): 219-222