

한국산 석패과 7종의 염색체 연구

江原大學校 生物學科

朴 甲 萬 · 權 伍 吉

= Abstract =

Chromosomal Study of Seven Species of Unionidae (Bivalvia: Palaeoheterodonta) in Korea

Gab-Man Park and Oh-Kil Kwon

Department of Biology, Kangweon National University

The chromosome numbers and the karyotypes of seven species in Unionidae are reported, using air-drying in gonad. In seven species, the chromosome number of $38(2n)$ was counted. The mitotic chromosomes of *A. arcaiformis flavotincta*, *A. woodiana* and *L. gottschei* had 7 pairs of metacentric and 12 pairs of submetacentric chromosomes, *U. douglasiae* had 6 pairs of metacentrics, 13 pairs of submetacentrics, *U. douglasiae sinuolatus* had 4 metacentric pairs and 15 submetacentric pairs, *L. acrorhyncha* had 5 metacentric pairs and 14 submetacentric pairs, and *S. triangularis* had 5 metacentric pairs, 13 submetacentric pairs and 1 pair of subtelocentric chromosomes. The size of chromosomes of *A. woodiana* was the longest in length and *L. gottschei* was the shortest. The sexual difference of chromosomes was not observed.

서 론

우리나라에서 석패과는 11종이 보고되어 있으며 주로 호수나 강에 서식하는 것으로 알려져 있다. 염색체에 대한 세포유전학적 연구가 활발해지면서 분류적인 면에서 염색체 연구는 종을 분류하는데 커다란 의미가 있다고 보고(Darlington & La Cour, 1942) 된 이래, 새로운 기법의 발달로 계통 분류학 및 유전학에 이르기까지 광범위하게 연구되어 오고 있다.

석패목(Unionida)에서는 현재까지 2과에서 20종의 염색체가 알려져 있다(Nakamura, 1985). 석패과에

서는 Lillie(1951)가 *Elliptio complanata*(= *Unio complanta*)에서 체세포를 이용하여 반수체(16)를 처음 보고하였다. van Griethuysen 등(1969)은 *Anodonta anatina*와 *U. pictorum*에서 염색체 수와 핵형을 분석한 바 있으며, Jenkinson(1976)은 석패목 15종에서 모두 $2n=38$ 개의 염색체를 보고하였다. 또한 Vitturi 등(1982)은 *U. elongatulus*에서 압착법을 통해 반수체(19)를 보고 하였으며, Park 등(1988)은 *A. woodiana*에서 공기건조법으로 염색체 수 및 핵형분석을 시행한 바 있다. Nakamura(1985)는 연체동물의 염색체를 computerized index system을 이용하여 검색하였는데 여기에서 총 22과 125종에서 이배체 염색체가 밝혀졌으며 이들은 $2n=14\sim 48$ 개의 범위를 가지며 홍합과(Mytilidae), 가리비과

Received November 21, 1991

Table 1. Species and Chromosome numbers reported in the family Unionidae

| Species | Chromosome number(2n) | Locality | Source |
|---|-----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| <i>Elliptio complanata</i> [= <i>Unio complanata</i>] | 16(n) | USA | Lillie(1951) |
| <i>Anodonta anatina</i> | 38 | Diemen Lake, NETHERLANDS | Van Griethuysen <i>et al.</i> (1969) |
| <i>Unio pictorum</i> | 38 | Diemen Lake, NETHERLANDS | Van Griethuysen <i>et al.</i> (1969) |
| <i>Alasmidonta arcula</i> | 38 | Ohoopee Riv.,Ga.,USA | Jenkinson(1976) |
| <i>A. marginata</i> | 38 | Big Darby Cr.,Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Anodonta grandis</i> | 38 | Buffalo Cr., Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Anodontoides ferussacianus</i> | 38 | Buffalo Cr., Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Gonidea angulata</i> | 38 | Wilamette Riv.,Oreg., USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Lampsilis radiata luteola</i> | 38 | Big Darby Cr.,Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Lasmigona costata</i> | 38 | Big Darby Cr.,Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Potamilus alatus</i> | 38 | Buck Cr.,Ken.,USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Ptychobranchus fasciolaris</i> | 38 | Big Darby Cr.,Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Quadrula quadrula</i> | 38 | Big Darby Cr.,Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Toxolasma lividus glans</i> | 38 | Buck Cr.,Ken.,USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Tritigonia verrucosa</i> | 38 | Big Darby Cr.,Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Villosa iris</i> | 38 | Big Darby Cr.,Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>V. lienosa</i> | 38 | Buffalo Cr.,Ohio, USA | Jenkinson(1976) |
| <i>Inversidens japonensis</i> | 38 | Iwakuni, Yamaguchi JAPAN | Nadamitsu & Kanai(1978) |
| <i>Pseudodon obovalis omiensis</i> | 38 | Miyoshi, Hiroshima, JAPAN | Nadamitsu & Kanai(1978) |
| <i>Unio elongatulus</i> | 19(n) | Brenta Riv., ITALY | Vitturi <i>et al.</i> (1982) |
| <i>Anodonta woodiana</i> | 38 | Uiam Lake, KOREA | Park <i>et al.</i> (1988) |

(Pectinidae), Terenidae과의 몇 종을 제외하고는 2배체 염색체의 절반 이상이 metacentric과 sub-metacentric으로 구성되었다고 보고하였다. 우리나라에서 석패과에 대한 염색체 연구는 현재 단지 1종에서만 보고되었을 뿐이다. 지금까지 석패과에 대한 염색체 연구는 Table 1과 같다.

따라서 저자들은 이북지역에 서식하는 백합말조개와 강들의 심한 오염으로 채집이 거의 이루어지지 않고 있는 종들을 제외한 7종을 대상으로 염색체 수 및 핵형분석을 통해 종간의 차이를 밝히고자 실시하였다.

재료 및 방법

실험에 사용된 이매패는 북한강 수계인 의암호와 춘천호를 채집지역으로 호수 전반에 걸쳐 채집하였다.

채집된 재료는 종 동정을 한 후, 산소가 통기되는 수조에서 계속 사육하면서 실험 재료로 사용하였으며 염색체 관찰은 암수 모두에서 실시하였다. 또한 한 종 당 실험 개체수는 암수 포함 30개체 이상을 사용하였다. 염색체 관찰을 위한 표본 제작은 Park 등(1988)의 방법에 의하여 실시하였다. 중기상에 있는 배수체 염색체 숫자를 파악하고 염색체의 핵형분석을 위해 사진으로부터 염색체의 크기와 동원체의 위치에 따라 상동 염색체를 배열하였다. 염색체들은 버어니어 캘리피로 전체 염색체 길이와 단완의 길이를 측정하였으며 측정된 수치를 바탕으로하여 염색체의 상대적 길이와 동원체 계수(centromeric index)를 산출하였다. 즉, 상대적 길이는 각 염색체의 길이를 한 세포내의 전체 염색체 길이의 백분율로 나타냈다(Levan *et al.*, 1964; Volpe & Gebhardt, 1968). 염색체의 형태는

동원체 계수가 46~50이면 metacentric, 26~45이면 submetacentric, 25이하이면 subtelocentric으로 분류하였으며(Paris conference, 1971) 크기가 감소 되는 순서로 배열하였다. 여기서 염색체의 배수체는 30개 이상의 중기상의 염색체를 계수하여 결정하였다.

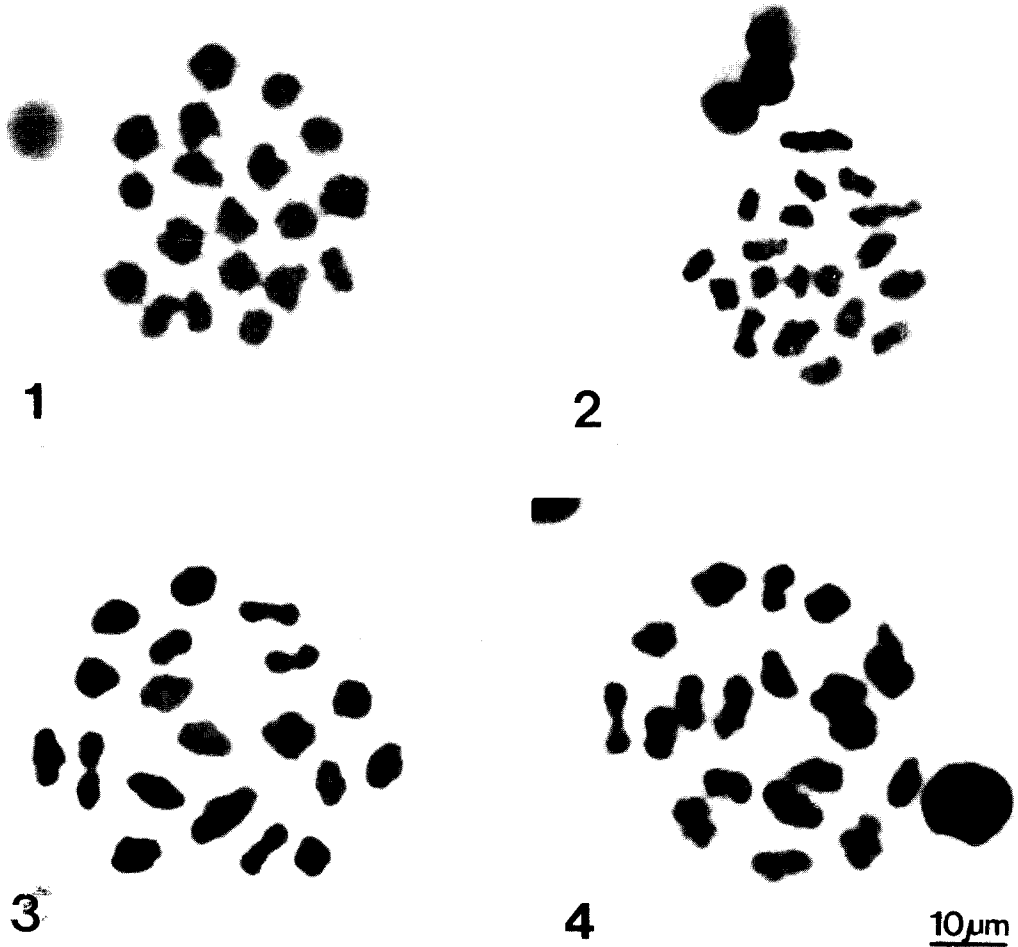
실 험 결 과

실험대상 종에 대한 염색체 수(2n), 염색체의 상대적 길이, 전체길이와 동원체 계수(Table 2~8), 그리

고 염색체의 형태는 Table 9와 같으며 실험 대상 7종에 대한 대표적인 핵형은 Fig. 5~11과 같다.

1. *A. arcaiformis flavotincta*

19개체의 수컷과 14개체의 암컷으로부터 얻어진 염색체 수는 $2n=38$ 이며 동원체의 위치와 염색체의 크기에 따른 핵형 분석 결과는 7쌍의 metacentric과 12쌍의 submetacentric으로 분석되었다(Fig. 5). 또한 5 set의 염색체 표본으로부터 핵형 분석된 자료(Table 2)에 의하면 세포 분열의 중기상에서의 염색체의 크기는 가장 큰염색체의 쌍이 $2.9 \pm 0.43 \mu\text{m}$, 가



Figs. 1-4. Haploid chromosomes($n=19$).

Fig. 1. *A. woodiana*, **Fig. 2.** *U. douglasiae*, **Fig. 3.** *L. acrorhyncha*, **Fig. 4.** *L. gottschei*.

장 작은염색체 쌍이 $1.2 \pm 0.16 \mu\text{m}$ 로 나타났다. 염색체의 상대적 길이는 7.61~3.27% 사이였다. 염색체의 No.1~No.7은 동원체 계수가 거의 50에 가까운 metacentric 염색체이고, No.8~No.19는 동원체 계수가 40~29에 이르는 submetacentric으로 되어 있었다.

2. *A. woodiana*

21개체의 수컷과 14개체의 암컷에서 얻어진 염색체 수는 $n=19$ (Fig. 1), $2n=38$ 개를 가지며 동원체 위치에 따라 7쌍의 metacentric과 12쌍의 submetacentric으로 분석되었다(Fig. 6). 9 set의 염색체 표본으로부터 핵형 분석된 결과(Table 3)에 의하면 염색체의 크기는 가장 큰염색체 쌍이 $5.3 \pm 0.18 \mu\text{m}$, 가장 작은염색체 쌍이 $2.0 \pm 0.42 \mu\text{m}$ 이고 이들의 상대적 길이는 7.73~2.97% 사이였으며, No.1~No.7의 염색체는 동원체 계수가 거의 50에 가까운 metacentric 염색체이고 염색체 No.8~No.19는 그 계수가 41~

27로 submetacentric 염색체로 분리되었다.

3. *U. douglasiae*

17개체의 수컷과 15개체의 암컷의 생식세포 분열 중기염색체로부터 $n=19$ (Fig. 2), $2n=38$ 개의 염색체 수를 관찰하였으며 동원체의 위치에 따라 분류해 보면 metacentric이 6쌍, submetacentric이 13쌍으로 구성되었다(Fig. 7). 또한 8 set의 염색체 표본으로부터 핵형 분석된 결과(Table 4)로는 염색체의 크기는 가장 큰염색체 쌍이 $4.9 \pm 0.14 \mu\text{m}$, 가장 작은염색체 쌍이 $2.7 \pm 0.26 \mu\text{m}$ 크기를 보이며 염색체의 상대적 길이는 7.36~4.01% 사이였으며, 염색체 No.1~No.6은 동원체 계수가 50에 가까운 metacentric 염색체이고 No.7~No.19는 submetacentric 염색체로 동원체 계수가 42~28의 범위를 가졌다.

4. *U. douglasiae sinuolatus*

24개체의 수컷과 16개체의 암컷으로부터 얻어진 염

Table 2. Relative lengths, total lengths(μm) and centromeric indices of chromosome of *A. arcaeformis flavotincta**

| Chromosome No. | Relative length | Total length | Centromeric index | Type |
|----------------|-----------------|----------------|-------------------|------|
| 1 | 7.61 ± 0.12 | 2.9 ± 0.43 | 48.21 ± 1.46 | M |
| 2 | 6.74 ± 0.32 | 2.6 ± 0.29 | 48.81 ± 0.52 | M |
| 3 | 6.53 ± 0.22 | 2.5 ± 0.30 | 48.66 ± 0.63 | M |
| 4 | 6.03 ± 0.18 | 2.3 ± 0.37 | 48.75 ± 1.07 | M |
| 5 | 5.61 ± 0.29 | 2.1 ± 0.36 | 47.92 ± 2.15 | M |
| 6 | 5.50 ± 0.16 | 2.1 ± 0.18 | 48.83 ± 1.10 | M |
| 7 | 5.32 ± 0.31 | 2.0 ± 0.15 | 48.32 ± 1.52 | M |
| 8 | 6.77 ± 0.41 | 2.6 ± 0.17 | 40.16 ± 2.21 | SM |
| 9 | 6.11 ± 0.26 | 2.3 ± 0.25 | 36.87 ± 3.42 | SM |
| 10 | 5.69 ± 0.25 | 2.2 ± 0.33 | 32.25 ± 2.28 | SM |
| 11 | 5.56 ± 0.49 | 2.1 ± 0.26 | 34.64 ± 4.64 | SM |
| 12 | 5.46 ± 0.37 | 2.1 ± 0.11 | 35.85 ± 3.12 | SM |
| 13 | 5.09 ± 0.28 | 1.9 ± 0.37 | 30.52 ± 3.27 | SM |
| 14 | 4.87 ± 0.34 | 1.9 ± 0.47 | 32.57 ± 3.01 | SM |
| 15 | 3.58 ± 0.32 | 1.4 ± 0.24 | 37.19 ± 3.25 | SM |
| 16 | 3.48 ± 0.17 | 1.3 ± 0.18 | 34.78 ± 2.27 | SM |
| 17 | 3.42 ± 0.34 | 1.3 ± 0.31 | 27.43 ± 2.36 | SM |
| 18 | 3.37 ± 0.15 | 1.3 ± 0.27 | 33.02 ± 5.28 | SM |
| 19 | 3.27 ± 0.39 | 1.2 ± 0.16 | 29.25 ± 2.43 | SM |

*Based on measurements from five sets of karyotyped cells

색체 수는 $2n=38$ 이며 동원체의 위치에 따라 meta-centric 염색체가 4쌍이고 submetacentric 염색체가 15쌍으로 구성되었다(Fig. 8). 또한 5 set의 염색

체 표본으로부터 핵형 분석된 자료의 결과(Table 5)에서 염색체의 크기는 가장 큰염색체 쌍이 $5.0 \pm 0.22 \mu\text{m}$, 가장 작은염색체 쌍이 $2.8 \pm 0.35 \mu\text{m}$ 를 가지며

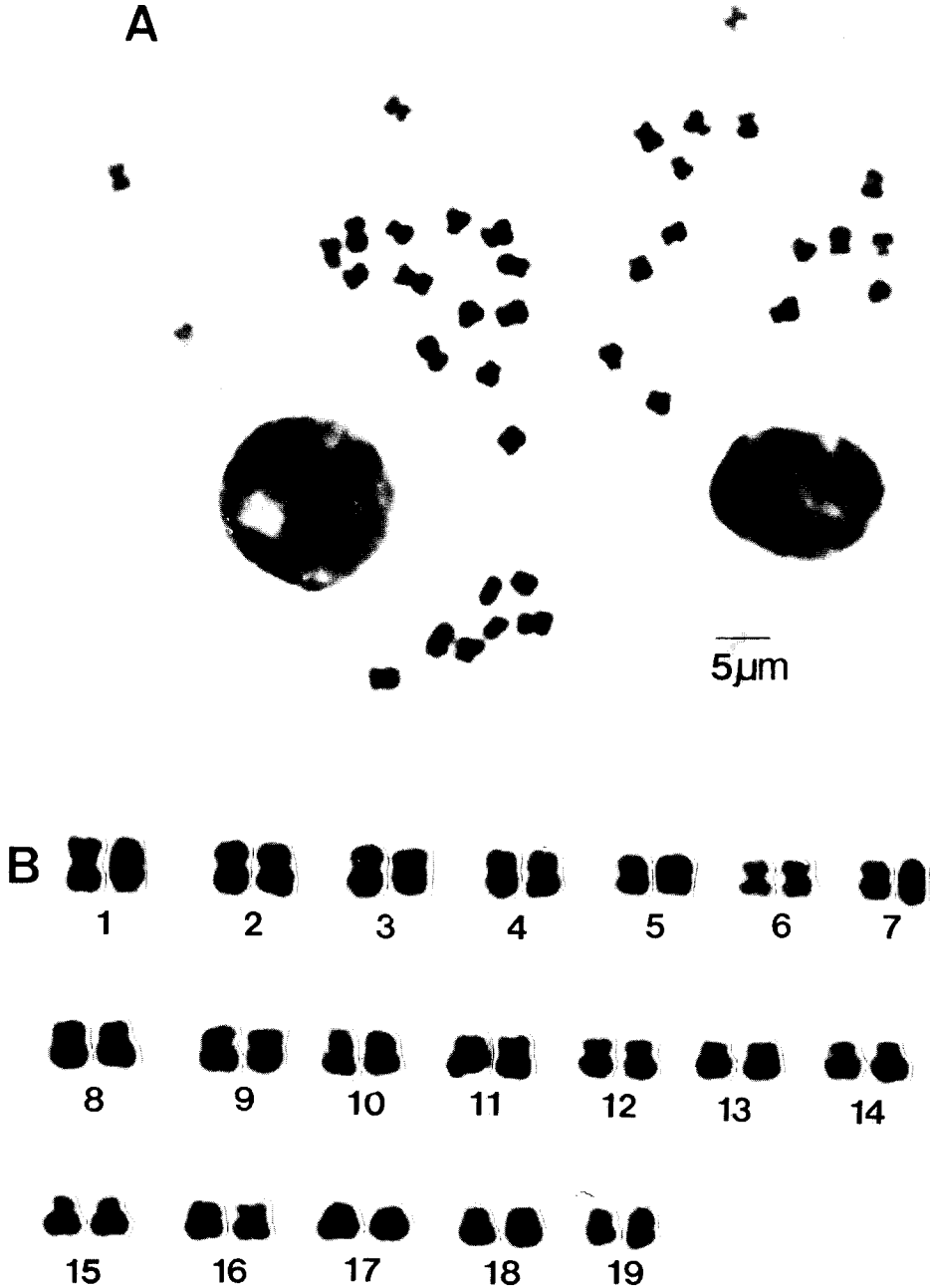
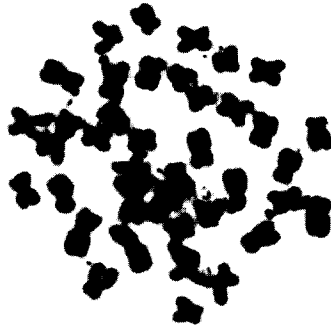


Fig. 5. Spermatogonial metaphase plates(A) and representative karyotype(B) of *A. arcaiformis flavotincta*.

염색체의 상대적 길이는 7.55~4.26% 사이였으며 염색체 No.1~No.4는 동원체 계수가 50에 가까운 metacentric 염색체이고, No.5~No.19는 sub-

metacentric 염색체로 39~27범위 의 동원체 계수를 가졌다. 염색체 No.10은 단완이 상대적으로 짧아 동원체 계수가 acrocentric 염색체에 가깝지만 단완

A



10µm

B

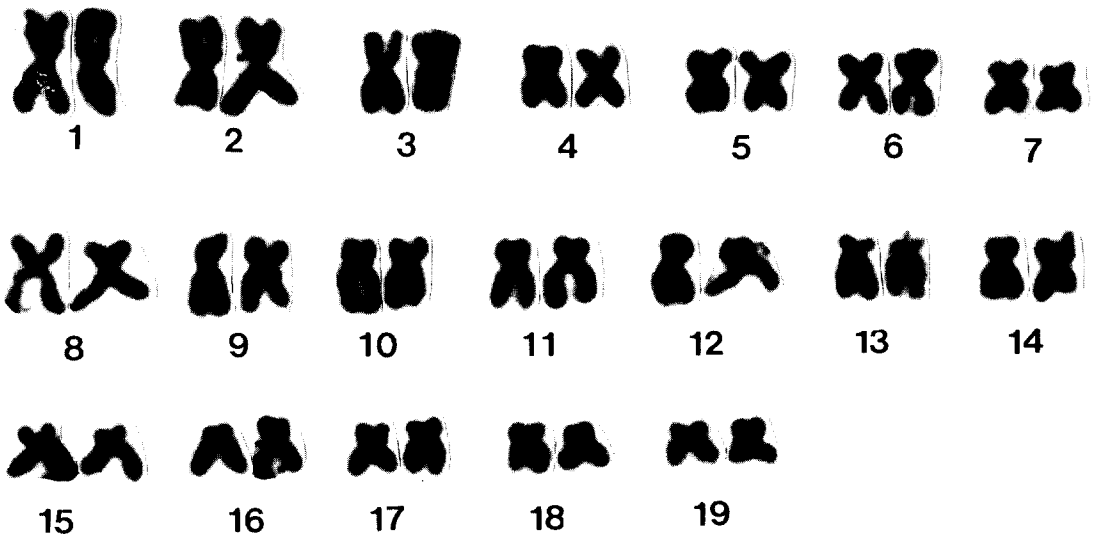


Fig. 6. Spermatogonial metaphase plates(A) and representative karyotype(B) of *A. woodiana*.

이 분리되어 있었다.

5. *L. acrorhyncha*

28개체의 수컷과 13개체의 암컷으로부터 관찰된 염

색체 수는 $n=19$ (Fig. 3), $2n=38$ 으로 나타났으며 동원체의 위치에 따라 분류해 보면 metacentric 염색체가 5쌍, submetacentric 염색체가 14쌍으로 구성되었다(Fig. 9). 염색체 크기(Table 6)는 가장 큰염

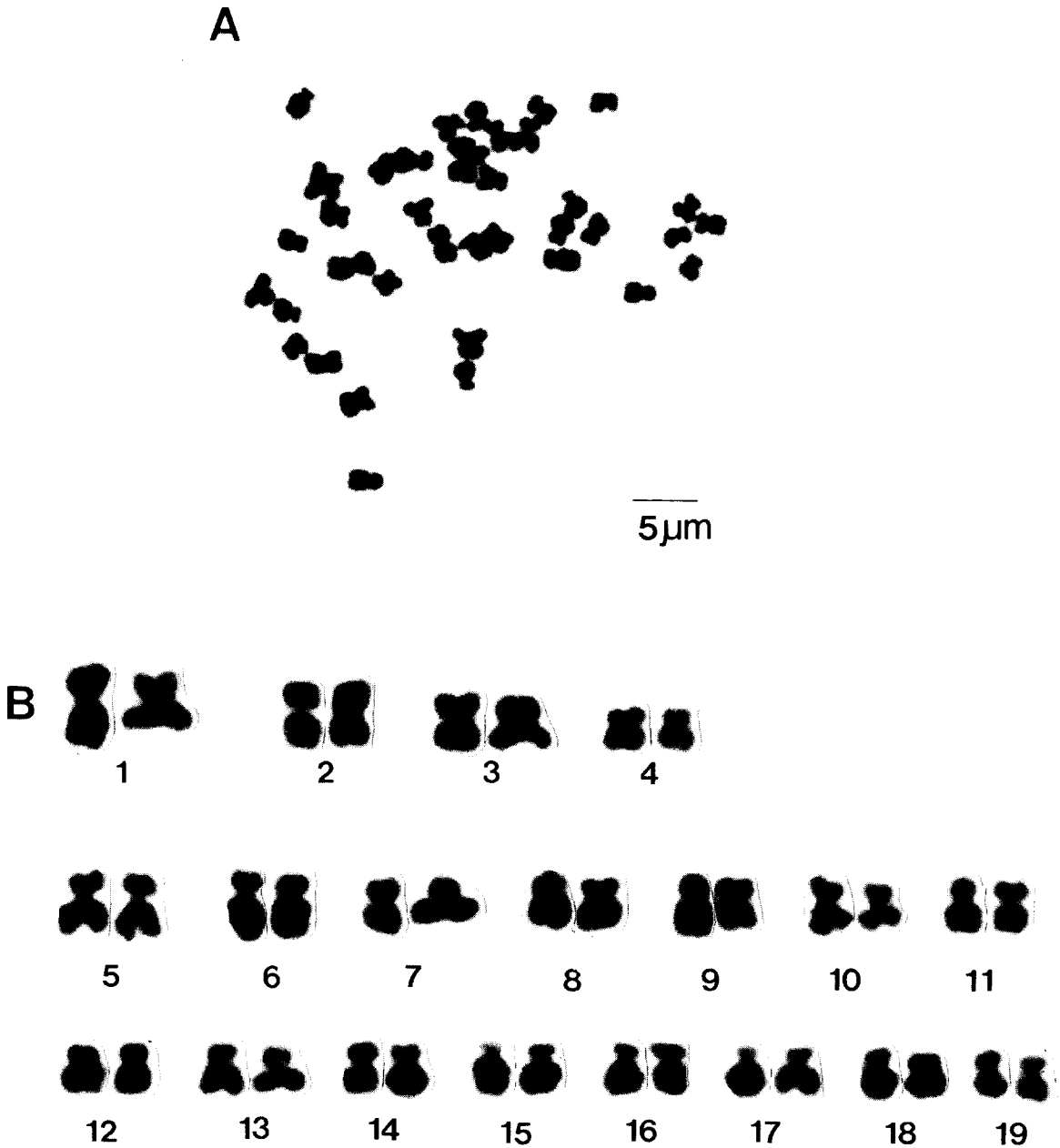


Fig. 7. Spermatogonial metaphase plates(A) and representative karyotype(B) of *U. douglasiae*.

Table 3. Relative lengths, total lengths(μm) and centromeric indices of chromosome of *A. woodiana**

| Chromosome No. | Relative length | Total length | Centromeric index | Type |
|----------------|-----------------|----------------|-------------------|------|
| 1 | 7.73 \pm 0.26 | 5.3 \pm 0.18 | 49.20 \pm 0.29 | M |
| 2 | 7.38 \pm 0.28 | 5.0 \pm 0.27 | 48.94 \pm 1.01 | M |
| 3 | 6.60 \pm 0.21 | 4.5 \pm 0.21 | 46.94 \pm 2.28 | M |
| 4 | 4.72 \pm 0.15 | 3.2 \pm 0.16 | 48.79 \pm 1.13 | M |
| 5 | 4.70 \pm 0.31 | 3.2 \pm 0.10 | 48.66 \pm 1.26 | M |
| 6 | 4.67 \pm 0.27 | 3.2 \pm 0.14 | 48.78 \pm 1.07 | M |
| 7 | 3.64 \pm 0.39 | 2.5 \pm 0.09 | 47.73 \pm 2.21 | M |
| 8 | 6.39 \pm 0.24 | 4.4 \pm 0.25 | 40.24 \pm 1.15 | SM |
| 9 | 6.36 \pm 0.23 | 4.3 \pm 0.11 | 36.38 \pm 4.08 | SM |
| 10 | 6.35 \pm 0.37 | 4.3 \pm 0.13 | 35.18 \pm 1.73 | SM |
| 11 | 6.32 \pm 0.18 | 4.3 \pm 0.16 | 41.35 \pm 1.66 | SM |
| 12 | 5.57 \pm 0.25 | 3.8 \pm 0.06 | 40.52 \pm 2.36 | SM |
| 13 | 5.26 \pm 0.22 | 3.6 \pm 0.31 | 29.63 \pm 4.67 | SM |
| 14 | 4.91 \pm 0.20 | 3.3 \pm 0.35 | 35.21 \pm 2.59 | SM |
| 15 | 4.67 \pm 0.34 | 3.2 \pm 0.19 | 28.85 \pm 1.93 | SM |
| 16 | 4.47 \pm 0.27 | 3.0 \pm 0.15 | 27.43 \pm 2.84 | SM |
| 17 | 3.82 \pm 0.24 | 2.6 \pm 0.28 | 39.46 \pm 3.62 | SM |
| 18 | 3.47 \pm 0.17 | 2.4 \pm 0.51 | 41.18 \pm 2.07 | SM |
| 19 | 2.97 \pm 0.25 | 2.0 \pm 0.42 | 39.94 \pm 2.13 | SM |

*Based on measurements from five sets of karyotyped cells

Table 4. Relative lengths, total lengths(μm) and centromeric indices of chromosome of *U. douglasiae**

| Chromosome No. | Relative length | Total length | Centromeric index | Type |
|----------------|-----------------|----------------|-------------------|------|
| 1 | 7.38 \pm 0.21 | 4.9 \pm 0.14 | 48.50 \pm 1.02 | M |
| 2 | 6.31 \pm 0.28 | 4.2 \pm 0.38 | 48.57 \pm 1.23 | M |
| 3 | 6.08 \pm 0.41 | 4.0 \pm 0.17 | 47.71 \pm 1.56 | M |
| 4 | 6.02 \pm 0.50 | 4.0 \pm 0.32 | 46.86 \pm 2.14 | M |
| 5 | 5.22 \pm 0.32 | 3.7 \pm 0.51 | 48.54 \pm 0.77 | M |
| 6 | 4.01 \pm 0.18 | 2.7 \pm 0.26 | 47.92 \pm 1.81 | M |
| 7 | 5.32 \pm 0.36 | 3.5 \pm 0.13 | 41.65 \pm 3.11 | SM |
| 8 | 5.23 \pm 0.16 | 3.5 \pm 0.62 | 42.46 \pm 1.30 | SM |
| 9 | 5.20 \pm 0.23 | 3.4 \pm 0.46 | 40.92 \pm 2.57 | SM |
| 10 | 5.16 \pm 0.11 | 3.4 \pm 0.61 | 39.78 \pm 3.04 | SM |
| 11 | 5.10 \pm 0.21 | 3.4 \pm 0.59 | 40.23 \pm 1.87 | SM |
| 12 | 5.05 \pm 0.14 | 3.3 \pm 0.15 | 35.63 \pm 2.53 | SM |
| 13 | 4.97 \pm 0.45 | 3.3 \pm 0.43 | 36.92 \pm 4.56 | SM |
| 14 | 4.95 \pm 0.17 | 3.3 \pm 0.34 | 40.18 \pm 2.18 | SM |
| 15 | 4.92 \pm 0.29 | 3.3 \pm 0.68 | 29.33 \pm 3.37 | SM |
| 16 | 4.87 \pm 0.44 | 3.2 \pm 0.23 | 28.84 \pm 2.12 | SM |
| 17 | 4.81 \pm 0.19 | 3.2 \pm 0.52 | 32.67 \pm 4.07 | SM |
| 18 | 4.75 \pm 0.37 | 3.1 \pm 0.38 | 36.87 \pm 3.42 | SM |
| 19 | 4.36 \pm 0.22 | 2.9 \pm 0.40 | 38.59 \pm 5.64 | SM |

*Based on measurements from five sets of karyotyped cells

색체 쌍이 $4.1 \pm 0.21 \mu\text{m}$, 가장 작은염색체 쌍이 $1.3 \pm 0.11 \mu\text{m}$ 로 나타났으며 염색체의 상대적 길이는 7.68~2.43%사이의 범위를 보였다. 또한 염색체 No.1

~No.5는 동원체 계수가 50에 가까운 metacentric 염색체이고, No.6~No.19는 submetacentric 염색체로 나타났다.

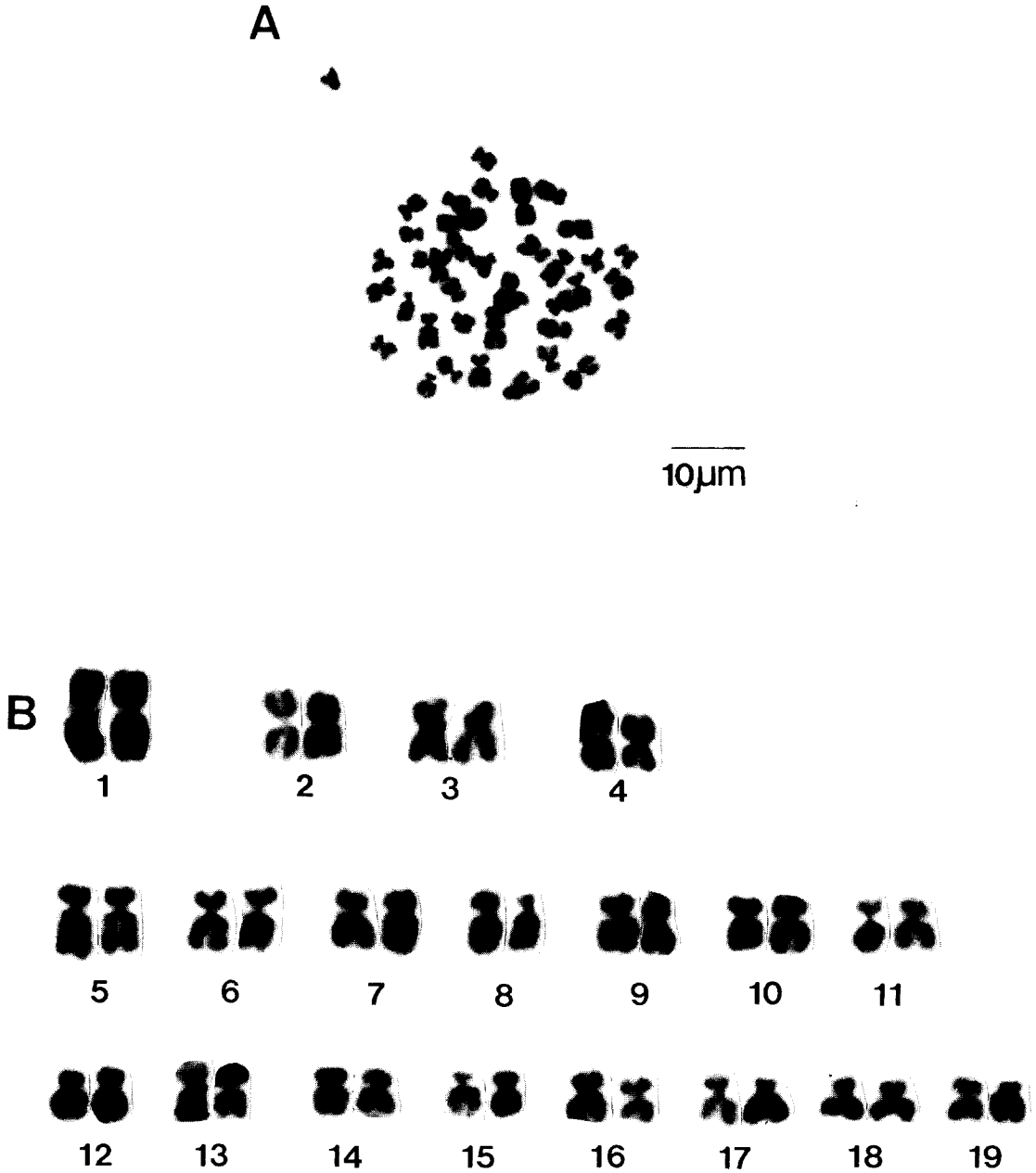


Fig. 8. Spermatogonial metaphase plates(A) and representative karyotype(B) of *U. douglasiae sinuolatus*.

Table 5. Relative lengths, total lengths(μm) and centromeric indices of chromosomes of *U. douglasiae sinuolatus**

| Chromosome No. | Relative length | Total length | Centromeric index | Type |
|----------------|-----------------|----------------|-------------------|------|
| 1 | 7.55 \pm 0.29 | 5.0 \pm 0.22 | 46.21 \pm 2.36 | M |
| 2 | 5.82 \pm 0.22 | 3.8 \pm 0.39 | 48.62 \pm 1.14 | M |
| 3 | 5.75 \pm 0.31 | 3.8 \pm 0.18 | 49.36 \pm 0.40 | M |
| 4 | 5.25 \pm 0.16 | 3.5 \pm 0.31 | 48.57 \pm 1.23 | M |
| 5 | 5.95 \pm 0.34 | 3.9 \pm 0.24 | 36.94 \pm 2.11 | SM |
| 6 | 5.83 \pm 0.33 | 3.8 \pm 0.16 | 28.30 \pm 3.08 | SM |
| 7 | 5.72 \pm 0.18 | 3.8 \pm 0.14 | 36.29 \pm 2.62 | SM |
| 8 | 5.69 \pm 0.13 | 3.7 \pm 0.25 | 29.83 \pm 3.45 | SM |
| 9 | 5.57 \pm 0.36 | 3.7 \pm 0.08 | 30.25 \pm 2.24 | SM |
| 10 | 5.21 \pm 0.57 | 3.4 \pm 0.27 | 27.09 \pm 1.90 | SM |
| 11 | 5.16 \pm 0.35 | 3.4 \pm 0.46 | 32.26 \pm 2.71 | SM |
| 12 | 4.95 \pm 0.21 | 3.3 \pm 0.33 | 31.26 \pm 4.51 | SM |
| 13 | 4.92 \pm 0.27 | 3.2 \pm 0.22 | 34.42 \pm 3.10 | SM |
| 14 | 4.87 \pm 0.24 | 3.2 \pm 0.14 | 33.61 \pm 2.24 | SM |
| 15 | 4.52 \pm 0.19 | 3.0 \pm 0.38 | 29.50 \pm 3.32 | SM |
| 16 | 4.35 \pm 0.46 | 2.9 \pm 0.16 | 39.34 \pm 3.17 | SM |
| 17 | 4.32 \pm 0.42 | 2.8 \pm 0.26 | 33.58 \pm 4.65 | SM |
| 18 | 4.29 \pm 0.28 | 2.8 \pm 0.15 | 38.77 \pm 2.55 | SM |
| 19 | 4.26 \pm 0.31 | 2.8 \pm 0.35 | 34.87 \pm 2.31 | SM |

*Based on measurements from five sets of karyotyped cells

Table 6. Relative lengths, total lengths(μm) and centromeric indices of chromosomes of *L. acrorhyncha**

| Chromosome No. | Relative length | Total length | Centromeric index | Type |
|----------------|-----------------|----------------|-------------------|------|
| 1 | 7.68 \pm 0.37 | 4.1 \pm 0.21 | 48.26 \pm 0.37 | M |
| 2 | 7.53 \pm 0.11 | 4.0 \pm 0.35 | 48.05 \pm 1.14 | M |
| 3 | 6.63 \pm 0.16 | 3.5 \pm 0.18 | 46.79 \pm 3.08 | M |
| 4 | 6.47 \pm 0.45 | 3.4 \pm 0.26 | 47.65 \pm 2.25 | M |
| 5 | 5.04 \pm 0.52 | 2.7 \pm 0.34 | 48.17 \pm 1.03 | M |
| 6 | 6.61 \pm 0.31 | 3.5 \pm 0.22 | 41.29 \pm 2.46 | SM |
| 7 | 6.55 \pm 0.23 | 3.5 \pm 0.17 | 36.64 \pm 2.14 | SM |
| 8 | 6.42 \pm 0.27 | 3.4 \pm 0.27 | 42.86 \pm 1.75 | SM |
| 9 | 6.34 \pm 0.34 | 3.4 \pm 0.45 | 39.33 \pm 3.72 | SM |
| 10 | 5.44 \pm 0.26 | 2.9 \pm 0.53 | 37.54 \pm 2.07 | SM |
| 11 | 5.21 \pm 0.47 | 2.8 \pm 0.43 | 43.06 \pm 1.39 | SM |
| 12 | 5.18 \pm 0.43 | 2.8 \pm 0.31 | 30.42 \pm 1.63 | SM |
| 13 | 4.44 \pm 0.35 | 2.4 \pm 0.24 | 29.15 \pm 2.27 | SM |
| 14 | 4.31 \pm 0.44 | 2.3 \pm 0.09 | 37.74 \pm 2.40 | SM |
| 15 | 3.90 \pm 0.24 | 2.1 \pm 0.33 | 29.87 \pm 3.59 | SM |
| 16 | 3.59 \pm 0.26 | 1.9 \pm 0.25 | 27.65 \pm 2.48 | SM |
| 17 | 3.31 \pm 0.42 | 1.8 \pm 0.18 | 39.42 \pm 3.29 | SM |
| 18 | 2.92 \pm 0.38 | 1.6 \pm 0.38 | 37.81 \pm 3.18 | SM |
| 19 | 2.43 \pm 0.14 | 1.3 \pm 0.11 | 28.84 \pm 2.16 | SM |

*Based on measurements from five sets of karyotyped cells

6. *L. gottschei*

16개체의 수컷과 18개체의 암컷에서 얻어진 염색체의 수는 $n=19$ (Fig. 4), $2n=38$ 개로 나타났으며 동원체의 위치에 따라 metacentric 염색체가 7쌍, submetacentric 염색체가 12쌍으로 분석되었다. Fig. 10은 세포로부터 얻어진 중기상과 핵형을 나타낸 것이다. 또한 6 set의 염색체 표본으로부터 핵형분석된 자료의 결과(Table 7)에 의하면 염색체의 크기

는 가장 큰염색체 쌍이 $2.6 \pm 0.31 \mu\text{m}$ 이며 가장 작은 염색체 쌍이 $1.2 \pm 0.32 \mu\text{m}$ 로 측정되었고, 상대적 길이는 7.46~3.30% 사이였으며 No.1~No.7은 metacentric 염색체로 동원체 계수가 거의 50에 가까우며, No.8~No.19는 동원체 계수가 41~28로 submetacentric으로 분류되었다. No.8은 전체 염색체 중에서 가장 그 길이가 길고 염색체 No.10과 No.13은 단완이 짧아 동원체 계수가 acrocentric에 가깝지만 단완이 서로 분리되어 있었다.

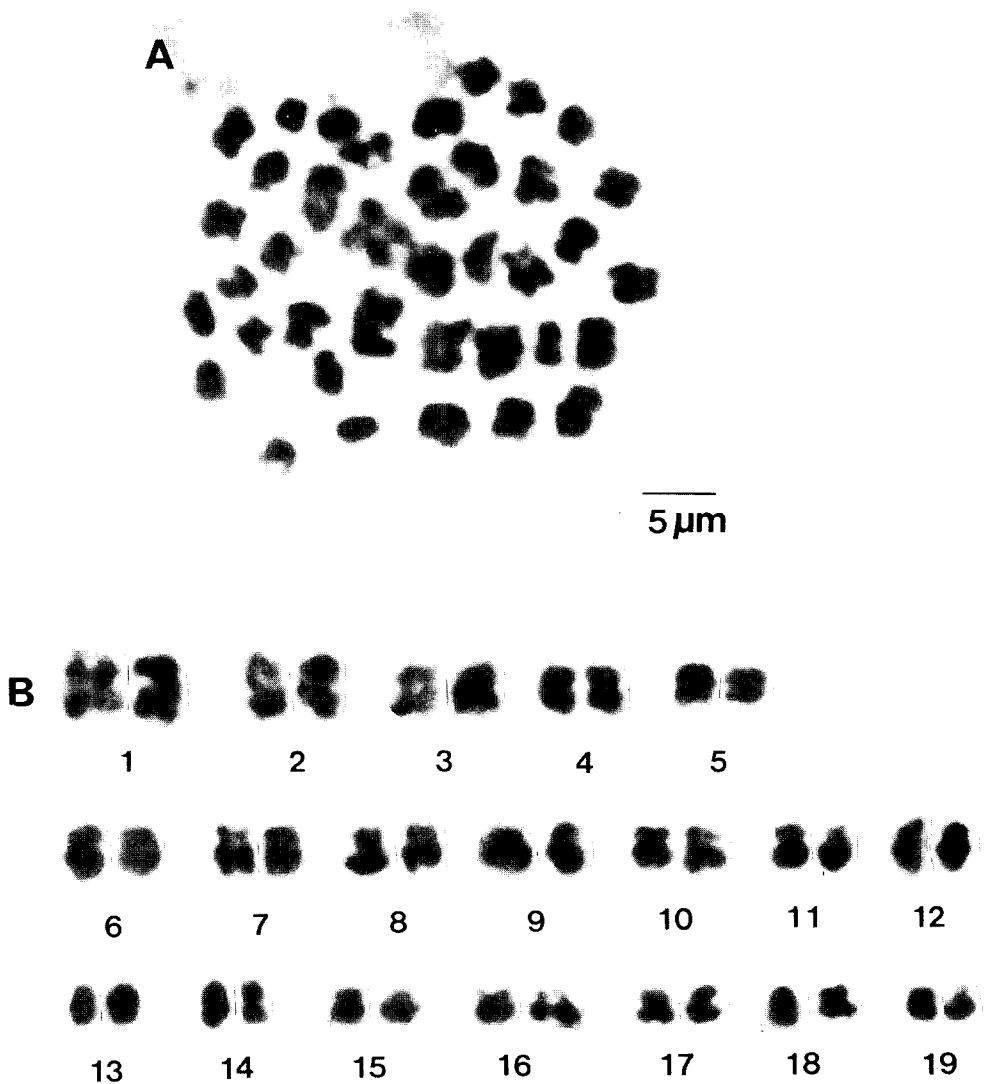


Fig. 9. Spermatogonial metaphase plates(A) and representative karyotype(B) of *L. acrorhyncha*.

7. *S. triangularis*

28개체의 수컷과 21개체의 암컷에서 중기 분열상 세포를 관찰한 결과 염색체 수는 $2n=38$ 개로 나타났

으며, 동원체의 위치에 따라 분류해 보면 5쌍의 metacentric, 13쌍의 submetacentric과 1쌍의 subtelocentric 염색체로 구성되었으며, Fig. 11은 이들 세포로부터 얻어진 중기상의 핵형을 나타내고 여기서

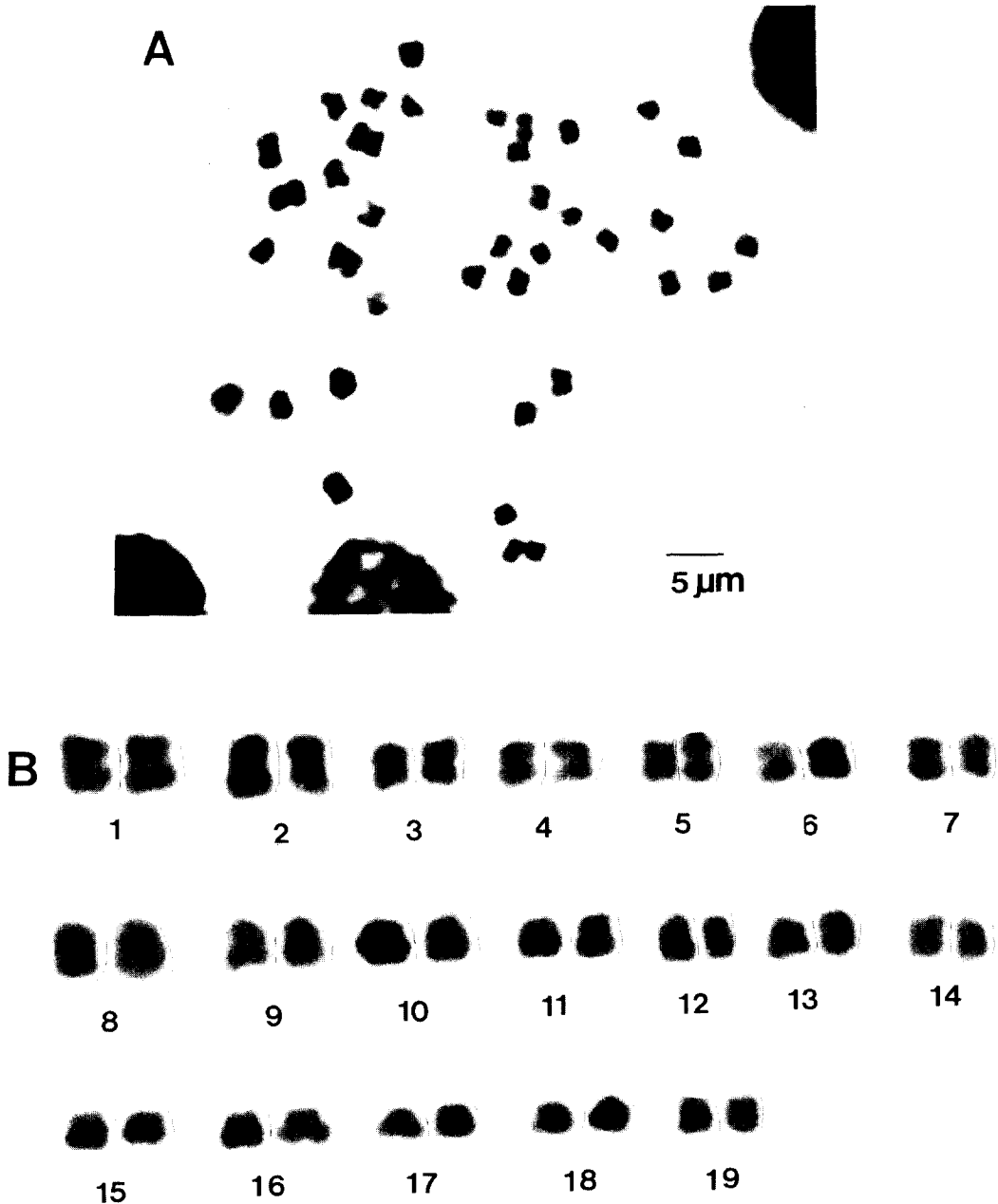


Fig. 10. Spermatogonial metaphase plates(A) and representative karyotype(B) of *L. gottschei*.

Table 7. Relative lengths, total lengths(μm) and centromeric indices of chromosomes of *L. gottschei**

| Chromosome No. | Relative length | Total length | Centromeric index | Type |
|----------------|-----------------|--------------|-------------------|------|
| 1 | 7.43 ± 0.12 | 2.6 ± 0.29 | 48.47 ± 1.04 | M |
| 2 | 7.37 ± 0.20 | 2.6 ± 0.31 | 48.72 ± 0.88 | M |
| 3 | 5.61 ± 0.14 | 2.0 ± 0.14 | 48.23 ± 1.12 | M |
| 4 | 5.38 ± 0.44 | 1.9 ± 0.25 | 48.36 ± 1.34 | M |
| 5 | 5.30 ± 0.27 | 1.9 ± 0.32 | 48.55 ± 1.17 | M |
| 6 | 5.15 ± 0.41 | 1.8 ± 0.13 | 47.96 ± 2.01 | M |
| 7 | 5.04 ± 0.18 | 1.8 ± 0.27 | 48.37 ± 1.56 | M |
| 8 | 7.46 ± 0.29 | 2.6 ± 0.31 | 40.51 ± 2.14 | SM |
| 9 | 7.35 ± 0.54 | 2.6 ± 0.18 | 39.42 ± 3.31 | SM |
| 10 | 6.78 ± 0.46 | 2.4 ± 0.24 | 28.64 ± 2.18 | SM |
| 11 | 4.81 ± 0.23 | 1.7 ± 0.15 | 38.85 ± 1.26 | SM |
| 12 | 4.73 ± 0.31 | 1.7 ± 0.33 | 31.47 ± 2.19 | SM |
| 13 | 4.70 ± 0.11 | 1.7 ± 0.25 | 28.21 ± 3.22 | SM |
| 14 | 4.50 ± 0.36 | 1.6 ± 0.34 | 41.49 ± 2.13 | SM |
| 15 | 4.04 ± 0.21 | 1.4 ± 0.28 | 33.70 ± 2.68 | SM |
| 16 | 3.90 ± 0.24 | 1.4 ± 0.52 | 35.87 ± 4.37 | SM |
| 17 | 3.67 ± 0.16 | 1.3 ± 0.23 | 36.92 ± 2.78 | SM |
| 18 | 3.47 ± 0.43 | 1.2 ± 0.11 | 37.24 ± 1.89 | SM |
| 19 | 3.30 ± 0.29 | 1.2 ± 0.32 | 39.81 ± 5.21 | SM |

*Based on measurements from five sets of karyotyped cells

Table 8. Relative lengths, total lengths(μm) and centromeric indices of chromosomes of *S. triangularis**

| Chromosome No. | Relative length | Total length | Centromeric index | Type |
|----------------|-----------------|--------------|-------------------|------|
| 1 | 5.82 ± 0.30 | 3.8 ± 0.28 | 48.56 ± 1.02 | M |
| 2 | 5.79 ± 0.24 | 3.7 ± 0.16 | 48.75 ± 1.22 | M |
| 3 | 4.41 ± 0.23 | 2.8 ± 0.31 | 48.26 ± 0.98 | M |
| 4 | 4.38 ± 0.21 | 2.8 ± 0.13 | 48.47 ± 1.46 | M |
| 5 | 4.33 ± 0.14 | 2.8 ± 0.27 | 47.91 ± 1.18 | M |
| 6 | 7.09 ± 0.27 | 4.6 ± 0.24 | 39.25 ± 1.57 | SM |
| 7 | 6.79 ± 0.19 | 4.4 ± 0.11 | 38.47 ± 2.39 | SM |
| 8 | 6.73 ± 0.16 | 4.3 ± 0.26 | 36.51 ± 1.48 | SM |
| 9 | 6.66 ± 0.22 | 4.3 ± 0.21 | 32.89 ± 2.28 | SM |
| 10 | 6.48 ± 0.41 | 4.2 ± 0.37 | 37.84 ± 4.37 | SM |
| 11 | 6.00 ± 0.10 | 3.9 ± 0.43 | 35.46 ± 2.48 | SM |
| 12 | 5.67 ± 0.09 | 3.6 ± 0.35 | 41.72 ± 3.14 | SM |
| 13 | 5.64 ± 0.25 | 3.6 ± 0.45 | 34.41 ± 1.82 | SM |
| 14 | 5.27 ± 0.34 | 3.4 ± 0.43 | 29.95 ± 5.65 | SM |
| 15 | 4.43 ± 0.34 | 2.9 ± 0.13 | 36.18 ± 3.30 | SM |
| 16 | 4.01 ± 0.40 | 2.6 ± 0.11 | 37.62 ± 2.23 | SM |
| 17 | 3.68 ± 0.25 | 2.4 ± 0.27 | 41.11 ± 1.45 | SM |
| 18 | 3.65 ± 0.20 | 2.4 ± 0.34 | 27.74 ± 2.88 | SM |
| 19 | 3.16 ± 0.13 | 2.0 ± 0.24 | 25.33 ± 4.10 | SM |

*Based on measurements from five sets of karyotyped cells



Fig. 11. Spermatogonial metaphase plates(A) and representative karyotype(B) of *S. triangularis*.(↖: satellite band)

얻어진 자료는 Table 8과 같다. 또한 9 set의 염색체 표본으로부터 핵형 분석된 자료를 종합해 보면 염색체 크기는 가장 큰염색체 쌍이 $4.6 \pm 0.24 \mu\text{m}$ 이고 가장 작은염색체 쌍이 $2.0 \pm 0.24 \mu\text{m}$ 의 크기이며 염색체의 상대적 길이는 7.09~3.16% 사이였다. 또한 염색

체 No.1~No.5는 동원체 계수가 거의 50에 가까운 metacentric 염색체이고, No.6~No.18은 동원체 계수가 41~27로 submetacentric, No.19는 subtelocentric 염색체로 분류되었다. No. 6은 전체 염색체중에서 가장 그 길이가 길며 No.18 염색체는 단

Table 9. Karyotypes of the chromosomes of seven fresh-water Unionidae

| Species | Characters | Karyotype | | | Total |
|-----------------------------------|------------|-------------|----------------|----------------|-------|
| | | Metacentric | Submetacentric | Subtelocentric | |
| <i>A. arcaiformis flavotincta</i> | | 7 | 12 | 0 | 19 |
| <i>A. woodiana</i> | | 7 | 12 | 0 | 19 |
| <i>U. douglasiae</i> | | 6 | 13 | 0 | 19 |
| <i>U. douglasiae sinuolatus</i> | | 4 | 15 | 0 | 19 |
| <i>L. gottschei</i> | | 7 | 12 | 0 | 19 |
| <i>L. acrorhyncha</i> | | 5 | 14 | 0 | 19 |
| <i>S. triangularis</i> | | 5 | 13 | 1 | 19 |

완이 짧아 동원체 계수가 acrocentric 염색체에 가깝지만 단원이 서로 분리되어 있었다. Fig. 11에서 보는 바와같이 No.19 염색체는 단원에서 부수체를 가지고 있었다.

실험 대상 종 모두에서 성적 이형현상은 볼 수 없었으며 성 염색체도 구별할 수 없었다.

고 찰

연체동물에 대한 염색체 연구는 19세기 말과 20세기 초부터 시작되었지만 부적절한 장비와 기법등으로 초기의 보고는 대부분이 불확실하다. 최근에는 현대화된 장비와 기법을 통해 연체동물에 대한 많은 연구가 수행되었고 연체동물의 이매패각, 다관강, 두족강에서 22과 125종의 염색체가 밝혀져 있고 염색체 수는 14~48개의 범위를 가지는 것으로 알려져 있다. 이 중 석패목(Unionoida)에서는 현재까지 2과 20종의 염색체가 알려져 있다(Nakamura, 1985). 석패과의 염색체는 Lillie(1951)가 *Elliptio complanata*(=*Unio complanta*)에서 체세포를 이용하여 반수체(16)를 처음 보고하였으며, van Griethuysen 등(1969)은 *A. anatina*와 *U. pictorum*에서 염색체 수와 핵형을 분석 보고한 바 있다. Jenkinson(1976)은 석패목 15종에서 모두 $2n=38$ 개의 염색체 수를 밝혔고, 또한 Nadamitsu 및 Kanai(1978)는 석패과 2종에서 염색체 수와 핵형분석을 통해 metacentric과 submetacentric으로 구성되었다고 밝혔다.

한편 염색체 관찰시기에 따른 보고로는 Ahmed(1976)는 난할이 계속되면 염색체의 크기가 감소하기

때문에 진전된 배에서 보다 4~8세포기 단계에서 염색체를 연구하는 것이 적당하다고 보고하였고, 또 초기 난할에서 관찰된 염색체는 정원세포에서 보다 더 크다고 하며 이와같은 사실은 Ahmed(1974)가 Mytilidae에 속하는 *Perna*속에서 정원세포에서는 $0.5\sim 2\mu m$, 그리고 초기 배에서는 $3\sim 10\mu m$ 로서 특히 이매체 염색체에서 차이를 보였다고 하였다. 또한 Ieyama(1975)에 의하면 이매패류에서 염색체 크기는 투여된 콜히친의 양에 따라 큰 변이를 보였다고 하였으며, Tanaka 및 Tanaka(1975)는 중기 염색체의 길이는 콜히친과 같은 방추사 형성저해제에 노출시킨 시간이 길수록 많은 차이를 보였다고 하였다. 또한 콜히친의 양에 의해서도 염색체의 형태가 달라질 수 있으며 콜히친의 과다 사용은 염색체의 응축을 가져오게 하는 것으로 보고되었는데, 이와같은 예는 핵형분석에서 Ieyama 및 Inaba(1974)가 submetacentric을 subtelocentric으로 잘못 기재한 것으로 밝혀졌다. 또한 염색체 관찰법에 따라서도 차이를 보이는데 압착 법으로 시행하였을때 fire-drying법보다 더 큰 크기를 보인다고 하였다(Ieyama, 1975). 그래서 염색체 길이를 비교할 때에는 염색체 관찰법과 시약 사용에 대한 세심한 주의를 필요로 하게 된다. 본 연구에서는 암수의 생식소에서 생식세포를 이용하여 공기 건조법으로 실시하였으며 염색체 크기 차이는 볼 수 없었다. 실험대상 종들의 염색체 길이는 $5.26\mu m$ 에서 $1.16\mu m$ 까지의 크기를 보이며, 석패과 7종 중에서 *A. woodiana*가 가장 길며 *L. acrorhyncha*가 가장 짧은 길이를 보였다.

한편 연체동물 그룹에서 염색체 수의 변동은 적은

것으로 알려졌고(Burch, 1965; Patterson, 1969), 이매패의 과나 아과내에서는 염색체의 수가 일정하다는 보고가 있다(Menzel, 1968; Patterson, 1969; Ieyama & Inaba, 1974). 이와같은 예로는 23종의 부족류에서 염색체를 근거로 Menzel(1968)은 모든 이매패의 염색체 수는 과내에서는 동일한 것으로 밝혔다. 석패목의 2과에서 현재까지 밝혀진 20종의 염색체의 수는 모두 $2n=38$ 로 알려져 있는데 본인이 관찰한 종들의 염색체 수도 모두 $2n=38$ 개로 나타나 석패과의 과내에서는 같은 수의 염색체를 가지고 있었다. 한편 Burch(1965)는 euthyneuran 권패에 대한 연구를 통해 부족류 사이에서 진화된 종일수록 더 많은 염색체 수를 가지는 것이 일반적인 경향으로 나타났다고 보고한바 있다. Inaba(1979)는 Patterson(1969)에 의해 수집된 자료에 근거하여 원시적인 filibranch (=Pteriomorphia) 보다 더 분화된 eulamellibranchs (=Heterodonta)는 더 많은 염색체 수를 가진다고 주장하였다. 이전까지의 염색체 연구는 주로 종수준의 염색체 수만 밝혔는데 염색체의 형태를 통해 염색체 수보다는 핵형분석에 근거하여 종간에 계통학적인 차이를 밝히고 있다. 현재까지 핵형분석을 통해 밝혀진 석패과는 4종으로 von Griethuysen 등 (1969)이 *A. anatina*는 10 metacentrics, 3 metacentrics 또는 submetacentrics, 6 submetacentrics로, *U. pictorum*은 8 metacentrics, 1 metacentric 또는 submetacentric, 10 submetacentrics로 구성되었으며, Nadamitsu 및 Kanai(1978)는 *Inversiden japonensis*는 6 metacentrics, 13 submetacentrics로, *Pseudodon obovalis omiensis*는 9 metacentrics, 10 submetacentrics로 구성되었다고 각각 보고하였다. 본 연구에서 핵형분석 결과 *S. triangularis*를 제외한 6종의 염색체 핵형은 metacentric과 submetacentric으로 구성되었다. 각 종들에서 나타난 핵형 구성은 *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*와 *L. gottschei*는 7쌍의 metacentric, 12쌍의 submetacentric이며, *U. douglasiae*는 6쌍의 metacentric, 13쌍이 submetacentric으로 그리고 *U. douglasiae sinuolatus*는 4쌍의 metacentric과 15쌍의 submetacentric으로 분석되었다. 또한 *L. acrorhyncha*는 5쌍의 metacentric과 14쌍의 sub-

metacentric으로 나타나 Nakamura(1985)의 이매패 염색체의 절반 이상에서 metacentric과 submetacentric으로 구성되었다는 보고와 일치하였다. 그러나 *S. triangularis*의 경우 metacentric이 5쌍, submetacentric이 13쌍, 그리고 subtelocentric이 1쌍으로 나타나 상기 보고들과는 차이를 보였다. 핵형분석에 의해 *Anodonta*속 2종에서는 같은 핵형구성을 보였으나 *Unio*속 2종의 핵형 구성은 차이를 보여 앞으로 많은 연구를 통해 밝혀져야 할 것이다. 또한 속내 종들에서 핵형 구성은 같으나 염색체의 길이에서 차이를 보였다. 즉 *A. arcaeformis flavotincta*는 가장 긴 염색체와 가장 짧은 염색체가 각각 2.9, 1.2 μm , *A. woodiana*는 5.3, 2.0 μm , *L. gottschei*는 2.6, 1.2 μm 의 길이를 보였다. 또한 *U. douglasiae*는 4.9, 2.7 μm , 그리고 *U. douglasiae sinuolatus*는 5.0, 2.8 μm 로 *U. douglasiae sinuolatus*가 약간 길이가 길게 나타났다.

한편 Burch(1960)와 Patterson(1963)은 *Pomatopsis*속의 2종에서 이형(異形)염색체를 관찰하고 이것이 성 결정과 관계가 있을 것으로 가정하였다. Patterson(1967)에 의하면 성 염색체는 해산 부족류에서 9종이 보고되었고 담수종에서는 *Melania crenulata*, *Paludemus fanschauria*, *Talotoma augulata* 등 3종에서 알려진 바 있다. 또한 Patterson(1969)은 형태학적으로 구별되는 성 염색체는 자웅이체인 *Streptoneura* 몇 종에서 구별할 수 있다고 주장하였으나, Nishikawa(1962)는 Prosobranch snail에서는 성 염색체가 존재하지 않는다고 하였다. 본 연구에서 사용한 패류들은 자웅이체인 종이지만 성적 이형 현상은 볼 수 없었으며 앞으로 다른 염색체 기법이 발달하면 석패과에서도 논증되리라 본다. 이상의 염색체 연구는 일반 염색법에 의하여 염색체 수 및 동원체의 위치에 따른 구성만이 분석되었으며 외부 형태가 유사한 종간의 염색체의 미세구조적 차이는 규명되지 않았다. 앞으로 다양한 banding 기술을 이용해 핵형 진화(karyological evolution)를 통해 염색체 수와 핵형은 같지만 염색체 구성의 차이를 구별함으로써 명확하게 밝혀 질 수 있을 것으로 본다. 이매패류에서 유사분열과 감수분열에 의한 염색체 cycle은 육산패인 *Catinella vermeta*에서 상세히 보고되었고(Patterson & Burch, 1966), 석패과 종에

서 염색체 cycle은 *A. woodiana*에서 밝힌 바 있는데(Park *et al.*, 1988), 다른 동물에서 알려진 cycle과 큰 차이점은 없다고 보고하였다.

결 론

의암호와 춘천호에 서식하는 석패과 7종을 대상으로 염색체 수 및 핵형분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

7종의 염색체 수는 모두 $2n=38$ 이었으며, 핵형을 분석한 결과 *A. arcaeiformis flavotincta*, *A. woodiana* 그리고 *L. gottschei*의 염색체는 7쌍의 metacentric, 12쌍의 submetacentric 염색체로 구성되었고, *L. acrorhyncha*의 염색체는 5쌍의 metacentric, 14쌍의 submetacentric으로, 그리고 *S. triangularis*의 염색체는 5쌍의 metacentric, 13쌍의 submetacentric 그리고 1쌍의 subtelocentric으로 분류되었으나 *Unio*속의 *U. douglasiae*의 염색체는 6쌍의 metacentric, 13쌍의 submetacentric으로 그리고 *U. douglasiae sinuolatus*의 염색체는 4쌍의 metacentric, 15쌍의 submetacentric으로 각각 분류되어 속내에서 핵형의 차이를 보였다. 또한 염색체의 크기는 *A. woodiana*가 가장 컸으며 *L. gottschei*가 가장 작은 크기로 관찰되었다.

참 고 문 헌

- Ahmed, M. (1974) Chromosomes of two species of the marine mussel *Perna*(Mytilidae: Pelecypoda). *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente*. **13**: 17-22
- Ahmed, M. (1976) Chromosome cytology of marine pelecypod molluscs. *J. Sci. Karachi*. **4**: 77-94
- Burch, J.B. (1960) Chromosome studies of aquatic pulmonate snails. *Nucleus*, **3**: 177-208
- Burch, J.B. (1965) Chromosome numbers and systematics in euthyneuran snails. *Proc. 1st. Europ. Malacol. Congr. 1962.*, pp. 215-241
- Darlington, C.D. and La Cour, L.F. (1942) The handling of chromosome. *George Allen and Unwin Ltd., London*. **99**: 19-21
- Ieyama, H. (1975) Chromosome numbers of three species in three families of Pteriomorpha (Bivalvia). *Venus*. **34**: 26-32
- Ieyama, H. and Inaba, A. (1974) Chromosome numbers of ten species in four families of Pteriomorpha (Bivalvia). *Venus*. **33**: 129-137
- Inaba, A. (1979) Chromosomes and phylogeny of Mollusca. *Jap. J. Syst. Zool. circular*. **52**: 1-7
- Jenkinson, J.J. (1976) Chromosome numbers of some north American naiads (Bivalvia: Unionacea). *Bull. Amer. Mal. Union*. **2**: 16-17
- Levan, A., Fredga, K. and Sandberg, A.A. (1964) Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas(Lund)*, **52**: 201-220
- Lillie, F.R. (1951) The organization of the egg of *Unio*, based on a study of its maturation, fertilization and cleavage. *J. Morph.*, **17**: 227-292.
- Menzel, R.W. (1968) Chromosome number in nine families of marine pelecypod mollusks. *Nautilus*. **82**: 45-48
- Nadamitsu, S. and Kanai, T. (1978) On the chromosomes of three species in two families of freshwater Bivalvia. *Bull. Hiroshima Women's Univ.*, **10**: 1-15
- Nakamura, H.K.(1985) A review of molluscan cytogenetic information based on the CISMOCH-computerized index system for molluscan chromosomes Bivalvia, Polyplacophora and Cephalopoda. *Venus*. **44**: 193-225
- Nishikawa, S. (1962) A comparative study of the chromosomes in marine gastropods, with some remarks on cytotaxonomy and phylogeny. *J. Shimonosek. College Fisheries*. **11**: 149-186
- Park, G.M., Lee, J.S., Song, H.B., Park, J.C. and Kwon, O.K. (1988) Cytological studies of *Anodonta*(*Sianodonta*) *woodiana* (Palaeoheterodonta: Unionidae) in Korea. *Kor. J. Malacol.*, **4**: 50-54.
- Paris Conference (1971) Standardization on human cytogenetics. *Cytogenetics*. **22**: 317-362
- Patterson, C.M. (1963) Cytological studies of pomatiopsisid snails. *Amer. Malacol. Union. Ann. Repts.*, **30**: 13-14
- Patterson, C.M. (1967) Chromosome numbers of some Japanese freshwater snails. *Venus*. **25**: 69-72
- Patterson, C.M. (1969) Chromosome of Molluscs. *Proc. Symp. Moll. Mar. Biol. Ass. India*. **2**: 635-689

- Patterson, C.M. and Burch, J.B. (1966) The chromosome cycle in the land snail *Catinella vermata* (Stylommatophora: Succineidae). *Malacologia*, **3**: 309-325
- Tanaka, N. and Tanaka, R. (1975) Karyograph as a karyotype expression. *Chromosome. Inf. Serv.*, **19**: 11-13
- Van Griethuysen, G.A., Kiauta, B. and Butot, L.J. M. (1969) The chromosome of *Anodonta anatina*(Linnaeus, 1758) and *Unio pictorum*(Linnaeus, 1758)(Mollusca: Bivalvia: Unionidae). *Bacteria*, **33**: 51-56
- Vitturi, R., Rasotto, M.B. and Farinella-Ferruzza, N.(1982) The chromosomes of 16 molluscan species. *Bull. Zool.*, **49**: 61-71
- Volpe, P.E. and Gebhardt, B.M. (1968) Somatic chromosomes of the marine toad, *Bufo marines* (Linné). *Copeia*. **3**: 570-576
-