

# 한국산 다람쥐 핵형의 비교연구 II. G-banding 방법에 의한 한국산 청서(*Sciurus vulgaris coreae*)와 다람쥐(*Tamias sibiricus asiaticus*)의 핵형분석

김종봉 · 이희영

효성여자대학교 생물교육학과

G-banding 방법에 의하여 한국산 청서와 다람쥐의 핵형을 비교분석한 결과 두 종의 모든 염색체를 동정할 수 있었으며 청서의 9, 10, 12번 염색체 및 X염색체와 다람쥐의 6, 9, 12번 염색체 및 X염색체의 banding pattern이 동일하였다. 또한 청서의 1, 7, 8, 16번 염색체들과 다람쥐의 4, 10, 7, 17번 염색체 사이에 pericentric 역위가 관찰되었다. 이러한 결과들로 보아 두 종간의 핵형분화에는 pericentric 역위가 중요한 역할을 한 것으로 생각된다.

**KEY WORDS:** Korean squirrels, G-banding, Karyotype analysis.

한국산 다람쥐과에 속하는 동물들에 관한 세포유전학적인 연구로서는 1953년 Nakamura에 의하여 다람쥐의 염색체 수가  $2n = 38$ 이라고 보고한 이래 청서와 다람쥐에 관한 일반 염색 및 C-banding 방법에 의한 핵형분석뿐이다(Kim and Lee, 1990). 이들의 연구에 따르면  $2N = 42$ 의 남미산 청서를 제외하고는(Nadler and Hoffmann, 1970) 한국산 청서와 일본산(Sasaki *et al.*, 1968), 북미산(Nadler and Sutton, 1967), Iran산(Nadler and Hoffmann, 1970)등의 청서와 비교하였을 때 염색체 수는  $2n = 40$ 으로 동일하였으나 염색체 형태상의 차이를 보여 pericentric 역위나 상호전좌등의 요인이 이들 염색체 분화에 중요한 역할을 하였을 것으로 추정하였다.

또한 한국산 다람쥐의 경우도 일본산(Sasaki *et al.*, 1968), 북미산(Nadler and Block, 1962)등의 다람쥐들의 핵형과 비교분석하였을 때 염색체 수에서는  $2N = 38$ 로 동일하였으나 Y염색체등에서 염색체 형태상에서 차이가 있는 것으로 보아 pericentric 역위가 이들의 염색체분화의 중요한 요인이었을 것으로 추론하였다.

한편 지리적으로 같은 지역에 서식하고 있는 한국산 청서와 다람쥐의 비교 연구에서도 염색체 수에서는 청서의  $2N = 40$ 과 다람쥐의  $2N = 38$ 인데 비하여 NF는 72와 60으로서 큰 차이를 나타내서 non-Robertsonian 재배열이 이러한 분화의 주요 원인이었을 것으로 보고하였다(Kim and Lee, 1990). 그러나 일반 염색 및 C-banding 방법만으로는 이와 같은 결론을 확실하게 밝힐 수 없어 본 연구에서는 G-banding방법에 의하여 이들의 핵형을 분석비교하여 한국산 다람쥐들의 세포유전학적 특징과 분화를 추정하여 보고자 하였다.

## 재료 및 방법

각각 5마리의 청서와 다람쥐로 부터 골수세포를 채취하여 공기건조법(Rothfelds and Siminovitch, 1962)에 의하여 염색체 표본을 만들었다.

G-banding의 분석은 Seabright(Seabright, 1971)의 방법을 이용하였다. 즉 건조제작된 슬라이드를  $30^{\circ}\text{C}$ , pH 7.0의 PBS 용액(NaCl 16g, KCl 0.4g,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  2.3g,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0.4g,  $\text{H}_2\text{O}$  2000ml) 100ml에 0.2g의 trypsin을 녹여 만든 용액에 슬라이드를 처리하였다. 처리 시간은 슬라이드

본 연구는 1987년도 문교부 해외 파견연구 조성비의 지원에 의하여 수행된 연구의 일부임.

이후제작 후 시간 경과에 따라 10초에서 2분간 처리한 다음 PBS용액으로 2회 세척하여 이를 pH 7.0의 Giemsa 용액(Giemsa 1.5ml, Methanol 1.5ml, 0.1 M citric acid 2ml, 0.2M NaHPO<sub>4</sub> 4ml H<sub>2</sub>O 50ml)으로 5~10분간 염색하여 증류수로 세척, 공기건조시켰다.

결 과

청서(*Sciurus vulgaris coreae*)의 핵형

G-banding stain방법에 의한 중기분열상을 핵형분석한 결과(Fig. 1)를 핵형도(diagram)로 나타낸 것이 Fig.2로서 이를 요약한 것은 다음과 같다.

제 1번 염색체의 장완에 4개의 띠와 단완의 기부 1개의 띠가 나타났고 제 2번 염색체는 장완과 단완에 각각 3개의 띠, 제 3번 염색체에서는 장완에만 3개의 띠가 관찰되었다. 제 4번 염색체에서는 장완에 2개, 단완의 말단부에 1개의 띠, 제 5번 염색체는 장완과 단완에 각각 2개의 띠를 나타내었다. 제 6번 염색체에서는 장완에 3개, 단완에 2개의 띠를 나타내었고, 제 7, 9, 10번 염색체에서는 장완에 3개, 단완에 1개의 띠를 나타내

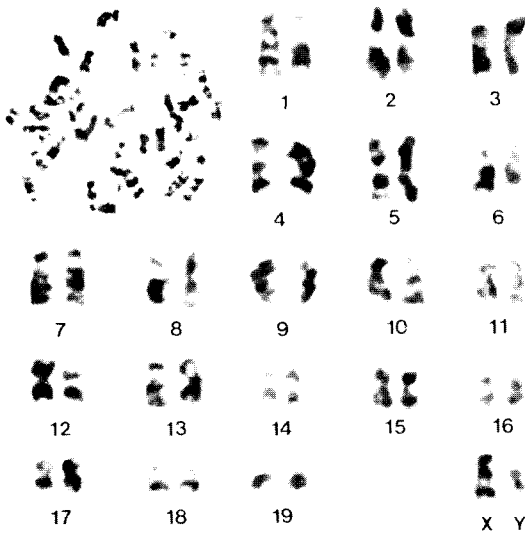


Fig. 1. G-banded karyotype of *S. vulgaris coreae*.

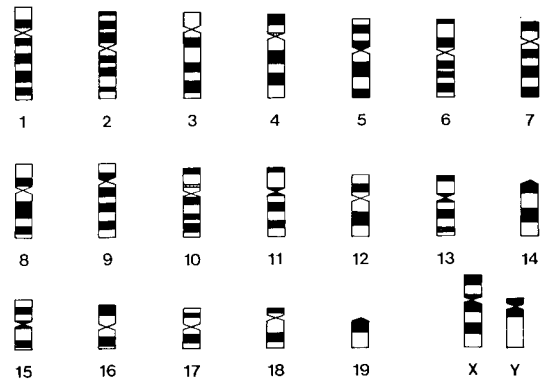


Fig. 2. Diagram of G-banded karyotype in *Sciures vulgaris coreae*.

내었는데 제 7, 10번 염색체에서는 단완의 말단부에, 제 9번 염색체의 단완에서는 기부 띠가 관찰되었다. 제 8번 염색체에서는 장완에 2개, 단완의 기부 1개의 띠를 나타내었고 제 11, 13번 염색체에서는 장완에 2개, 단완의 말단부에 1개 그리고 동원체 부위에서도 띠가 관찰되었다. 제 15번 염색체에서는 동원체와 장완과 단완에 각각 1개의 띠를 나타내었다. 제 14번 염색체에서는 2개의 띠가 관찰되었고 제 12, 17번 염색체에서는 장완과 단완의 중심부에 각각 1개의 띠가 나타났다. 제 16, 18번 염색체에서는 장, 단완의 말단부에 각각 1개의 띠가 나타났으며 제 19번 염색체에서는 1개의 띠가 관찰되었다. X염색체는 동원체 부위와 장완의 중심부, 단완의 말단부에 띠가 나타났으며, Y염색체는 동원체 부위에 띠가 나타났고 단완은 전체적으로 염색되어 나타났다.

다람쥐(*Tamias sibiricus asiaticus*)의 핵형

G-banding된 중기분열상을 핵형분석한 결과(Figs. 3, 4) 제 1번 염색체는 장완에 2개의 띠, 단완에 1개의 띠를 나타내었고 제 2번 염색체는 장완에만 4개의 띠를 나타내었다. 제 3번 염색체는 장완에 4개의 띠와 단완에 1개의 약한 띠가 관찰되었다. 제 4번 염색체에서는 장완에 4개, 단완에 1개의 띠를 나타내었고 제 5번 염색체에서는 중심부에서만 2개의 띠를 관찰할 수 있었다. 제 6번 염색체는 장완에 3개, 단완의 기부 1개의 띠가 나타났으며 제 7번 염색체는 장완에 2개, 단완에 1개의 띠, 제 8번 염색체는 5개의 띠를 나타내

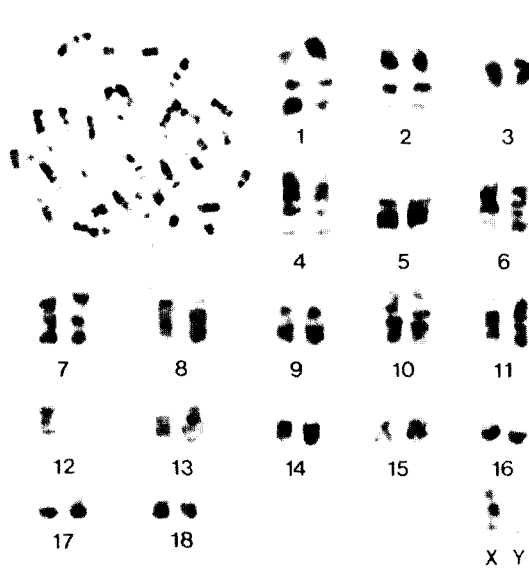


Fig. 3. G-banded karyotype of *T. sibiricus asiaticus*.

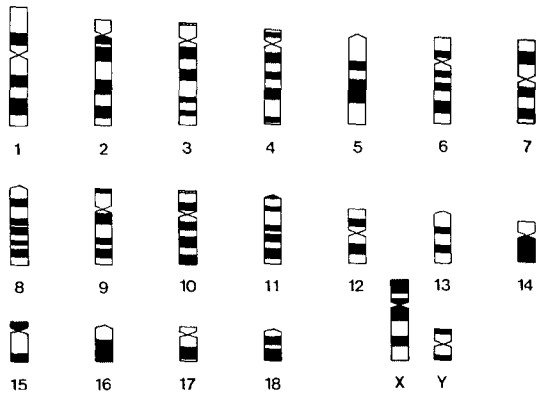


Fig. 4. Diagram of G-banded karyotype in *Tamias sibiricus asiaticus*.

타내었다. 제 9번 염색체는 장완에 3개, 단완에 약한 1개의 띠를 나타냈다. 제 10번 염색체는 장완에 3개, 단완의 기부부에 1개의 띠를 관찰할 수 있었는데 말단부에도 약한 1개의 띠를 관찰할 수 있었다. 제 11번 염색체는 5개의 띠를 나타내었고 제 12번 염색체에서는 상, 단완의 중심부에 각각 1개의 띠가 관찰되었다. 제 13번 염색체는 2개의 띠를 나타냈다. 제 14번 염색체는 장완이 전체적으로 염색되어 나타났으나 제 15번 염색체는 단완이 전체적으로 염색이 되었다. 제 16번 염색체에서는 말단부에만 1개의 띠를 나타냈으며 제 17

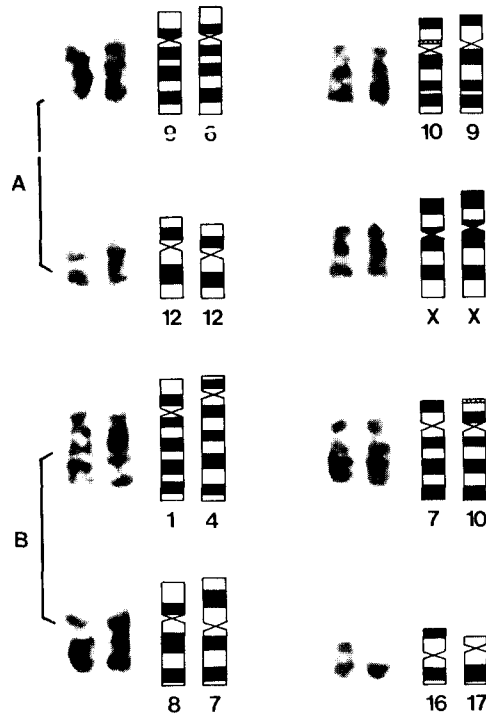


Fig. 5. Comparison of G-banding patterns of *S. vulgaris coreae*(left) and *T. sibiricus asiaticus*(right). A: The band patterns of some pairs of *S. vulgaris coreae* (Nos. 9, 10, 12 and X) were nearly identical with those of *T. sibiricus asiaticus* (Nos. 6, 9, 12 and X, respectively). B: It were showed that pericentric inversion of chromosomes 1, 7, 8 and 16 of *S. vulgaris coreae* resulted in chromosomes 4, 10, 7 and 17 of *T. sibiricus asiaticus*.

번 염색체에서는 장완의 말단부에 1개의 띠가 관찰되었다. 그리고 제 18번 염색체에서는 2개의 띠를 나타내었다. X염색체는 동원체 부위와 장완의 중심부, 단완의 말단부에 띠가 나타났으며 Y염색체는 장완과 단완의 말단부에 각각 1개씩의 띠가 관찰되었다.

환원 두 종의 일반염색 및 G-banding에 의한 핵형을 비교하여 본 결과(Fig. 5), 청시의 제 9, 10, 12, X염색체와 다람쥐의 제 6, 9, 12, X염색체의 banding pattern이 매우 유사하였으며(A group), 청시의 제 1, 7, 8, 16번 염색체 각각은 다람쥐의 제 4, 10, 7, 17번 염색체 사이에 pericentric 역위에 의해 염색체구조가 변화된 것이 관찰되었다(B group).

## 고찰

일반염색과 C-banding방법에 의한 한국산 청서와 다람쥐의 핵형분석한 결과 청서와 다람쥐 모두에서 외국산의 것들과 비교하여 보았을때 염색체 수에서는 거의 차이가 없었으나 염색체의 종류 및 이질염색질 분포에 큰 차이가 있어 이들의 염색체 분화에는 pericentric 역위 및 염색체 내부구조의 변화가 있었음이 추론되었다(Kim and Lee, 1990).

한국산 청서에 관한 G-banding 방법에 의한 핵형분석의 결과를 같은 다람쥐과에 속하는 Africa산 *Xerus rutilus*(Hoffmann and Nadler, 1974)와 북미산 *Citellus brunneus* (Hoffmann et al., 1973)와의 G-banding pattern을 비교했을 때 *Xerus* 속과는 3쌍의 상염색체와 X염색체에서 그리고 *Citellus* 속과는 4쌍의 상염색체에서만 유사한 것으로 보아 오랜 기간에 걸쳐 많은 핵형의 변이가 일어난 것으로 추측된다.

또한 한국산 다람쥐와 Africa산 *Xerus*속에 속하는  $2n = 38$ 의 염색체 수를 갖는 *Xerus rutilus* (Hoffmann and Nadler, 1974)와 북미산 *Citellus* 속내의 *Citellus brunneus*(Hoffmann et al., 1973)의 G-banding pattern을 비교해 보았을 때 이들의 염색체 수는 모두 동일하나 banding pattern에 있어서 매우 다른 것으로 보아 이들 사이의 분화도 오래전에 이루어졌을 것이라 생각된다.

한편 한국산 청서와 다람쥐 사이의 G-banding pattern을 비교하여 본 결과(Fig. 5), 3쌍의 상염색체(청서의 제 9, 10, 12번 각각의 염색체와 다람쥐의 제 6, 9, 12번 각각의 염색체)와 X염색체의 banding pattern이 동일하였으며 4쌍의 상염색체(청서의 제 1, 7, 8 및 16번 각각의 염색체와 다람쥐의 제 4, 10, 7 및 17번 각각의 염색체)에서는 pericentric 역위에 의해 염색체구조의 변화가 일어난 것(Fig. 6)이 관찰되었다. 이 사실로 미루어 보아 이들이 진화되어 오는 동안 몇 쌍의 상염색체와 X염색체는 변화되지 않았으나 다른 몇 쌍의 염색체는 pericentric 역위에 의해 변화되었고 그 외 다른 염색체쌍들에서는 이 기작 이외에 전좌나 centric fusion 및 fission과 같은 다른 복

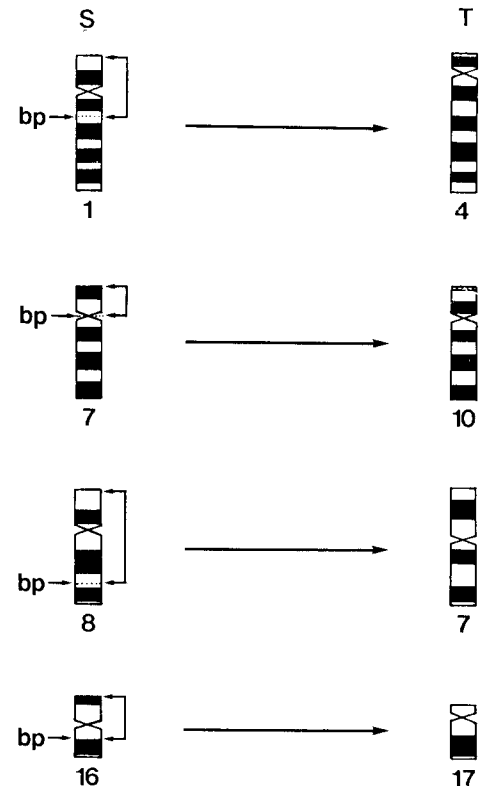


Fig. 6. A diagrams of pericentric inversion derived from an analysis of chromosomal homology based on G-bands of two species. (bp: breakage point) S: *S. vulgaris coreae*, T: *T. sibiricus asiaticus*.

합된 기작들에 의하여 변화됨으로써 핵형의 변이가 이루어졌을 것이라 사료된다.

또한 *Citellus* 속의 여러 종들의 비교(Ginatulina et al., 1982; Lyapunova et al., 1980; Mascarello and Mazrimas, 1977; Pathak, 1978)에서 일반핵형상 동일하고 G-banding pattern에서도 유사하였으나 이들의 C-band의 분포에서는 차이를 나타낸다는 것이 보고되었다. 그리고 구조적이질염색질의 증가나 감소가 핵형진화와 높은 상관관계를 나타낸다는 보고(Hsu and Arrighi, 1971; Yosida, 1983)와 관련하여 청서, 다람쥐 두 종간의 C-banding pattern을 비교하여 본 결과 G-banding pattern에서 유사하게 나타난 염색체쌍들에서도 이들의 C-band의 분포나 양에서는 차이를 나타낸다는 것이 관찰되었다. 이러한 차이는 Yosida 등 (Yosida, 1983)이 주장한 바와 같이

일반핵형이나 G-banding pattern과 같은 형태적 변이 외에 구조적이질염색질과 같은 내부염색체구조의 변화에 기인한 것이라 생각된다.

이상의 논의를 종합해 보면 이들 두 종의 핵형상의 변이에 pericentric 역위나 구조적이질염색질의 분포 변화가 중요한 요인으로 작용한 것이라 생각된다. 그러나 이들이 어떤 과정을 통하여 핵형이 변화되어 왔는지에 관해서는 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

### 인용문헌

- Ginatulina, L. K., A. A. Ginatulin, E. A. Lyapunova, and N. N. Vorontsov, 1982. Genome analysis of ground squirrels of the genus *Citellus* (Rodentia, Sciuridae) I. DNA reassociation kinetics and genome size of eight species. *Genetica* **59**:211-221.
- Hoffmann, R. S. and C. F. Nadler, 1974. Chromosomes of the African ground squirrel, *Xerus rutilus* (Rodentia: Sciuridae). *Experientia* **30**:889-891.
- Hoffmann, R. S., C. F. Nadler, L. W. Turner, and L. Deutsch, 1973. Chromosomes and Giemsa-bands of the Idaho spotted ground squirrel, *Spermophilus brunneus* (Howell). *Experientia* **29**:893-894.
- Hsu, T. C. and F. E. Arighi, 1971. Distribution of constitutive heterochromatin in mammalian chromosomes. *Chromosoma* **34**:243-253.
- Kim, J. B. and H. Y. Lee, 1990. A comparative Karyotype study in Korean Squirrels. I. Karyotype Analysis of *Sciurus vulgaris coreae* and *Tamias sibiricus asiaticus* by conventional Giemsa staining and C-banding method. *Korean J. Zool.* **23**:222-230.
- Lyapunova, E. A., L. K. Ginatulina, and V. P. Korablev, 1980. Intrageneric divergence in DNA and heterochromatin content in ground squirrels of the genus *Citellus*. *Genetica* **52/53**:229-237.
- Mascarello, J. T. and J. A. Mazrimas, 1977. Chromosomes of antelope squirrels (genus *Ammospermophilus*): a systematic banding analysis of four species with unusual constitutive heterochromatin. *Chromosoma* **64**:207-217.
- Nadler, C. F. and M. H. Block, 1962. The chromosomes of some North American chipmunks (Sciuridae) belonging to the genera *Tamias* and *Eutamias*. *Chromosoma* **13**:1-15.
- Nadler, C. F. and R. S. Hoffmann, 1970. Chromosomes of some Asian and South American squirrels (Rodentia: Sciuridae). *Experientia* **26**:1383-1386.
- Nadler, C. F. and D. A. Sutton, 1967. Chromosomes of some North American Sciuridae. *Experientia* **23**:249-251.
- Pathak, S., 1978. Cytogenetic research techniques in humans and laboratory animals that can be applied most profitably to livestock. *J. Dairy Sci.* **62**:836-843.
- Rothfelds, K. H. and L. Siminovitich, 1962. An air drying technique for flattening chromosomes in mammalian cells grown in vitro. *Stain Technol.* **33**:73-77.
- Sasaki, M., H. Shimba, and M. Itoh, 1968. Notes on the somatic chromosomes of two species of Asiatic squirrels. *Chromosoma Inform. Ser.* **9**:6-8.
- Seabright, M., 1971. A rapid banding technique for human chromosomes. *Lancet* **2**:971-972.
- Yosida, T. H., 1983. Chromosomes differentiation and species evolution in rodents. In: Chromosomes in Evolution of Eukaryotic Groups (Sharma, A. K. and A. Sharma eds.) CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, pp. 147-176.

(Accepted April 1, 1990)

### A comparative Karyotype study on Korean Squirrels. II. Karyotype Analysis of *Sciurus vulgaris coreae* and *Tamias sibiricus asiaticus* by G-banding Method.

Jong-Bong Kim and Hee Young Lee (Department of Biology Education,  
Hyosung Women's University, Kyoungbuk 713-702, Korea)

The Karyotypes of Korean *Sciurus vulgaris coreae* and *Tamias sibiricus asiaticus* were analyzed by the G-banding method. Chromosomes of two species could be identified by G-banding patterns. The banding patterns of chromosomes 9, 10, 12 and X of *S. vulgaris coreae* were identical to those of chromosomes 6, 9, 12 and X, respectively of *T. sibiricus asiaticus*. It was shown that chromosomes 4, 10, 7 and 17 of *T. sibiricus asiaticus* resulted from pericentric inversion of chromosomes 1, 7, 8 and 16 of *S. vulgaris coreae*. These results suggested that pericentric inversion was an important factor in the karyological differentiation of two species.