

한국산 鳥類의 핵형 VI. C-Banding 방법에 의한 딱다구리과 두 종의 핵형분석

이혜영 · 이성근 · 유성림

인하대학교 이과대학 생물학과

한국산 *Dendrocopos major hondoensis*와 *D. leucotos leucotos*의 핵형을 일반염색과 C-banding방법으로 분석하였다. 두 종의 염색체 수는 $2n=90-92$ 이고, 암의 수는 $AN=92-96$ 으로 동일하게 나타났으며 C-banding 결과 일부 염색체에서 차이가 있었고 2번 염색체의 장완과 몇쌍의 단부 염색체는 말단에 구조적인 절염색질 band가 있었다.

KEY WORDS: Karyotype, Birds (*Dendrocopos*)

한국산 *Dendrocopos major hondoensis*(오색딱다구리)와 *D. leucotos leucotos*(큰오색딱다구리)는 딱다구리목(Piciformes) 딱다구리과(Picidae)에 속하는 종으로서 외형이 유사하나 큰오색딱다구리가 오색딱다구리보다 크다(Won, 1981).

*D. major*에 대한 핵형은 Shields등(1982)에 의해 연구된 바 있으나 *D. leucotos*의 핵형에 대한 연구보고는 없었다. 그 외 딱다구리목 조류 12종의 핵형이 연구되어있는데 다른 조류에 비해 염색체 수가 많고 속간 핵형이 매우 다양하게 나타났다(Hammar, 1970; Kaul and Ansari, 1978; Takagi and Sasaki, 1980, 1981; Shields et al., 1982).

Shields(1982)는 Bickham과 Baker(1979)의 canalization model이 조류의 핵형진화 설명에 적합하다고 하였는데 이 model에 따르면 조류의 핵형 진화과정을 3단계로 나누어 설명할 수 있다. 첫째는 Non-Robertsonian changes에 수반되는 염색체 다양화과정(chromosomal diversification)으로 목(Order)단위의 핵형변화 과정이며 둘째는 Robertsonian changes에 의한 과(Family)단위 핵형의 생성단계이고 셋째는 핵형의 안정(Karyotypic stability)을 이루는 시기로 속이나 종형성에 염색체 재배열기작이 작용하지 않는다.

한편 Lee와 Lee(1989 a, b), Lee등(1989, 1990 a, b)은 참새목(Passeriformes)과 올빼미목(Strigiformes) 조류의 핵형 연구 결과 각각 목단위의 독특한 핵형 pattern을 가지고 있으며 참새목의 까마귀과(Corvidae)는 canalization model에 적합하나 박새과(Paridae)와 되새과(Fringillidae) 그리고 올빼미목 조류는 종간 혹은 속간 핵형에 차이가 있고 이러한 차이는 pericentric inversion 이나 centric fusion 또는 centric fission에 의해 생겨난 것으로 canalization model에 맞지 않는다고 설명하였다.

본 연구에서는 *D. m. hondoensis*와 *D.l. leucotos*의 핵형을 일반염색과 C-banding 방법으로 분석하여 종간 핵형을 비교하고 핵형이 연구되어있는 *Dendrocopos*속의 다른 종 및 딱다구리과에 속해있는 종들의 핵형과 비교해 보고자 하였다. 또한 참새목, 올빼미목, 딱다구리목 조류의 핵형 분석 결과를 토대로 하여 canalization model이 조류의 핵형진화 설명에 적합한지도 고찰하였다.

재료 및 방법

*D.m.hondoensis*는 1988년 3월 강원도 강릉에서

*D. leucotos*는 1987년 4월 강원도 인제에서 각각 수컷 1개체를 채집하여 실험에 사용하였다.

일반 염색은 Hobart등(1982)의 방법을 다소 변형한 Lee와 Lee(1989a)의 방법을 적용하였고 C-banding은 Sumner(1972)의 방법을 변형한 Lee와 Lee(1989b)의 방법을 적용하였다. C-banding시 $Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O$ 포화용액의 처리 온도는 $35^{\circ}C$, 시간은 4-5분이 적당이었다.

결 과

두 종 모두 염색체 수는 $2n=90-92$, 완의는 $AN=94-96$ 이었다. 1번과 2번 염색체는 큰 염색체와 크기가 명확히 구별되며 1번 염색체는 차중부(submetacentric) 혹은 차단부 염색체(subtelocentric chromosome)이었고 2번 염색체는 중부(metacentric) 혹은 차중부 염색체다. 3번 염색체부터는 그 크기가 점진적으로

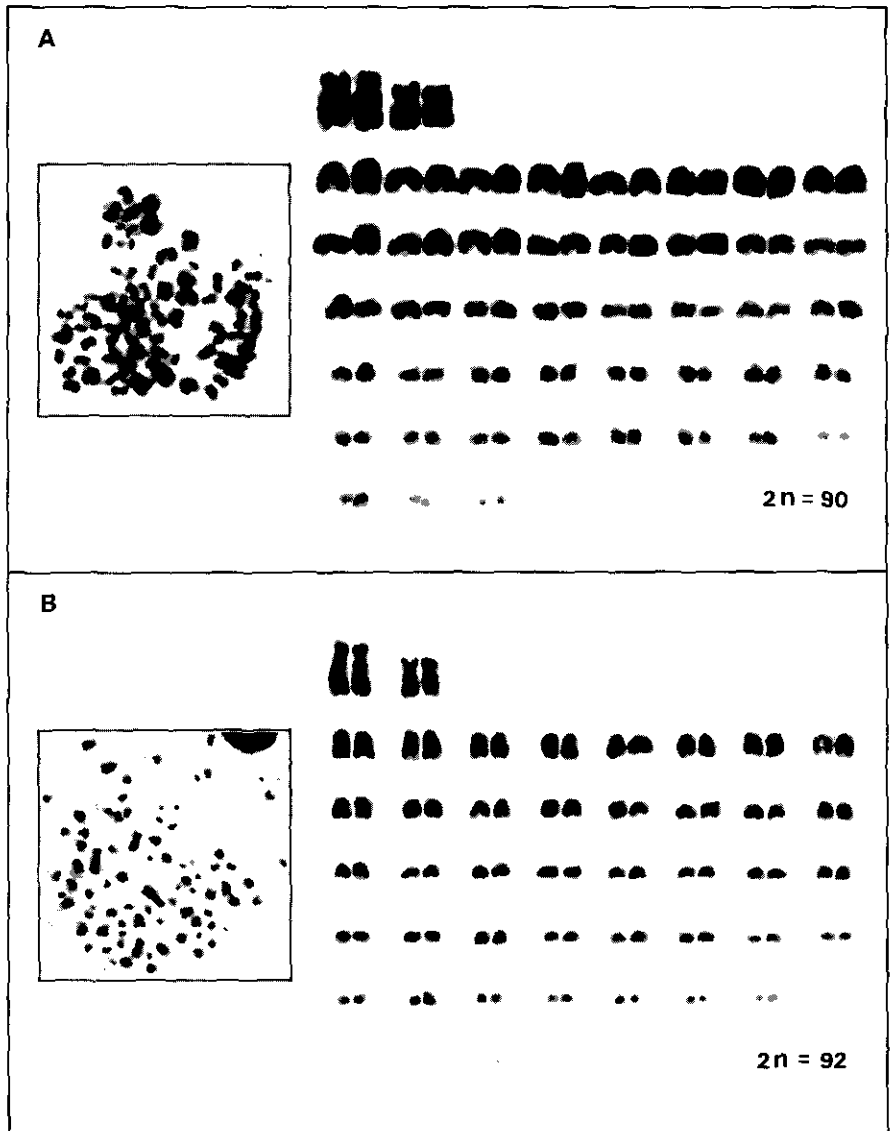


Fig. 1. Karyotypes of the genus *Dendrocopos*. A: *Dendrocopos major*, B: *Dendrocopos leucotos*

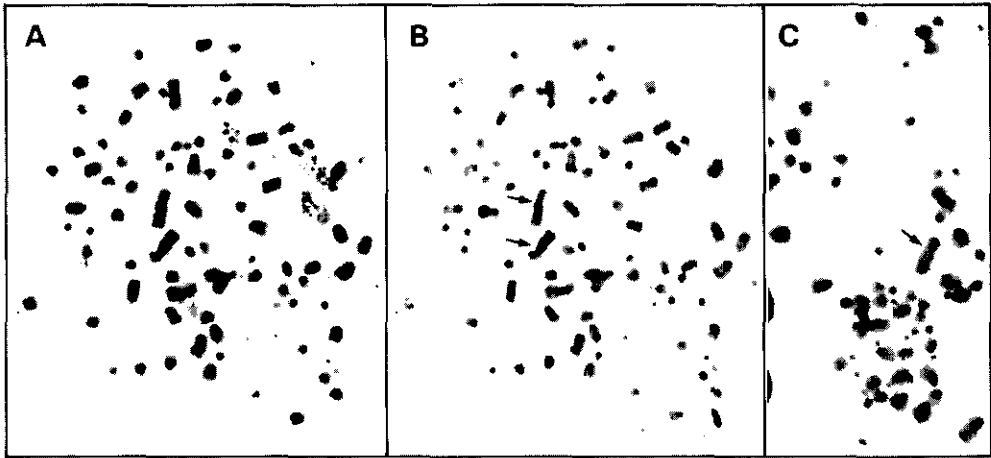


Fig. 2. C-banded karyotypes of the genus *Dendrocopos*. A: Giemsa stained metaphase of *D. leucotos*. B: C-banded metaphase of *D. leucotos*. C: C-banded partial metaphase of *D. major*. Arrows indicate the 1st chromosomes.

소되는 단부염색체 (telocentric chromosome)이어서 macrochromosome과 microchromosome의 구별이 어려웠다(Fig. 1).

C-banding결과 대부분의 염색체는 동원체부위에 구조적 이질염색질 band가 위치하고 2번 염색체는 두 종 모두 장원의 말단부위에 구조적 이질염색질이 분포하였다. 그러나 *D.m.hondoensis*의 1번 염색체에는 동원체 부위에 band가 없는 반면 *D.l.leucotos*의 1번 염색체의 동원체부위에는 band가 위치하고 있다. 또 두종 모두 몇쌍의 단부염색체 말단부위에 구조적 이질 염색질이 분포한다(Fig. 2). 한편 두 종 모두 수컷이었으므로 성염색체는 확인할 수 없었다.

고 찰

*D.m.hondoensis*와 *D.l.leucotos*의 염색체 수와와의 수는 각각 $2n=90-92$, $AN=94-96$ 이고 1번과 2번 염색체가 biarmed chromosome이었다. 유럽산 *D. major*는 1번과 2번 염색체가 biarmed chromosome으로 한국산 *D.m.hondoensis*와 비슷하나 염색체 수와와의 수가 $2n=108$, $AN=112$ 로 큰 차이를 보이고 있다(Shields et al., 1982). 조류의 염색체수는 microchromosome의 수가 많기 때문에 정확한 염색체 수를 정하는데 혼신을

빚기도하지만 한국산과 유럽산 *D. major*의 염색체수 차이를 microchromosome 때문으로 보기는 그 차이가 너무 크다. 핵형이 연구되어있는 딱다구리과의 염색체 수가 $2n=84$ 에서 $2n=94$ 사이로 $2n=108$ 과는 큰 차이가 있고 이러한 수적인 차이를 아종간의 차이로 보기도 어렵다. 그 이유로는 참새목의 박새과 조류의 경우 한국산과 유럽산 아종간에 성염색체와 일부의 상염색체에서 미세한 차이가 있었을뿐 염색체 수에는 차이가 없었으며(Lee and Lee, 1989a) 까치의 경우에도 유럽산과 한국산 아종간의 핵형이 유사하였고(Lee et al., 1990a) 한국산 검은머리방울새와 일본산 검은머리방울새 사이에도 염색체수에 차이가 없었다(Lee et al., 1990b). 그러므로 Shields 등(1982)에 의해 연구된 *D. major*와 *D. minor*의 염색체 수는 재고의 여지가 있다고 생각되며 이들 종에 대한 분류학적 재검토가 있어야 할 것으로 사료된다.

한국산 *D.m.hondoensis*와 *D.l.leucotos*의 핵형은 매우 유사하여 C-band결과에서 약간의 차이가 있을뿐이다. 그러므로 조류의 종분화에는 염색체 재배열기작이 중요한 역할을 하지 않는다고 볼 수도 있다. 그러나 딱다구리과 조류의 속간 혹은 속내 핵형변화에 염색체 재배열기작이 작용했을 것으로 보이는 실험결과도 있다. *Picoides* 속인 *P. pubescens*와 *P. villosus*는 $2n=92$, $AN=$

96으로 핵형이 유사하나(Shields *et al.*, 1982) *P. mahrattensis*는 $2n=84$, $AN=98$ 로 차이가 있어(Kaul and Ansari, 1978) 이들 중간에는 염색체의 fusion 혹은 fission이 일어나 종분화가 된 것으로 추측된다. 이 밖에 딱다구리과의 5속(*Picus*, *Dryocopus*, *Dinopium*, *Colaptes*, *Syhyrapius*)은 각각 1종씩의 핵형이 연구되어 있는데 5종의 염색체 수와 형태, 원의 수등에 차이를 보이고있다(Kaul and Ansari, 1978; Shields *et al.*, 1982). 그러므로 이들 속간분화에는 염색체 재배열기작이 관여되었을 것으로 추측된다.

한편 실험에 사용된 *D. m. hondoensis*와 *D. l. leucotos*는 두 종 모두 수컷이므로 성염색체를 동정할 수는 없었으나 딱다구리과 핵형에 있어 특징은 커다란 Z-염색체를 가지고 있는 것이다. 딱다구리과 조류의 Z-염색체는 다른 조류의 Z-염색체보다 2배가량 크며 전체 genome중 가장 큰 염색체이다. 이러한 큰 Z-염색체는 딱다구리목 뿐아니라 Falconiformes의 Accipitridae와 Alaudidae의 일부 조류에서도 발견된다(Takagi and Sasaki, 1974; De Boer, 1976; Misra and Srivastava, 1976; Williams and Benirschke, 1976). Falconiformes의 성염색체에서는 W-염색체의 크기가 커지지 않고 Z-염색체만 커진 경우는 관찰되지 않았으므로 조류에서는 두 성염색체(Z와 W)의 크기가 함께 커지는 것으로 추측하였으나(Shields *et al.*, 1982) 딱다구리목 조류의 성염색체에서는 W-염색체가 microchromosome의 크기인 경우도 있어(Kaul and Ansari, 1978) 두 염색체가 항상 동시에 크기가 증가된다고는 할수 없다.

이러한 큰 Z-염색체의 생성 기작에 대해 밝혀진 바는 없으나 Shields등(1982)은 *D. minor*의 C-banding 결과 Z-염색체에 band가 나타나지 않는 것으로 미루어 Z-염색체의 크기 증가는 C-heterochromatin에 의한것이 아니라고 설명하고 있다.

또한 딱다구리과의 Z-염색체는 그 크기가 비교적 유사하게 나타나나 동원체의 위치는 모두 다르며 같은 속내의 유사한 핵형을 갖는 종간에도 형태에 차이가 있다. 즉 *D. major*와 *D. minor*는 핵형이 유사하나 Z-염색체의 형태에 있어 *D.*

*major*는 차중부염색체인 반면 *D. minor*는 중부염색체로 차이가 있으며 이러한 차이는 pericentric inversion이나 centric shifts의 결과로 생각된다. 이들은 W-염색체의 형태에도 차이가 있어 *D. major*는 microchromosome 크기의 단부염색체인 반면 *D. minor*는 macrochromosome 크기의 차단부염색체였다(Shields *et al.*, 1982). 핵형이 유사한 근연종간의 성염색체 차이는 참새목 박새과 조류에서도 알려져있다(Lee and Lee, 1989 a, b).

딱다구리목 조류의 핵형은 매우 다양하므로 종간, 속간 분화에 염색체 재배열 기작이 작용하였을 것으로 추측된다. 참새목 조류에 속하는 박새과, 까마귀과, 되새과의 핵형은 모두 Bulatova(1981)의 염색체 크기별 grouping과 일치하여 목단위의 핵형구성에 일정한 경향성을 가지고 있다(Lee and Lee, 1989a). 까마귀과 두 종(*Garrulus glandarius brandtii*와 *Pica pica sericea*)의 핵형은 매우 유사하여 염색체 재배열 현상을 찾을 수 없었으나 박새과와 방울새과는 종간과 속간 핵형에 차이가 있고 이러한 핵형의 차이는 pericentric inversion에 의한것으로 설명된다(Lee and Lee, 1989a). 올빼미목 조류의 경우에도 속간 및 종간 핵형에 차이가 있으며 종분화 과정에 염색체 재배열 기작이 작용하였을 것으로 추측된다(Lee *et al.*, 1989).

이와같이 한국산 조류 세 목(Order)의 핵형변화기작을 고찰한 결과 일부 분류군의 핵형진화는 canalization model에 적합하였으나 대부분의 분류군에서는 핵형진화를 canalization model로 설명하기 어려웠다. 그러므로 canalization model이 조류의 핵형진화를 설명하는데 적합하다는 Shields등(1982)의 주장은 재고의 여지가 있다고 생각한다.

인 용 문 헌

- Bickham, J. W. and R. J. Baker, 1979. Canalization model of chromosome evolution. *Bull. Carnegie Mus. Nat. Hist.* 13:70-84.
 Bulatova, N. S., 1981. A comparative karyological study of passerine birds. *Acta Sci. Nat. Bmo.*

- 15:1-44.
- De Boer, L. E. M., 1976. The somatic chromosome complements of sixteen species of Falconiformes (Aves) and the karyological relationships of the order. *Genetica* **46**:77-113.
- Hammar, B., 1970. The karyotypes of thirty-one birds. *Hereditas* **65**:29-58.
- Hobart, H. H., S. J. Gunn, and J. W. Bickham, 1982. Karyotypes of six species of north American blackbirds(Icteridae: Passeriformes). *Auk* **99**:514-518.
- Kaul, D. and H. A. Ansari, 1978. Chromosome studies in three species of Piciformes(Aves). *Genetica* **48**:193-196.
- Lee, H. Y., S. K. Lee, and S. L. Yu, 1989. Karyotypes of Korean birds. III. Karyological analysis on two speices of the genus *Otus* by C-banding method. *Korean J. Genetics* **11**:262-268.
- Lee, H. Y., S. K. Lee, and S. L. Yu, 1990a. Karyotypes of Korean birds. IV. Karyological analysis on two speices of the family Corvidae by C-banding method. *Korean J. Genetics* (in press).
- Lee, H. Y., S. K. Lee, and S. L. Yu, 1990b. Karyotypes of Korean birds. V. Karyological analysis on three species of the family Fringillidae by C-banding method. *Korean J. Genetics* (in press).
- Lee, S.K. and H.Y. Lee, 1989a. Karyotypes of Korean birds. I. Karyological analysis on four species of genus *Parus* by conventional Giemsa staining method. *Korean J. Zool.* **32**:358-364.
- Lee, S. K. and H. Y. Lee, 1989b. Karyotypes of Korean birds. II. Karyological analysis on four speices of genus *Parus* by C-banding method. *Korean J. Zool.* **32**:365-373.
- Misra, M. and M. D. L. Srivastava, 1976. The karyotypes of two species of Falconiformes. *Cytologia* **41**:313-317.
- Shields, G. F., 1982. Comparative avian cytogenetics: a review. *Condor* **84**:45-58.
- Shields, G. F., G. H. Jarrell, and E. Redrupp, 1982. Enlarged sex chromosomes of woodpeckers(Piciformes). *Auk* **99**:767-771.
- Sumner, A. T., 1972. A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin. *Exp. Cell Res.* **75**:304-306.
- Takagi, N. and M. Sasaki, 1974. A phylogenetic study of bird karyotypes. *Chromosoma* **46**:91-120.
- Takagi, N. and M. Sasaki, 1980. Unexpected karyotypic resemblance between the Burmeister's seriema (Cariamidae-Gruiformes) and toucan(Ramphastidae-Piciformes). *Chromo. Inform. Ser.* **28**:10-11.
- Takagi, N. and M. Sasaki, 1981. Chromosomes in Gruiformes, with notes on the chromosomal diagnosis of avian sex. *Proc. Int. Crain Symp. Sapporo* 19-23.
- Williams, R. M. and R. J. Benirschke, 1976. The chromosomes of four sepcies of Falconiformes. *Experientia* **32**:310-311.
- Won, P. O., 1981. Illustrated Flora and Fauna of Korea. **25**: Avifauna. Ministry of Education, Seoul. pp. 764-784.

(Accepted February 15, 1990)

**Karyotype of Korean Birds. VI. Karyological Analysis on Two Species of the Genus
Dendrocopos by C-Banding Method**

Hei Yung Lee, Sung Keun Lee and Sung Lim Yu (Department of Biology, Inha University,
Incheon 402-751, Korea)

The chromosomal analyses of *Dendrocopos major hondoensis* and *D. leucotos leucotos*(Picidae:Piciformes) in Korea were performed by conventional Giemsa staining and C-banding method. The diploid number of two species was $2n=90-92$ and arm number was $AN=92-96$. The conventional karyotypes were very similiar but distribution of constitutive heterochromatin were differ in the first chromosome. The second and several pairs of macro-telocentric chromosomes have telomeric constitutive heterochromatin.