

## 한국산 鳥類의 핵형 I. 일반염색 방법에 의한 박새속 4종의 핵형분석

이성근 · 이해영

인하대학교 이과대학 생물학과

한국산 박새속 조류 *Parus major* (박새), *Parus ater* (진박새), *Parus palustris* (쇠박새), *Parus varius* (곤줄박이)의 핵형을 일반염색 방법으로 분석한 결과 4종의 염색체 수는 모두  $2n = 78 \sim 80$ 으로 나타났고, 성염색체를 포함한 7쌍이 macrochromosome, 그 외 32 ~ 33쌍이 microchromosome이었다.

종간 차이를 나타내는 염색체는 5번째 염색체와 성염색체인 Z·W-염색체였다. 이러한 핵형의 차이는 5번째 염색체에서는 pericentric inversion, 성염색체에서는 전좌에 의한 것으로 생각된다.

**KEY WORDS:** Genus *Parus*, Karyotype analysis, Korean birds

조류의 염색체에 관한 연구는 1900년 초 부터 시작되었으나(Hammar, 1966) 한국산 조류의 핵형연구는 *Pica pica sericea*에 대한 연구(Suzuk, 1949)가 처음이었으며, 이는 생식소의 절편방법에 의한 것이었고 그외에는 국내·외에서 보고된 자료가 전무한 상태이다.

한국산 조류의 연구는 적은 개체수의 표본과 단순한 외부형태 형질을 위주로 한 것이었고(Kim *et al.*, 1986), 최근에 김 등(1986), 박과 양(1988) 등에 의해 전기영동법을 이용한 유전자분석 및 sonogram에 의한 mating call분석이 시작되었다.

전 세계적으로도 8,500 여종의 조류가 분포시각하고 있으나 핵형은 이들 중 약 3% 정도만이 분석되어 있다(Takagi and Sasaki, 1974; Shields, 1982; DeBoer, 1984).

한국산 박새속에는 *Parus major minor* (박새), *Parus ater amurensis* (진박새), *Parus palustris hellmayri* (쇠박새), *Parus varius varius* (곤줄박이) 등 4종이 기재되어 있다(Won, 1981). 이들은 참새목(Passeriformes), 박새과(Paridae), 박새속(*Parus*)에 속하는 종들로서 한반도 전역

에 서식하는 흔한 텃새이다.

조류의 염색체는 수가 많고 크기의 변이가 커서 macrochromosome과 microchromosome으로 구분한다. Microchromosome이 진정한 염색체임을 밝혀졌으나(Ohno, 1961; Ford and Woolam, 1964; Krishan, 1964) 그 크기가 매우 작고 수가 많기 때문에 현재까지도 정확한 염색체 수를 결정하기가 어려워져 범위로 표시하기도 한다.

성 염색체에 있어서도 ZZ-ZW형 임이 확인되었으나(Rothfels *et al.*, 1963; Itoh *et al.*, 1969) Piciformes조류등(Shields *et al.*, 1982)을 제외하고는 성염색체중 W-염색체가 microchromosome의 크기와 유사하기 때문에 동정이 용이하지 못하다.

따라서 본 연구에서는 일반 염색방법을 이용하여 한국산 박새속 조류 4종에 대한 핵형과 염색체 수를 동정하고 염색체 구조상의 변이와 성염색체중 W-염색체를 확인하며, 유럽, 러시아, 아시아등에 분포시각하는 아종간의 핵형을 비교함으로써 이들 간에 나타나는 염색체 재배열 기작을 비교 분석하고자 하였다.

**Table 1.** Number of specimens and collecting sites of the four species of genus *Parus*.

Species	Date of Collection	Number of		Localities*
		m	f	
<i>Parus major</i>	1987. 4.	1	1	Inje, KW
	1987. 5.	1	1	Musuchon, JJ
	1987. 5.	1	1	Sungpanag, JJ
	1988. 2.	6	4	Naju, CN
	1988. 2.	1	2	Namhae, KN
	1988. 3.	3	2	Kwangneung, KG
	1988. 4.	5	7	Youngsil, JJ
	1988. 5.	2	2	Ulreungdo, KB
	1988. 5.		1	Yangyang, KW
	Total	20	21	
<i>Parus ater</i>	1988. 10.	8	3	Kwachon, KG
	Total	8	3	
<i>Parus palustris</i>	1988. 2	1	1	Daesungri, KG
	1988. 3	6	5	Kwangneung, KG
	Total	7	6	
<i>Parus Varius</i>	1987. 4.	2		Inje, KW
	1988. 2.		1	Daesungri, KG
	1988. 3.	12	11	Kwangneung, KG
	1988. 4.	2	3	Youngsil, JJ
	1988. 4.	5	3	Sungpang, JJ
	Total	21	18	

\*CN: Chollanam-do, JJ: Jeju-do, KB: Kyongsangbug-do, KG: Kyonggi-do, KN: Kyongsangnam-do, KW: Kangwon-do, m: male, f: female

**재료 및 방법**

재료는 1987년 4월부터 1988년 10월까지 새그물(5단 × 12m)을 사용하여 총 104개체를 채집하여 실험에 사용하였다(Table 1).

각 개체에 체중 1g당 0.05 % Colchicine용액을 0.3 ~ 0.4 ml씩 복강 주사하고 30분 ~ 1시간 경과 후에 Hobart등(1982)의 방법을 변형하여 표본을 제작하였고, 8 % Giemsa용액으로 10분간 염색하였으며 Fuji microfilm (ASA 12)을 이용 Leitz orthoplan으로 사진 촬영하였다. 염색체를 크기에 따라 Bulatova (1981)의 방법을

적용 4 group으로 구분하였으며 Nishioka (1972)의 방법으로 핵형을 분석하였다(Table 2).

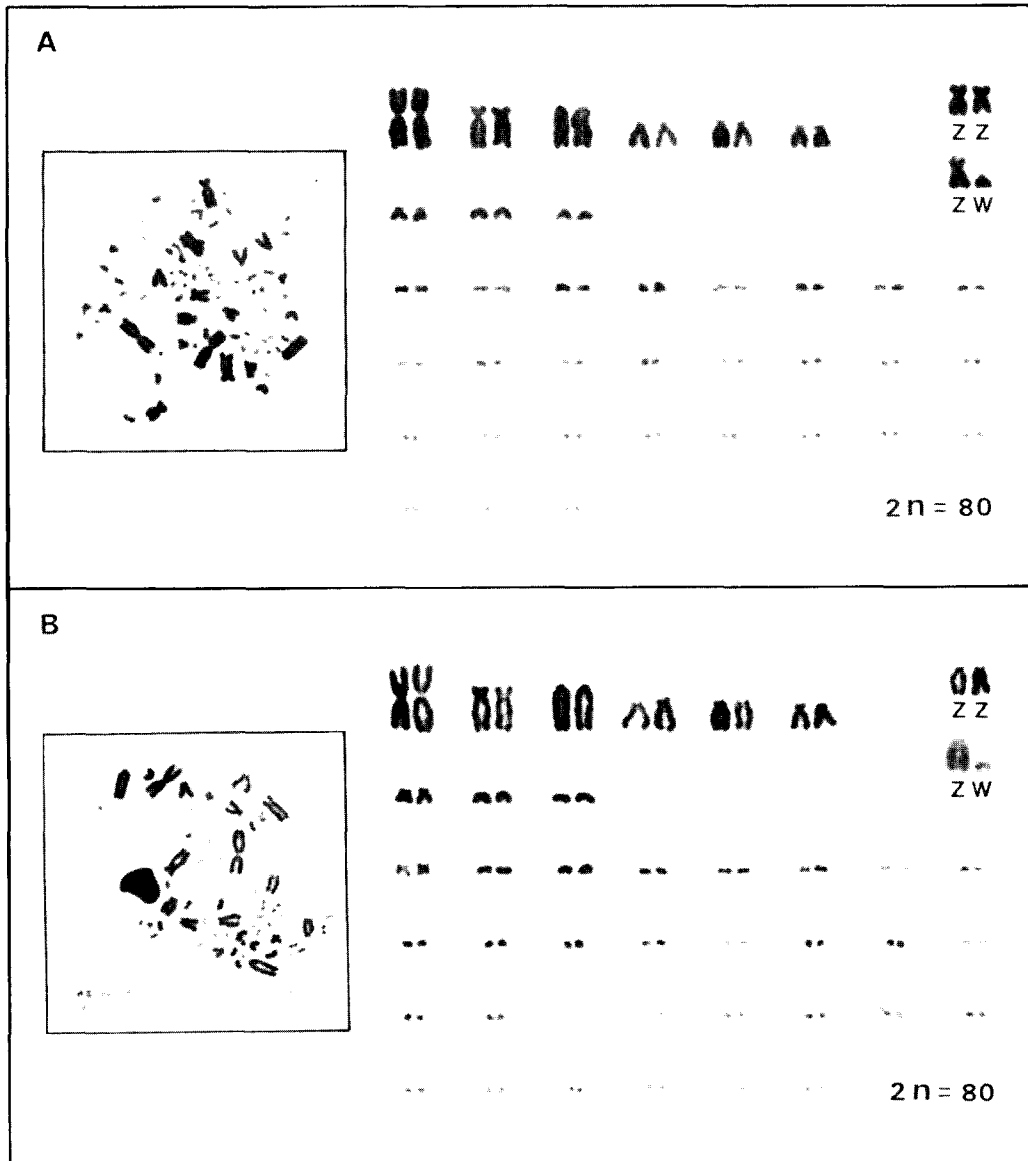
**결과**

4종의 염색체 수는  $2n = 78 \sim 80$ 개였으며 group I, II의 핵형은 4종이 모두 동일하였다. 그러나 group III에서는 종간 차이가 있어 *P. major*와 *P. ater*는 차단부염색체(subtelocentric chromosome)가 3쌍인데 반하여 *P. palustris*와 *P. varius*는 차단부염색체가 2쌍, 단부염색체(telocentric chromosome)가 1쌍이었다(Table 2, Fig. 1, 2).

**Table 2.** Comparative karyological characteristics of the genus *Parus*.

Species	Groups				Z · W
	I	II	III	IV	
<i>Parus major</i>	m	sm-t	st-st-st	microchromosomes	m-t
<i>Parus ater</i>	m	sm-t	st-st-st	microchromosomes	st-t
<i>Parus palustris</i>	m	sm-t	st- t-st	microchromosomes	st-m
<i>Parus varius</i>	m	sm-t	st- t-st	microchromosomes	sm/st-m

m = metacentric chromosome, sm = submetacentric chromosome, st = subtelocentric chromosome, t = telocentric chromosome



**Fig. 1.** Karyotype analysis of the genus *Parus*. A: *Parus major*, B: *Parus ater*

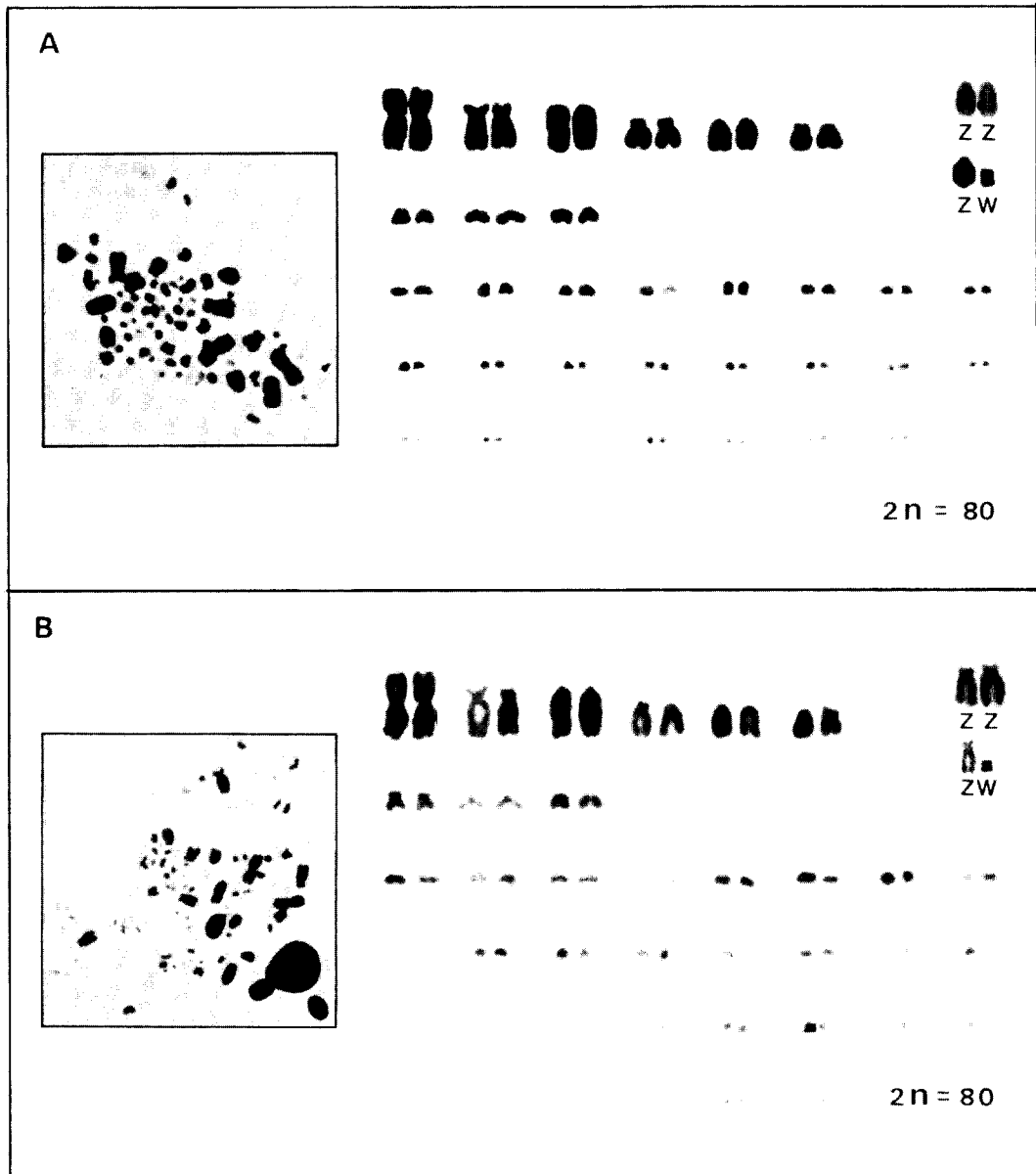


Fig. 2. Karyotype analysis of the genus *Parus*. A: *Parus palustris*, B: *Parus varius*

또한 성염색체에서도 차이가 있어 Z-염색체는 *P. major*가 중부염색체 (metacentric chromosome), *P. ater*와 *P. palustris*가 차단부염색체였고 *P. varius*는 차중부염색체 (submetacentric chromosome) 또는 차단부염색체였다. 크기에 있어서도 *P. major*와 *P. varius*는 group III보다 다소 크게 나타났으며, *P. ater*

와 *P. palustris*는 group III과 매우 유사한 크기로 중간 차이를 나타냈다. W-염색체에서는 *P. palustris*와 *P. varius*는 중부염색체로 동정이 용이하였으며, *P. major*와 *P. ater*는 단부염색체로 상기 2종과 형태에서 차이가 있었으나 유사한 크기의 단부염색체가 많아 정확한 동정이 불가능하였다 (Table 2, Fig. 1, 2).

7번째 염색체부터는 microchromosome으로서 차단부염색체 1쌍과 기타 단부염색체로 구성되어 있었다. *P. ater*의 microchromosome중 1쌍이 중부염색체로 구별되나 응축정도에 따라 중부염색체를 구별하기 어려웠으며 기타 3종에서도 동일한 양상이 관찰되었다. 한편 각종내 집단간 핵형 차이는 없었다.

### 고찰

세계적으로 핵형이 분석된 박새속 조류는 모두 5종으로서(Udagawa, 1958; Castroviejo *et al.*, 1969; Hammar, 1970; Bulatova, 1981)이 중 Udagawa의 연구는 생식소의 절편방법에 의한 자료였고 국내종과 보다 밀접한 관계를 갖는 종은 3종으로서 채집지역으로 보아 국내종과는 아종관계에 있다.

Bulatova (1981)는 참새목의 핵형을 크게 4 group으로 구분하였다. 염색체의 크기에 따라 다른 group과 명백히 구별되는 첫번째 염색체를 group I, group I 보다 작은 2쌍의 염색체를 group II, 크기가 더 작은 3쌍의 염색체를 group III으로 정하고 점차 크기가 작아지는 microchromosome을 group IV로 구분하였고 조사종 중 약 80%가 위와 같은 grouping에 해당한다고 보고하였다. 또한 박새속은 group I 이 중부염색체, group II가 차중부염색체와 단부염색체로 특징지어진다고 하였다.

한국산 박새속 염색체분석 결과와 핵형이 연구되어 있는 상기의 3종은 모두 Bulatova의 염색체 grouping과 일치하고 있었으며 한국산 박새속 4종간에 나타나는 차이와 유사하게 group III과 Z·W-염색체에서 차이를 나타내고 있다. 이와같이 염색체 형태의 차이가 group III과 성염색체에 국한하여 나타나는 것은 흥미로운 점이다.

유럽산(Hammar, 1970) 및 시베리아산(Bulatova, 1981) 박새속 조류의 핵형을 한국산 박새속 3종(*P. major*, *P. ater*, *P. palustris*)과 비교한 결과 유럽 및 시베리아산 *P. major*의 Z-염색체는 차단부염색체인데 반하여 한국산 *P. major*의 Z-염색체는 중부염색체였고 W-염색체는

유럽산 *P. major*는 차중부염색체고 시베리아 및 한국산 *P. major*는 단부염색체였다. Group III에서는 상기 3아종간에 차이가 없었으며 microchromosome에서는 다소의 차이가 있었다.

*P. major*는 유럽, 시베리아등 유라시아 대륙에 4아종(*P. m. major*, *P. m. cinereus*, *P. m. bokharensis*, *P. m. minor*)이 ring form으로 분포되어 있다. 카스피해의 동쪽은 녹황색의 *P. m. major*와 *P. m. cinereus*가 동서하는 지역으로서 두 아종간에 잡종이 형성되고, 중국에서는 *P. m. cinereus*와 *P. m. minor*가 동서하며 잡종이 형성된다. 그러나 *P. m. minor*와 *P. m. major*의 경계선인 러시아에서는 두 아종간에 잡종이 생기지 않고 있다. 또한 *P. m. bokharensis*는 카스피해 동쪽과 소련 남부를 잇는 즉 ring을 대각선으로 가로지르는 분포를 보이고 있어 이 circle을 매우 복잡하게 하고 있으며 이웃하는 아종과의 관계가 불분명하다(Perrins, 1987). 또한 한국산 *P. major*는 본토에 서식하고 있는 *P. m. wladivostokensis*와 제주도에 서식하는 *P. m. minor* 두 아종으로 분류되어 있으나(Kim *et al.*, 1986) 본 연구에서는 두 집단간에 염색체 차이를 발견할 수 없었다.

*P. ater*의 핵형은 한국산과 시베리아산의 핵형이 매우 유사하였으나 성염색체 중 w-염색체에서 차이가 있어 시베리아산은 차중부염색체인데 반하여 한국산은 단부염색체였다. *P. ater*는 인도 및 유럽동부를 제외하고는 *P. major*와 거의 유사한 지역에 서식하는 텃새이다.

*P. palustris*는 중국북부와 만주 및 한국, 일본 그리고 유럽에 국한되어 아시아와 유럽간 연결이 없이 서식하는 텃새이다(Won, 1981). 유럽산 *P. palustris*의 W-염색체는 차중부염색체이고 group III의 구성이 차단부염색체 3쌍인데 반하여 한국산 *P. palustris*의 W-염색체는 중부염색체였으며 group III이 차단부염색체 2쌍, 단부염색체 1쌍이었다.

*P. varius*는 일본, 쿠릴열도 남부, 한국의 중·남부, 제주도 및 울릉도 등지에서 번식하는 텃새로 분포서식하는 지역이 매우 국한되어 있다. *P. varius*에 대한 아종간의 비교할 수 있는 자료는 없었으나 한국산 박새속 3종과의 차이가

성염색체와 group III의 구성에서 관찰되었다.

이상과 같은 동일종 내의 아종간 또는 종간의 핵형 차이는 group III에서는 pericentric inversion, 성염색체에서는 전좌(translocation)에 의한 염색체 재배열 기작의 결과로 추측된다.

한편 Takagi와 Sasaki(1974), Stock과 Mengden(1975)은 조류의 핵형을 매우 보존적이라 하였고, 참새목은 비교적 근래에 적응방산된, 계통분류학적으로 new species인 것으로 생각되며 동일종 또는 속내에서 염색체 다형현상(chromosomal polymorphism)이 비교적 많이 발견된다고 하였다(Shields, 1982).

참새목에 있어 핵형변화의 주요 기작은 intrachromosomal rearrangement이며 많은 부분에 남아 있는 대부분의 corresponding chromosome에 의해 chromosomal homology가 유지되는 것으로 추측되나 interchromosomal rearrangement도 핵형변화에 영향을 미친다(Misra and Srivastava, 1978). 이러한 핵형의 변화는 주로 pericentric inversion, centric fusion 및 fission, 전좌(Takagi and Sasaki, 1974; Stock and Mengden, 1975; Stock and Bunch, 1982) 또는 microchromosome 수의 변화에 의한 것으로 보고되어 있다(Bulatova, 1981).

Pericentric inversion에 의한 염색체의 형태변화와 외부형태와의 연관관계가 *Zonotrichia albicollis* (Thornycroft, 1966; 1975)와 *Junco*속 조류에서 보고된바 있다(Rising and Shields, 1980). 또한 외형상 차이를 보이는 유사종간의 인위적인 잡종실험에서 전좌가 종간분화 및 형태차이를 유발함을 시사하고 있다(Shoffner *et al.*, 1979). 일반적으로 조류는 isozyme분석 결과 종간차이 정도가 매우 낮게 나타나는 것으로 알려져 있으며, 타 분류군에서의 종간차이 정도가 조류에서는 속간차이 정도로 분석되어있고(Ayala, 1976; Yang and Patton, 1981; Braun and Robbins, 1986; Zink, 1988) 김 등(1986)도 한국산 박새(*Parus major*)와 참새(*Passer montanus*)의 isozyme을 분석한 결과 변이 정도가 매우 낮은 것으로 보고하였다.

Isozyme pattern과는 달리 한국산 박새속 4종

간 그리고 유럽·시베리아 등지에 서식하는 각종의 아종들 간에는 염색체 형태에서도 다소의 차이가 있었으며 체색등 차이가 있다. 이러한 점으로 미루어 본다면 박새속 조류에 있어서의 핵형의 차이는 조류 핵형이 매우 보존적이며 조류 isozyme pattern이 일반적으로 매우 유사하게 나타나는 점 등으로 보아 분자수준에는 큰 영향을 미치지 않으나 Thornycroft(1966; 1975), Rising과 Shields (1980), Shoffner 등(1979)의 연구와 본 연구결과를 볼때 체구나 체색의 변이와 연관되었을 것으로 생각되어 진다.

그러나 한국산 박새속 조류에서의 염색체 변화기작은 일반염색 방법에 의해서만 연구된 자료를 토대로 한 것이므로 보다 정확한 기작과 염색체 재배열이 종간 혹은 아종간 등에 미치는 영향, 그리고 성염색체의 정확한 동정등을 위해 여러가지 banding 방법이 뒷받침 되어져야 할 것이며, 특히 분자수준에서의 다각적인 연구가 필요할 것이다.

## 인용문헌

- Ayala, F. J., 1976. Molecular Evolution. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts. pp. 34-35.
- Braun, M. J. and M. B. Robbins, 1986. Extensive protein similarity of the hybridizing chickadees *Parus atricapillus* and *P. carolinensis*. *Auk* **103**:667-675.
- Bulatova, N. S., 1981. A comparative karyological study of passerine birds. *Acta Sci. Nat. Acad. Sci. Bohemoslov Bmo* **15**:1-44.
- Castroviejo, J., L. C. Christian, and A. Gropp, 1969. Karyotypes of four species of birds of the families Ploceidae and Paridae. *J. Hered.* **60**:134-136.
- De Boer, L. E. M., 1984. New developments in vertebrate cytotaxonomy VIII. A current list of references on avian karyology. *Genetica* **65**:3-37.
- Ford, E. H. R. and D. H. M. Woollam, 1964. Testicular chromosomes of *Gallus domesticus*. *Chromosoma* **15**:568-578.
- Hammar, B., 1966. The karyotypes of nine birds. *Hereditas* **55**:367-385.
- 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.
- Itoh, M., T. Ikeuchi, H. Shimba, M. Mori, M. Sasaki, and

- S. Makino, 1969. A comparative karyotype study in fourteen species of birds. *Japan. J. Genet.* **44**:163-170.
- Kim, S. W., J. H. Shim, and S. Y. Yang, 1986. Taxonomic study on the subspecies of two passerine birds in Korea. *Bull. Inst. Basic Sci. Inha University* **7**: 123-131.
- Krishan, A., 1964. Microchromosomes in the spermatogenesis of the domestic turkey. *Exp. Cell Res.* **33**:1-7.
- Misra, M. and M. D. L. Srivastava, 1978. Karyotypes of seven passerines. *Cytologia* **43**:485-495.
- Nishioka, M., 1972. The karyotypes of the two sibling species of Japanese pond frogs, with special references to those of the diploid and triploid hybrid. *Sci. Rep. Lab. Amphibian Bio., Hiroshima Univ.* **1**: 319-337.
- Ohno, S., 1961. Sex chromosomes and microchromosomes of *Gallus domesticus*. *Chromosoma* **11**: 484-498.
- Park, B. S. and S. Y. Yang, 1988. Song variations on two subspecies of *Cettia diphone* in Korea. *Bull. Inst. Basic Sci. Inha University* **9**:113-124.
- Perrins, C., 1987. New generation guide to the birds of Britain and Europe. Collins. London. pp. 51.
- Rising, J. D. and G. F. Shields, 1980. Chromosomal and morphological correlates in two new world sparrows (Emberizidae). *Evolution* **34**:654-662.
- Rothfels, K., M. Aspden, and M. Mollison, 1963. The W-chromosome of the budgerigar, *Melopsittacus undulatus*. *Chromosoma* **14**:459-467.
- 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.
- Shoffner, R. N., N. Wang, F. Lee, R. King, and J. S. Otis, 1979. Chromosome homology between the Ross's and Emperor goose. *J. Hered.* **70**:395-400.
- Stock, A. D. and G. A. Mengden, 1975. Chromosome banding pattern conservatism in birds and nonhomology of chromosome banding patterns between birds, turtles, snakes and amphibians. *Chromosoma* **50**:69-77.
- Stock, A. D. and T. D. Bunch, 1982. The evolutionary implications of chromosome banding pattern homologies in the bird order Galliformes. *Cytogenet. Cell Genet.* **34**:136-148.
- Suzuki, K., 1949. On the karyotype of the Korean magpie (*Pica pica sericea*). *Jap. J. Genet.* **24**:90.
- Takagi, N. and M. Sasaki, 1974. A phylogenetic study of bird karyotypes. *Chromosoma* **46**:91-120.
- Thornycroft, H. B., 1966. Chromosomal polymorphism in the white-throated sparrow, *Zonotrichia albicollis* (Gmelin). *Science* **154**:1571-1572.
- Thornycroft, H. B., 1975. A cytogenetic study of the white-throated sparrow, *Zonotrichia albicollis* (Gmelin). *Evolution* **29**:611-621.
- Udagawa, T., 1958. Karyogram studies in birds. X. The chromosome of some species of the Passeres and Limicolae. *Annot. Zool. Jap.* **31**:43-48.
- Won, P. O., 1981. Illustrated Flora and Fauna of Korea. 25: Avifauna. Ministry of Education, Seoul. pp. 948-956.
- Yang, S. Y. and J. L. Patton, 1981. Genic variability and differentiation in the Galapagos finches. *Auk* **98**:230-242.
- Zink, R. M., 1988. Evolution of brown towhees: allozymes, morphometrics and species limits. *Condor* **90**:72-82.

(Accepted August 25, 1989)

---

**Karyotypes of the Korean birds I. Karyological analysis on four species of genus *Parus* by conventional Giemsa staining method.**

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

The chromosomal analysis of *Parus major*, *Parus ater*, *Parus palustris* and *Parus varius* of the genus *Parus* in Korea were performed by conventional Giemsa staining method. The diploid number of four species were  $2n = 78-80$ , and there were 7 pairs of macrochromosomes and 32 or 33 pairs of microchromosomes.

The 5th and Z · W-chromosomes were distinctly different between interspecies. Probably these karyological differences were speculated by pericentric inversion in 5th chromosome and translocation in Z · W-chromosomes.