

## 광릉과 제주도에 서식하는 박새 Song의 변이

함규황·백운기\*

경남대학교 자연과학대학 생물학과, 국립중앙과학관\*

### Song Variations of Great Tits Inhabiting Kwangnung and Chejudo

Hahm, Kyu-Hwang and Woon-Kee Paek\*

Department of Biology, College of Natural Science, Kyungnam University

National Science Museum\*

#### ABSTRACT

Sonograms of songs recorded in Kwangnung and Chejudo were analyzed to investigate the features and variances in the songs of Great tit, *Parus major* variety.

Songs of Great tits were identified, most of which were repetitions of phrases composed of high-frequency note and low-frequency note. Variances between the songs of the two areas in the minimum and maximum of low-frequency were significant.

The CV range of the Great tit group in Chejudo was wider than that in Kwangnung. Interregional variance level was significant in the minimum ( $P < 0.04$ ) and maximum ( $P < 0.0001$ ) of low-frequency.

**Key words:** Great tit, High-frequency, Low-frequency, Note, Phrase

#### 서론

박새는 인가근처나 공원, 야산 등 한국전역에서 번식하는 흔한 텃새이며 전세계적으로 분포하고 이동거리가 짧기 때문에 song에 대한 많은 연구가 있었다(Gompertz 1968, Thielcke 1968, 1969, Krebs 1976, Sasvári 1980, McGregor *et al.* 1983, Baker *et al.* 1986, Klump *et al.* 1986).

박새의 song은 보통 높은 note frequency와 낮은 note frequency로 phrase를 형성하여 반복(Hailman 1989)하며 수컷은 보통 2~7개의 song type의 레퍼토리를 가지며 개체간이나 지역간에 변이가 심한 것으로 보고되고 있다(Lehtonen 1954, Sasvári 1971a,b, Krebs 1977, Krebs *et al.* 1977, 1978, Bergman 1980, McGregor and Krebs 1982a,b, Falls *et al.* 1982).

조류의 song에서 개체간이나 지역간에 변이가 심하다는 것은 조류가 song을 학습한다는 간접

적 증거(Hultsch and Todt 1981)이며 박새는 서로 지역이 다른 개체군간에는 확실하게 다른 song의 특징을 가지며, 서식하는 지역의 식생, 기온, 습도 등 환경적인 요인에 따라 song의 지역적 변이를 나타낸다(Hunter and Krebs 1979, Morton 1975, Chappuis 1971).

한국산 박새(*Parus major*)의 song에 대한 연구는 song의 종특이적인 특성분석(Cheon and Park 1993)과 지리산과 울릉도 박새 Song의 변이(Hahm and Paek 1994)가 있다.

본 연구에서는 전보(Hahm and Paek 1994)에 이어서 광릉과 제주도 지역에 서식하는 박새의 번식기 이전 song의 특징 및 개체간의 변이 그리고 song의 지역적 변이를 알아보려고 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 제주도 제주시 제주대학 일대와 경기도 양주군 광릉 수목원 일대에 분포하는 박새 수컷을 대상으로 하였으며, 1991~1993년까지 3년간 3월 부터 5월까지 녹음하였고, 본 연구에 사용된 개체수는 광릉이 22개체, 제주도가 24개체였다.

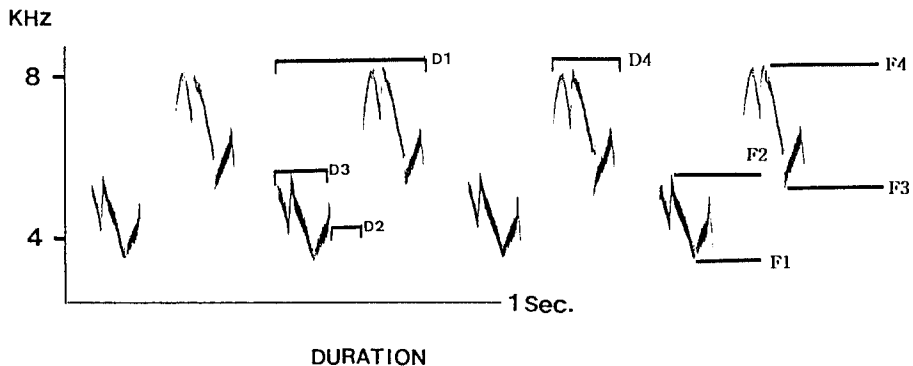
주된 연구대상 song은 번식기에 각기 세력권내에서 외부로 향하여 20회 이상 연속적으로 내는 song만을 선택하여 사용하였고, 불명확한 song은 제외하였으며, 개체내의 2~3가지의 레퍼토리 중에서 가장 많이 사용하는 레퍼토리 1가지만 선택하여 분석에 이용하였다.

Song의 녹음은 녹음 전용 중형녹음기(SONY Cassette-Recorder TCM-5000EV)와 소형녹음기 및 집음기(SONY Parabolic Reflector PBER-330)와 SONY F115A Dynamic Microphone을 이용하여 녹음하였다.

Song은 그 전달 매질의 종류와 상태에 따라서 측정치가 달라지는데 대기중의 온도나 습도 등의 환경적인 영향과 새의 생리적인 현상으로 오후보다 오전이 소리의 분산이 적게 나타나므로(Donglass 1988) 녹음 시간은 오전 06:00~12:00까지 녹음하였다.

소리의 분석은 Sona-graph(Kay Electric Co. Model 7800)와 Computerized Speech Lab(CSL), Model 4300을 이용하였다.

박새 song의 개체간 변이와 지역간의 변이를 분석하기 위해 개체당 34~58 song을 선택한 후



**Fig. 1.** Example of Great tits strophe. Parameters for comparison : D1=Phrase duration, D2=Inter note duration, D3=Low note duration, D4=High note duration, F1=Low note frequency minimum, F2=Low note frequency maximum, F3=High note frequency minimum, F4=High note frequency maximum.

개체간이나 지역간 song의 특징을 다음과 같이 3가지 범주로 나누어서 양적인 변이성을 측정하였다(Fig. 1).

1) 구조적 특징

Song당 note 수, phrase당 note 수

2) 시간적 특징

Phrase duration과 inter-note interval의 duration, note duration

3) Frequency 특징

Lower note의 minimum과 maximum, higher note의 minimum과 maximum

이와 같은 song 특징에 대한 각 개체와 지역군 간의 song의 유사성과 차이점을 알아보기 위해 평균값과 표준편차를 구하였고, 개체간 변이의 지표(Hutchison *et al.* 1968)로서 CV(coefficient of variation)값, 즉  $(SD \times 100) / \text{mean}$ 을 사용하여 Table 1에 나타내었다.

## 결 과

### 박새 song type의 특징

광릉 수목원 지역에 서식하는 박새군집이 사용하는 세력권 소리 유형은 2개의 note로 하나의 구를 이루는 유형인 2 note 유형이 18종류(81.82%)이며 3개의 note로 하나의 구를 이루는 유형인 3 note 유형은 3가지(13.64%)로 나타났다. 2 note 유형은 낮은 frequency에서 높은 frequency으로 연결되는 종류(45.46%)와 높은 frequency대에서 낮은 frequency대로 흐르는 소리 유형을 가지는 종류(36.37%)로 구성되어 있었다.

3 note 유형은 3개의 note로 하나의 구를 이루는 소리유형으로 첫 note의 낮은 frequency대에 서 두번째, 세번째 note로 가면서 frequency가 높아지는 형태를 보이는 것도 있고( $n=2$ ), 2개의 같은 모양꼴의 낮은 frequency와 1개의 높은 frequency대를 가지고 있는 type( $n=1$ )이 있었다.

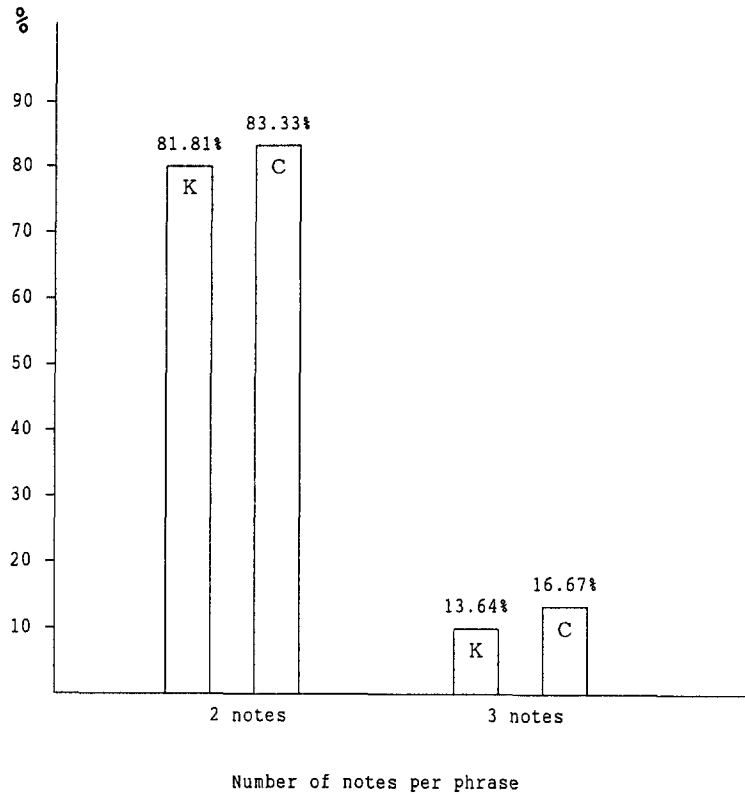
제주도 지역에 서식하는 박새군집이 사용하는 소리 유형은 2 note 유형이 20종류(83.33%)였으며, 3 note 유형은 4가지(16.67%)였다. 2 note 유형은 낮은 frequency에서 높은 frequency으로 연결되는 종류(54.17%)와 높은 frequency대에서 낮은 frequency대로 흐르는 song type을 가지는 종류(29.17%)로 구성되어 있고, 3 note 유형은 첫note의 낮은 frequency대에서 두번째, 세번째 note로 가면서 frequency가 낮아지는 형태를 보이는 것과, 1개의 낮은 frequency과 2개의 같은 모양꼴의 높은 frequency대를 나타내는 것( $n=1$ )을 가지고 있었으며, 2개의 같은 모양꼴인 낮은 frequency과 1개의 높은 frequency note( $n=2$ )를 가지고 있는 것도 있었다(Fig. 2).

### 개체간, 지역간 song 비교

광릉과 제주도 지역의 46개체 1,712 song을 대상으로 song의 다양성을 알아보기 위하여 서로 다른 개체의 song type의 특징을 측정, 계수하였다(Table 1).

광릉 지역의 박새 song의 특징 중 song의 변이계수(CV)는 duration이 frequency보다는 상대적으로 훨씬 변이가 심한 것으로 나왔고 높은 note의 duration이 가장 변이가 심한 것으로 나타났다.

제주도 지역의 song의 특징도 전반적으로 duration의 특징이 frequency의 특징보다는 변이계



**Fig. 2.** The number of notes per phrase of Great tit songs in Kwangnung (K) and Chejudo(C).

**Table 1.** Summary of results of measurements from sonograms. Values shown are mean $\pm$ S.D. The ANOVA refers to a one-way nested analysis of variance

Song features	Kwangnung (n=22)*		Chejudo (n=24)*		Between locations ANOVA
	Mean $\pm$ SD	CV	Mean $\pm$ SD	CV	
No. of songs	849		863		
Phrase duration	346.6 $\pm$ 63.9	18.4	346.6 $\pm$ 92.3	26.6	NS
Low note duration	117.4 $\pm$ 22.1	18.8	132.4 $\pm$ 40.3	30.5	NS
High note duration	116.6 $\pm$ 34.4	29.5	96.8 $\pm$ 43.7	45.2	NS
Inter-note interval	87.5 $\pm$ 15.6	17.8	90.9 $\pm$ 23.2	25.5	NS
Low note frequency minimum	2256.4 $\pm$ 342.2	10.2	3792.5 $\pm$ 888.9	23.4	P<0.04
maximum	5054.8 $\pm$ 383.7	7.6	6371.0 $\pm$ 872.3	13.7	P<0.001
High note frequency minimum	4409.0 $\pm$ 760.1	17.2	4822.5 $\pm$ 1057.9	21.9	NS
maximum	7528.8 $\pm$ 564.6	7.5	7622.9 $\pm$ 981.6	12.9	NS
No. of notes per phrase	2.4 $\pm$ 0.6	25.7	2.3 $\pm$ 0.5	20.2	NS
No. of notes per song	11.7 $\pm$ 2.6	22.6	10.6 $\pm$ 5.6	52.8	NS

\*ANOVA were significant at P<0.0001, NS=P>0.05

수가 높게 나왔으며, 박새 song의 duration도 광릉 지역의 duration보다 상대적으로 변이계수가

높게 나타났다. 그리고 각 song별 note수도 광릉지역의 note변이계수보다는 월등히 높은 수준이었다. 또한 통계분석을 위하여 각 지역별 개체간의 one-way ANOVA를 수행한 결과 광릉 지역의 모든 song의 특징이 아주 유의한 것으로 나타났고( $P < 0.0001$ ), 제주도 지역의 모든 song의 특징도 아주 유의하였으며( $P < 0.0001$ ), 지역간의 유의성 검정에서는 낮은 note frequency의 minimum( $F=4.28$ ,  $p < 0.04$ )값과 maximum값( $F=39.09$ ,  $P < 0.0001$ )만이 의미가 있는 것으로 나왔다.

## 고 찰

박새는 1개 또는 3개의 note로 하나의 phrase를 구성하고 높은 note에 낮은 note로 또는 낮은 note에서 높은 note로 변화되는 형태를 가지고 있다(McGregor *et al.* 1981, Hailman 1989).

Che on과 Park(1993), 그리고 Hahm과 Paek(1994)에 의하면 note수가 4~5개로 phrase를 구성하는 경우도 있으나 드물고 대부분은 2~3개의 note로 하나의 phrase를 형성하고 있으며, 하나의 note로 phrase를 구성하는 경우도 있다고 하였다.

광릉과 제주도 두 지역의 박새의 경우 2 note로 phrase를 형성하는 것이 가장 보편적이고 일반적으로 나타나며, 2 note유형이 차지하는 비율이 두 지역 모두 80% 이상이었다. 또한 낮은 note에서 높은 note로 변환하거나 높은 note에서 낮은 note로 변화되는 양상이 박새 song type의 형태적 특징으로 나타났다. 이는 Cheon과 Park(1993), 그리고 Hahm과 Paek(1994)의 연구결과와 비교할 때 2 note 유형의 비율이 77.8%와 66.67%, 66.91% 보다는 높은 수치였으나 다른 3 note유형, 4 note유형 등 보다는 월등히 높다는 점에서는 같은 결과를 보였다.

Cheon과 Park(1993)은 note의 각 요인별 변이계수가 note의 frequency요인보다는 duration time요인에서 더 높게 나타나 박새의 경우 note의 frequency요인은 종특이적이고 note의 duration요인은 개체인식에 상대적으로 관여한다고 하였다. 본 연구에서도 광릉과 제주도 지역의 박새 song의 특징중 변이계수는 duration 요인이 frequency 요인보다는 상대적으로 높게 나타나서 종인식을 위한 이상적인 song의 특징은 개체내 와 개체간의 변이정도가 적어야 하며 개체특이적 song은 한 개체내에서 매우 일정하나 개체들 사이에서는 다양하게 나타나야 한다(Falls 1982)고 가정하면, 박새의 경우 변이가 적은 frequency 요인은 종특이적인 성질을 가지고 변이가 많은 duration 요인은 개체특이적 성질을 가진다고 사료 된다.

박새는 서로 다른 환경에 서식하는 군집끼리 지역간에 song의 변이를 나타낸다. Hunter와 Krebs(1979)에 의하면 박새의 song은 식생의 밀도가 높은 지역(forest)과 식생의 밀도가 낮은 지역(woodland)간의 song의 비교에서 song의 maximum frequency 요인이 지역간에 유의성이 있다고 한 바 있다. 실제로 한국산 박새에 있어서도 지리산과 울릉도에 서식하는 박새군집간의 비교에서 낮은 note frequency의 maximum ( $F=3.93$ ,  $P < 0.05$ )값이 유의성을 나타내었다(Hahm and Paek 1994). 이러한 지역간의 차이는 광릉과 제주도 간의 박새 군집에서도 낮은 note frequency의 minimum ( $F=4.28$ ,  $P < 0.04$ )과 maximum ( $F=39.09$ ,  $P < 0.0001$ )값에서도 유의성을 보였으며, 광릉지역의 박새 frequency가 제주도 지역의 박새보다는 낮게 나타났다. 이는 식생과 밀접한 관련이 있는 것으로 식생의 밀도가 높은 지역에서는 frequency가 낮은 소리가 잘 전달되고 식생의 밀도가 낮은 지역에서는 frequency가 높은 소리가 잘 전달되는 소리의 물리적 특성(Hunter and Krebs 1979, Morton 1975, Chappius 1971)을 고려하면 광릉과 제주도 두 지역에 있어서 지역간의 박새 song의 변이는 오랜 시간동안 박새가 서로의 환경에 적응된 결과

에 의해서 나타난 것이라고 생각된다.

## 적 요

한국산 박새(*Parus major*)의 song의 특징과 차이를 조사하기 위해 경기도 양주군 광릉 수목원 지역과 제주도 제주시 제주대학 구내에서 녹음한 song의 sonogram을 분석하였다. 박새의 song은 대부분 높은 frequency를 가진 note와 낮은 frequency를 가진 note로 하나의 phrase를 형성하여 반복하였다. 두 지역간의 song의 변이는 낮은 frequency의 minimum과 maximum값이 유의하게 나왔다.

지역별로는 제주도 지역의 박새 개체군의 변이계수(CV)의 폭이 광릉 지역의 변이계수의 폭보다 상대적으로 크게 나타났고 ANOVA분석에서도 지역내에서는 모든 song의 특징이 고도로 유의하게 나왔다.

## 인용문헌

- Baker, M.C., T.K. Bjerke, H. Lampe and Y. Espmark. 1986. Sexual response of female Great Tits to variation in size of males' song repertoires. *Amer. Natur.* 128:491-498.
- Bergmann, G. 1980. Die Veränderung de Gesangmelodie der Kohlmeise *Parus major* in Finnland und Schweden. *Ornis Fennica* 57:97-111.
- Chappuis, G. 1971. Un exemple de l'influence du milieu sur les missions vocales des oiseaux: l'évolution des chants en forêt équatoriale. *Terre Vie* 25: 183-202.
- Cheon, S.M. and S.R. Park. 1993. The analysis of species-specific characteristics in Great Tit (*Parus major*) song. *Korean Behav. Biol.* 2:25~33.
- Donglass, A.N. 1988. The importance of invariant and distinctive features in species recognition of Bird song. *Condor* 91:120-130.
- Falls, J.B., J.R. Krebs and P.K. McGregor. 1982. Song matching in the Great Tit (*Parus major*): the effect of similarity and familiarity. *Anim. Behav.* 30:997-1009.
- Falls, J.B. 1982. Individual recognition by sounds in birds, *In* D.E. Kroodsma, E.H. Miller and H. Quillet (eds.). *Acoustic communication in birds Vol. 2.* Academic Press, New York. pp. 237~273.
- Gompertz, T. 1968. Results of bringing individuals of two geographically isolated forms of *Parus major* into contact. *Vogelwelt(Beiheft)* 1:63-92.
- Hahm, K.H. and W.K. Paek. 1994. Song variations of Great Tits inhabiting Chirisan and Ullungdo. *Korean J. Ecol.* 17:213~222.
- Hailman, J.P. 1989. The organization of major vocalizations in the Paridae. *Wilson Bull.* 101:305-343.
- Hultsch, H. and D. Todt. 1981. Repertoire sharing and song-post distance in Nightingales (*Luscinia megarhynchos* B.). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 8:183-188.
- Hunter, M.L. and J.R. Krebs. 1979. Geographic variation in the song of the Great Tit (*Parus major*) in relation to ecological factor. *J. Anim. Ecol.* 48:759-785.

- Hutchison, R.E., Stevenson, J.G. and W.H. Thopre. 1968. The basis for individual recognition by voice in the Sandwich Tern (*Sterna sandvicensis*). Behaviour 32: 150-157.
- Klump, G.M., W. Windt and E. Curio. 1986. The Great Tit's (*Parus major*) auditory resolution in azimuth. J. Comp. Physiol. A 153:383-390.
- Krebs, J.R., B. Stonehouse and C.M. Perrins. 1977. Song and territory in the Great Tit. Evolutionary Ecol. pp. 47-62.
- Krebs, J.R., R. Ashcroft and M. Webber. 1978. Song repertoires and territory defence in the Great Tit (*Parus major*). Nature 271:539-542.
- Krebs, J.R. 1976. Habituation and song repertoires in Great Tit. Behav. Ecol. Sociobiol. 1:215-227.
- Krebs, J.R. 1977. The significance of song repertoires: the Beau Geste hypothesis. Anim. Behav. 25:475-478.
- Lehtonen, L. 1954. Talitiainen, *Parus m. major* L., laulurhtmi-kasta ja ntelyst vuoden eriaikoina. Ornis Fenn. 31:99-155.
- McGregor, P.K., J.R. Krebs, and L.M. Ratcliffe. 1983. The reaction of Great Tits (*Parus major*) to playback of degraded and undegraded songs: the effect of familiarity with the stimulus song type. Auk 100:898-906.
- McGregor, P.K., J.R. Krebs and C.M. Perrins. 1981. Song repertoires and lifetime reproductive success in the Great Tit (*Parus major*). Amer. Natur. 118:149-159.
- McGregor, P.K. and J.R. Krebs. 1982a. Mating and song types in the Great Tit. Nature 297:60-61.
- McGregor, P.K. and J.R. Krebs. 1982b. Song types in a population of Great Tit (*Parus major*): their distribution, abundance, and acquisition by individuals. Behaviour 79:126-152.
- Morton, E.S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. Amer. Natur. 109:17-34.
- Sasvári, L. 1971a. Investigations on the form and meaning of the vocalization of the Great and Blue Tits. Acta Zool. Acad. Sci. Hungaricae 17:107-117.
- Sasvári, L. 1971b. Development of the vocalizations of some Tits species (*Parus major*, *P. caeruleus*, *P. palustris*, *Aegithalos caudatus*, *Panurus biarmicus*, *Remiz pendulinus*). Acta Zool. Acad. Sci. Hungaricae 17: 333-347.
- Sasvári, L. 1980. Different responsiveness of Indian and European Great Tit (*Parus major mahrattarm*, *P. major major*) to acoustic stimuli. J. Ornithol. 121:391-396.
- Thielcke, G. 1968. Gemeinsames der Gattung *Parus*. Ein bioakustischer Beitrag zur Systematik. Vogelwelt (Beiheft) 1:147-164.
- Thielcke, G. 1969. Die Reaktion von Tannen- und Kohlmeise (*Parus ater*, *P. major*) auf den Gesang nahverwandter Formen. J. Ornithol. 110:148-157.