

## 지리산과 울릉도에서 서식하는 박새 Song의 변이

함규황·백운기\*

경남대학교 자연과학대학 생물학과, 국립중앙과학관\*

### Song Variations of Great Tits Inhabiting Chirisan and Ullungdo

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

Department of Biology, College of Natural Science, Kyungnam University

National Science Museum\*

#### ABSTRACT

Songs recorded in Chirisan(1990~1993) and Ullungdo(1992~1993) areas were analyzed to investigate the features and variances in songs of Great tit, *Parus major*.

Songs of Great tits were identified, most of which were repetitions of phrases composed of high-frequency note and low-frequency note.

The CV range of the Chirisan Great tit group was wider than that of the Ullungdo area. ANOVA analysis level was highly significant ( $p < 0.0001$ ) for Chirisan area and Ullungdo area. Inter-regional variance level was significant ( $p < 0.05$ ) in the maximum of low-frequency.

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

#### 서론

박새의 레퍼토리는 Gompertz(1961)에 의해 세밀하게 연구되었으며 그 후에 레퍼토리와 변이에 관한 많은 연구들이 있었다 (Gompertz 1968, Thielcke 1968, 1969, Krebs 1976, Hunter and Krebs 1979, Sasvari 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 숫컷은 보통 2~7개의 song type의 레퍼토리를 가지며 개체간이나 지역간에 변이가 심한 것으로 보고되고 있다 (Lehtonen 1954, Sasvari 1971a,b, Krebs 1977, Krebs *et al.* 1977b, 1978, Bergman 1980, McGregor *et al.* 1981, McGregor and Krebs 1982a,b, 1984, Falls *et al.* 1982).

조류의 song에서 개체간이나 지역간에 변이가 심하다는 것은 조류가 song을 학습한다는 간접적 증거(Hultsche and Todt 1981)이며 song의 변이는 대다수의 조류들이 동종의 모방을 통한

학습에 의해서 발달시키며(Marler and Mundinger 1971, Nottebohm 1972, Kroodsma 1978, 1982, Slater 1983, Baker and Cunningham 1985), 이는 영토의 획득과 유지 또는 암컷을 유혹할 수 있는 잇점을 지닌다(Payne 1982).

또한 박새는 서로 지역이 다른 개체군간에는 확실하게 다른 song의 특징을 가지며 서식하는 지역의 식생, 기온, 습도, 위도 등 환경적인 요인에 따라 song의 지역적인 변이를 나타낸다(Hunter and Krebs 1979, Morton 1975, Chappuis 1971).

본 연구에서는 지리산과 울릉도 지역에 서식하는 한국산 박새의 song을 sonogram으로 분석하여 song의 특징 및 개체간의 변이 그리고 song의 지역간 변이를 알아보고자 한다.

## 재료 및 방법

본 연구는 경남 산청군 시천면 중산리 일대와 경북 울릉군 울릉읍 도동 일대에 분포하는 박새 숫컷을 대상으로 하였으며, 지리산에서는 1990~1993년까지 4년간, 울릉도에서는 1992~1993년까지 2년간 3월 부터 5월까지 녹음하였고, 본 연구에 사용된 개체수는 지리산에서 27개체, 울릉도에서 21개체였다.

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.

Song 녹음은 녹음 전용 중형녹음기(SONY CASSETTE-RECORDER TCM-5000EV)와 소형 녹음기 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 55~72 song을 선택한 후 개체간이나 지역간 song의 특징을 다음과 같이 3가지 범주로 나누어서 양적인 변이성을 측정하였다(Fig. 1).

### 1) 구조적 특징

Song 당 note 수, phrase 당 note 수

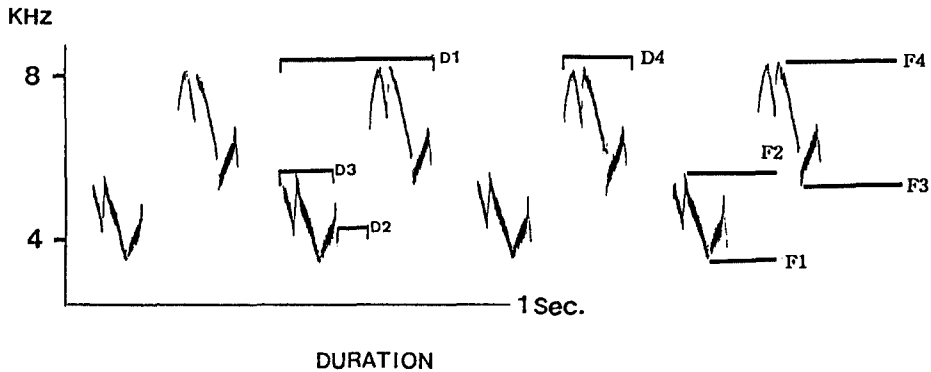
### 2) 시간적 특징

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 지역군간의 song의 유사성과 차이점을 알아보기 위해 평균값과 표준편차를 구하였고, 개체간 변이의 지표(Hutchison *et al.* 1968)로서 CV(the coefficient of variation) 값, 즉  $(SD \times 100) / \text{mean}$ 을 사용하여 Table 1에 나타내었다.



**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.

용어의 정의와 분류는 Robbins 등 (1986)과 Staicer(1989)에 의해 사용된 것에 준했으며, 중요한 용어에는 note, phrase, song type, frequency, duration 등이 있다. Notes는 박새소리의 최소단위로 보았고, 쉬는 시간(pause time)없이 끊어지지 않고 계속 이어지는 하나의 종합된 소리의 느낌을 주는 소리의 단위이다. Phrase는 둘 이상의 note들이 모여서 소리의 일부분이 되는 짧은 토막을 말하며, song type은 phrase가 나타내는 song의 형태를 표현하고, song은 둘 이상의 phrase가 모여서 소리의 의미를 담고 있는 완전한 음의 형태를 말한다. Frequency나 duration은 여러가지 의미가 있으나 본 연구에서는 frequency는 주파수를 나타내며 duration은 song note나 phrase가 가지는 시간을 의미한다.

## 결 과

### 박새 song type의 특징

지리산 중산리 지역에 서식하는 박새군집에서 수컷이 암컷에게 자기 자신을 과시하고 이웃해 있는 다른 개체에게 자신의 영역권을 주장하는 territory song의 유형은 27종류였으며, 2개의 note로 하나의 구를 이루는 유형인 2 note 유형은 18종류(66.67%)였고 3개의 note로 하나의 구를 이루는 유형인 3 note 유형은 7가지(25.93%)였으며, 4 note 유형(7.40%)은 2가지로 나타났다.

2 note 유형은 낮은 frequency에서 높은 frequency로 연결되는 종류(66.67%)와 높은 frequency대에서 낮은 frequency대로 흐르는 소리유형을 가지는 종류(33.33%)로 구성되어 있고 3 note 유형은 첫 note의 높은 frequency대에서 두번째, 세번째 note로 가면서 frequency가 낮아지는 형태를 보이는 것도 있고(n=4), 1개의 낮은 frequency와 2개의 같은 모양꼴의 높은 frequency를 가지는 것도 있었으며(n=3), 4 note 유형은 낮은 frequency대에 같은 모양꼴인 두개의 note와 높은 frequency대의 같은 모양꼴인 2개의 note로 구성되어 있으며 2가지 소리유형이 낮은 frequency에서 높은 frequency로 올라가는 형태를 보이고 있었다(Fig. 2).

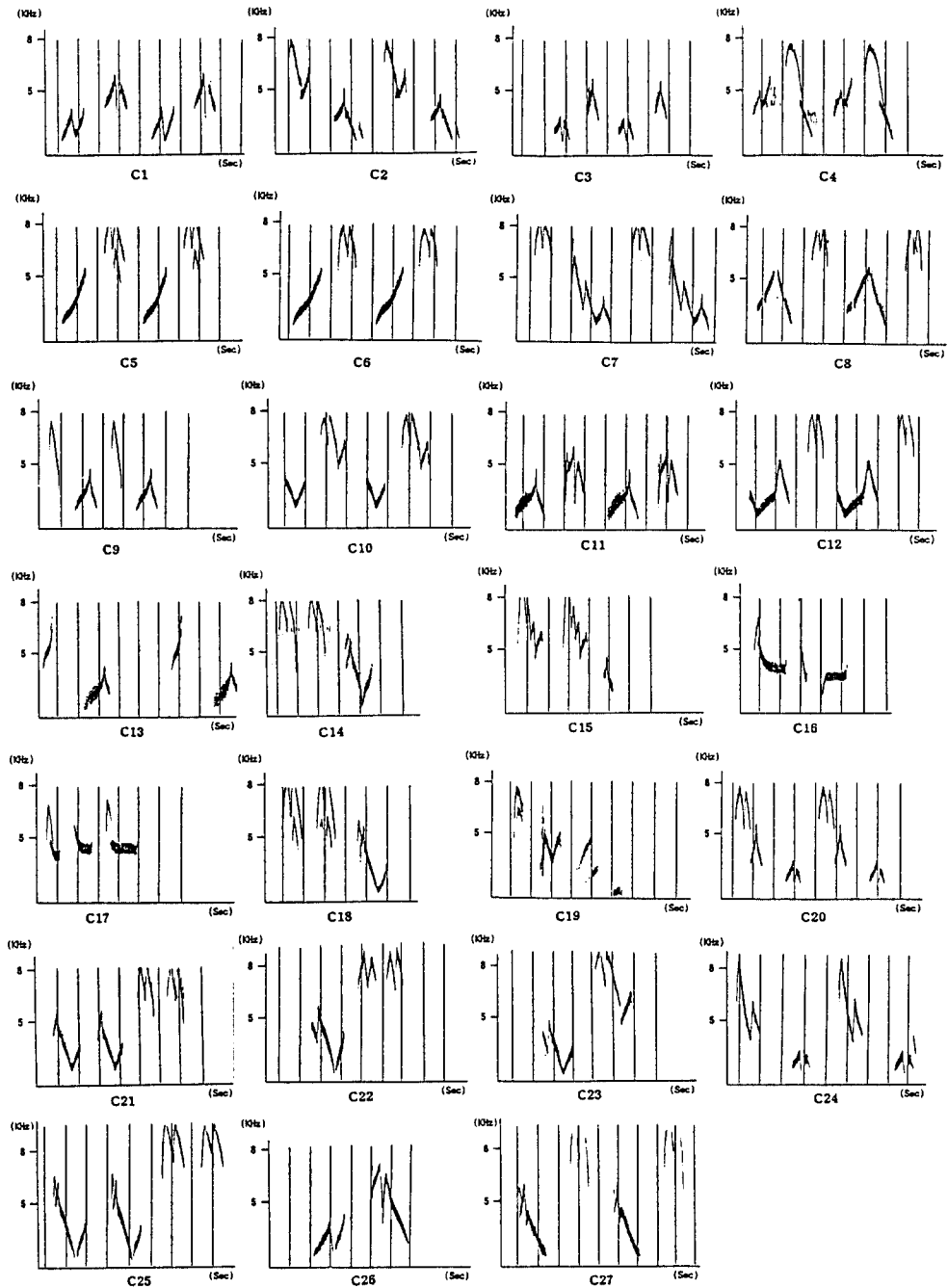


Fig. 2. The song types used by 27 male Great tit in Chirisan.

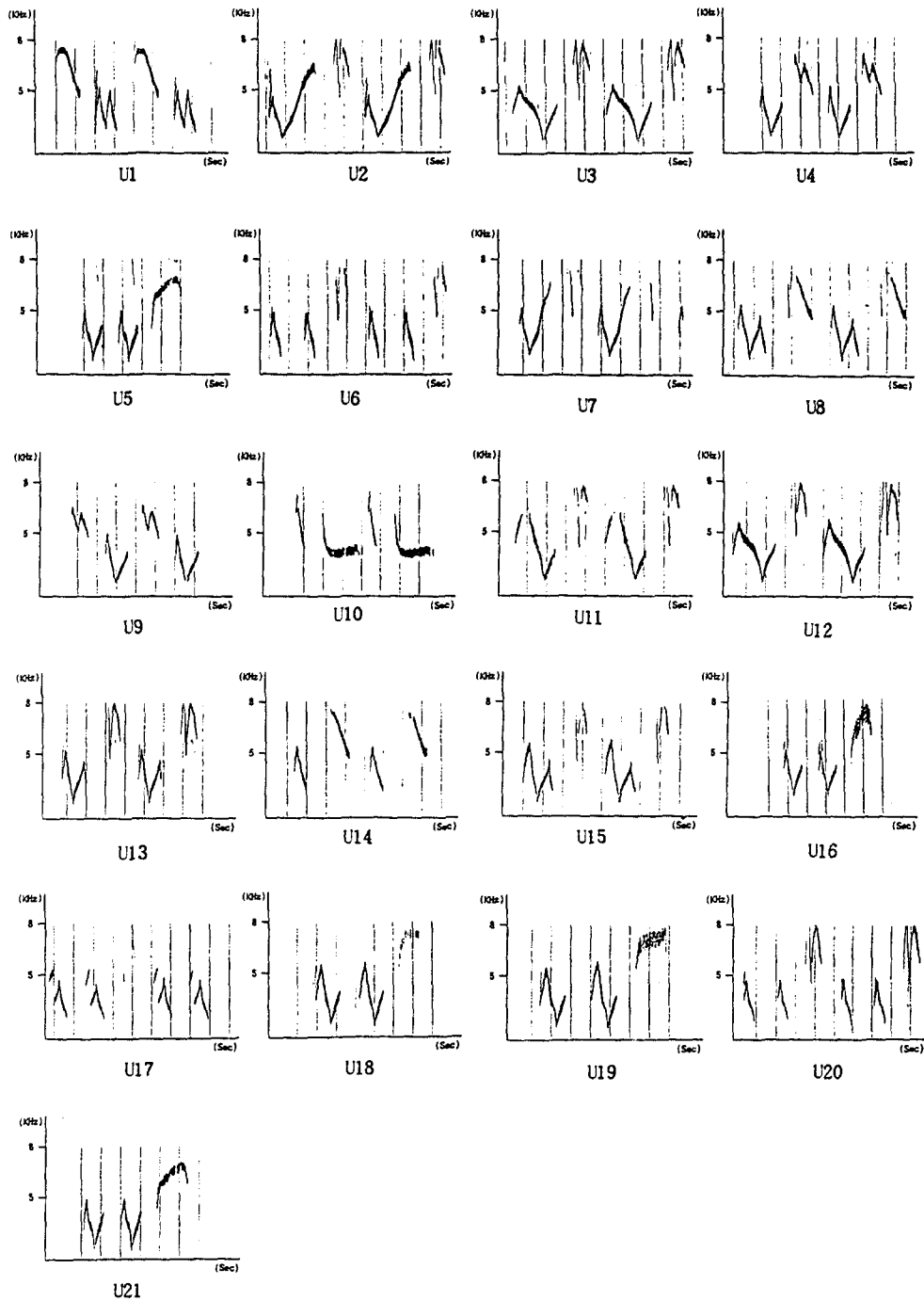


Fig. 3. The song types used by 21 male Great tit in the Ullungdo.

울릉도 지역에 서식하는 박새군집에서 territory song의 유형은 21종류였으며, 2 note 유형은 13종류(61.91%)였고 3 note 유형은 8가지(38.09%)로 나타났다. 2 note 유형은 낮은 frequency에서 높은 frequency로 연결되는 종류(76.92%)와 높은 frequency대에서 낮은 frequency대로 흐르는 소리유형을 가지는 종류(23.08%)로 구성되어 있고, 3 note 유형은 2개의 같은 모양꼴인 낮은 frequency대에서 높은 frequency대로 올라가는 형태를 보이고 있다 (Fig. 3).

### 개체간, 지역간 song 비교

지리산과 울릉도 지역의 48개체 1,604 song을 대상으로 song의 다양성을 알아보기 위하여 서로 다른 개체의 song type의 특징을 계측, 계수하였다 (Table 1).

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

Song features	Chirisan (n=27)*		Ullungdo (n=21)*		ANOVA
	Mean±SD	CV	Mean±SD	CV	
No. of songs	902		702		
Phrase duration	392.3±115.9	29.6	400.8± 91.0	22.7	NS
Low note duration	123.4± 36.7	29.8	142.5± 51.6	36.2	NS
High note duration	97.9± 30.6	31.2	103.6± 29.0	28.8	NS
Inter-note duration	93.8± 18.6	19.8	89.1± 10.2	11.4	NS
Low note frequency minimum	3561.2±505.9	14.2	3523.5±277.9	7.9	NS
Low note frequency maximum	5885.8±711.5	12.1	6243.4±465.9	7.5	P<0.05
High note frequency minimum	4997.3±780.9	15.7	5215.7±193.7	3.7	NS
High note frequency maximum	7726.4±743.1	9.6	7812.1±392.7	5.0	NS
No. of notes per phrase	2.3± 0.63	25.7	2.3± 0.47	20.2	NS
No. of notes per song	11.6± 6.5	56.0	10.0± 2.3	22.9	NS

\* AVOVA were significant at P<0.0001, NS=P>.05

지리산 지역의 박새 song의 특징 중 song의 변이계수(CV)는 duration이 frequency보다는 상대적으로 훨씬 변이가 심한 것으로 나왔고 각 song별 note수가 가장 변이가 심하였다.

울릉도 지역의 song의 특징도 전반적으로 duration의 특징이 frequency 특징보다는 상대적으로 변이계수가 높게 나왔으며 각 song별 note 수는 지리산 지역 note수의 변이계수 55.0보다는 적은 22.9 수준이었으나 울릉도 전체의 변이계수 수준으로 볼때 높은 변이계수 값을 보였다.

또한 통계분석을 위하여 각 지역별 개체간의 one-way ANOVA를 수행한 결과 지리산 지역의 모든 song의 특징이 고도로 유의하게 나타났고(P<0.0001), 지역간의 유의성 검정에서는 low note frequency의 maximum값(F=3.93, P<0.05)만이 의미가 있는 것으로 나왔다. 이는 두 지역의 박새 song은 지역내에서 개체간의 변이가 지역간의 변이보다 훨씬 크다는 것을 나타내며 지리산 지역의 박새 song이 울릉도 지역 박새보다 상대적으로 모든 song 특징의 변이계수가 높게 나타나 개체간의 변이가 울릉도 보다는 지리산 지역의 박새가 더 다양함을 보여주고 있다.

## 고 찰

박새 song의 다양한 특징들의 변이는 환경적인 요인에 의하여 나타난다(Mundinger 1982). 박새(Great tits)들은 나무가 적은 지역 (woodland)에서는 나무가 많은 지역(forest)보다 maximum frequency가 높고 song phrase의 frequency range가 크고 각 song phrase의 note수가 많은 것으로 보고되어 있다(Morton 1975, Chappuis 1971, Hunter and Krebs 1979).

지리산과 울릉도 두 지역의 박새의 경우 지역간의 변이는 low note frequency의 maximum만이 두 지역간의 차이를 나타내었고 지리산 지역의 박새는 song phrase의 note수가 평균 2.44개였으며, 울릉도 지역은 평균 2.33개로 지리산지역의 박새와 울릉도 지역의 박새는 song phrase의 note 수에서 거의 같은 갯수를 가지며 유의성은 없었다. 이는 박새의 song이 식생의 밀도에 의해서 파장이 분산되는데 식생의 밀도가 높은 지역에서 maximum frequency가 minimum frequency보다 분산이 더 잘되기 때문에 세력권이 넓은 forest에서 멀리까지 소리의 전달을 위해 낮은 frequency를 선호하는 경향이 있기 때문이라 생각된다(Morton 1975, Chappuis 1971, Hunter and Krebs 1979). 또한 지역내에서는 모든 song의 특징이 아주 유의미한 것으로 나타남으로써 지리산과 울릉도에 서식하는 박새는 오히려 지역내의 개체간 song type이 개체내의 변이보다 더욱 더 다양하며 duration이 오히려 frequency 보다 개체특이성 요인으로 작용한다는 것을 알 수 있다.

이러한 개체간의 다양한 song의 특징이 서로 다른 개체 구별적인 요인으로 나타나며 이로 인해 서로 다른 개체를 인식하는 것이 아닌가 생각된다. 실제로 박새는 song을 구별하는데는 일반적인 개체의 음성적 특징에 의해 개체인식이 일어날 수 있으며(Weary and Krebs 1992), 개체 인식에 사용되는 song의 특징은 개체들간의 변이가 심하게 나타나는 경향이 있고(Weisman *et al.* 1990, Falls 1982, Robbins *et al.* 1986, Ficken *et al.* 1985), 개체를 인식하기 위한 song의 특징은 frequency duration이 개체인식에 영향을 미친다.

이러한 결과는 박새 외의 다른 종을 대상으로 한 playback실험 연구보고에서도 같은 결과를 나타내었다 (Falls 1963, 1969, Bremond 1978).

이상과 같은 결과가 오랜시간 동안 지역적인 격리에 따른 환경적인 영향으로 인한 song의 변이인지 두 지역에 분포하는 아종간의 차이로 인한 song의 변이인지는 앞으로 섬세한 연구가 필요하며 Thönen(1972)에 의하면 Willow Tit와 Carolina Chickadee는 지역적으로 서로 떨어져 있는 지역간에는 note의 유형으로 구별 가능하다고 보고한 바 있어 지역간 note의 유형의 세밀한 비교 연구가 앞으로 이루어져야 할 과제라 생각한다.

## 적 요

한국산 박새(*Parus major*)의 song의 특징과 차이를 조사하기 위해 경상남도 산청군 시천면 중산리(1990. 3. ~1993. 5.) 지역과 경북 울릉군 울릉읍 도동(1992. 3. ~1993. 5.)에서 녹음한 song의 sonogram을 분석하였다. 박새의 song은 대부분 높은 frequency를 가진 note와 낮은 frequency를 가진 note로 하나의 phrase를 형성하여 반복하였다.

지역별로는 지리산 지역의 박새 개체군의 변이계수(CV)의 폭이 울릉도 지역의 변이계수의 폭보다 상대적으로 크게 나타났고 ANOVA분석에서도 지역내에서 모든 song의 특징이 고도로 유

의하게 나왔다. 두 지역간의 song의 변이는 낮은 frequency의 maximum값이 유의하게 나왔다.

### 인용문헌

- Baker, M.C. and M.A. Cunningham. 1985. The biology of bird-song dialects. *Behav. Brain Sci.* 8:88-133.
- Baker, M.C., T.K. Bjerke, H. Lampe and Y. Espmark. 1986. Sexual response of female Great Tits to variation in size of male's 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.
- Brémond, J.C. 1978. Acoustic competition between the song of the wren (*Troglodytes troglodytes*) and the songs of other species. *Behaviour* 65:89-98.
- Chappuis, G. 1971. Un exemple de l'influence du milieu sur les emissions vocales des oiseaux: l'évolution des chants en forêt équatoriale. *Terre Vie.* 25:183-202.
- Donglass, A.N. 1988. The importance of invariant and distinctive features in species recognition of bird song. *Condor* 91:120-130.
- Falls, J.B. 1963. Properties of bird song eliciting responses from territorial males. *Proc. 13th Int. Orn. Congr.*, 259-271.
- Falls, J.B. 1969. Functions of territorial song in the Whitethroated sparrow. *In* R.A. Hinde (ed.). *Bird vocalizations*. Cambridge Univ. Press. pp. 207-232.
- Falls, J.B. 1982. Individual recognition by sounds in birds. *In* D.E. Kroodsma and E.H. Miller (eds.). *Acoustic communication in birds*, Vol. 2. Academic Press, New York. pp. 237-278.
- 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
- Ficken, M.S., R.W. Ficken and K.M. Apel. 1985. Dialects in a call associated with pair interactions in the Black-capped Chickadee. *Auk* 102:145-151.
- Gompertz, T. 1961. The vocabulary of the Great Tit. *Brit. Birds* 54:369-418.
- Gompertz, T. 1968. Results of bringing individuals of two geographically isolated forms of *Parus major* into contact. *Vogelwelt (Beiheft)* 1:63-92.
- 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., J.G. Stevenson and W.H. Thorpe. 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. 1976. Habituation and song repertoires in Great Tit. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 1:215-227.
- Krebs, J.R. 1977. The significance of song of repertoires: the Beau Geste Hypothesis. *Anim. Behav.* 25:475-478.
- Krebs, J.R., R.A. Shcroft and M. Webber. 1978. Song repertoires and territory defense in the Great Tit (*Parus major*). *Nature* 271:539-542.
- Krebs, J.R., B. Stonehouse and C.M. Perrins. 1977. Song and territory in the Great Tit. *Evolutionary Ecol.* pp. 47-62.
- Kroodsma, D.E. 1978. Aspects of learning in the ontogeny of bird song: where, from whom, when, how many, which and how accurately? *In* G. Burghardt and M. Bekoff (eds.). *Development of behavior*. Garland, New York, pp. 215-230.
- Kroodama, D.E. 1982. Learning and the ontogeny of sound signals in birds. Vol. 2. Academic Press, New York.
- Lehtonen, L. 1954. Talitiaisien, *Parus m. major* L., laulurhtmi-kasta ja ääntelystä vuoden eri aikoina. *Ornis Fenn.* 31:99-155.
- Marler, P. and P. Mundinger. 1971. Vocal learning in birds. *In* H. Moltz (Ed.). *Ontogeny of vertebrate behavior*. Academic Press, New York. pp. 389-450.
- 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. 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 type in a population of Great Tit (*Parus major*): their distribution, abundance, and acquisition by individuals. *Behaviour* 79:126-152.
- 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.
- Morton, E.S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *Amer. Natur.* 109:17-34.
- Mundinger, P.C. 1982. Microgeographic and macrogeographic variation in acquired vocalizations of birds. *In* D.E. Kroodsma and E.H. Miller (Eds.). *Acoustic communication in birds*, Vol. 2. Academic Press, New York, pp. 147-208.
- Nottebohm, F. 1972. The origins of vocal learning. *Amer. Natur.* 106:116-140.
- Payne, R.B. 1982. Ecological consequences of song matching: breeding success and intraspecific song mimicry in Indigo Buntings. *Ecology* 63:401-411.
- Robbins, M.B., M.J. Braun and E.A. Tobey. 1986. Morphological and vocal variation across a contact zone between the chickadees *Parus atricapillus* and *P. carolinensis*. *Auk* 103:655-666.
- 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.

- Sasvãri, 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.
- Sasvãri, L. 1980. Different responsiveness of Indian and European Great Tit (*Parus major mahrattarm*, *P. major major*) to acoustic stimuli. J. Ornithol. 121:391-396.
- Slater, P.J.B. 1983. Bird song learning: themes and variation. In A.H. Brush and G.A. Clark, Jr. (Eds.). Perspectives in ornithology. Cambridge Univ. Press, New York. pp. 475-499.
- Staicer, C.A. 1989. Characteristics, use, and significance of two singing behaviors in Grace's Warbler (*Dendroica graciae*). Auk 106:49-63.
- 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.
- Thönen, W. 1972. Stimmgeographische, Ökologische und Verbreitungs - geochichtliche studien Über die Mönchmeise (*Parus montanus*). Orn. Beob. 59:101-172.
- Weary, D.M. 1990. Categorical perception of song notes in great tits; which acoustic features are used and why? Anim. Behav. 39:450-457.
- Weary, D.M. and J.R. Krebs. 1992. Great tits classify songs by individual voice characteristics. Anim. Behav. 43:283-287.
- Weisman, R., L. Ratcliffe, I. Johnsrude and T.A. Hurly. 1990. Absolute and relative pitch production in the song of the Black-capped Chickadee. Condor 92:118-124.

(1994년 4월 20일 접수)