



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

한라산 지역에서
고도별 박새류의 번식 생태

지도교수 오 홍 식

제주대학교 교육대학원

생물교육전공

강택중

2012년 2월

한라산 지역에서
고도별 박새류의 번식 생태

지도교수 오 홍 식

이 논문을 교육학석사학위논문으로 제출함.

2012년 2월

제주대학교 교육대학원 생물교육전공

제출자 강 택 중

강택중의 교육학 석사학위논문을 인준함.

2012년 2월

심사위원장 _____ 印

심 사 위 원 _____ 印

심 사 위 원 _____ 印

Breeding ecology of Titmouse with elevation in Mt. Halla.

Taek-Joong Kang

(Supervised by professor Hong Shik Oh)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
Master of Education

2012. 2.

This thesis has been examined and approved.

.....

.....

.....

.....

Department of Biology Education
GRADUATE SCHOOL OF EDUCATION
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

한라산 지역에서 고도별 박새류의 번식 생태

강택중

제주대학교 교육대학원 생물교육전공

지도교수 오홍식

본 연구는 한라산국립공원에 설치한 인공소상에서 번식하는 박새류(Titmouse)의 고도별(관음사: 600m, 어리목: 900m, 영실: 1300m) 번식생태를 밝히기 위하여 2009년 3월부터 2011년 8월까지 이루어졌다. 연구결과, 박새류가 번식하는 4월부터 7월까지의 지역별 평균기온은 관음사 $16.30 \pm 5.07^{\circ}\text{C}$, 어리목 $14.50 \pm 5.40^{\circ}\text{C}$, 영실 $13.21 \pm 5.28^{\circ}\text{C}$ 로 고도에 따라 차이가 있었으나, 연도별로는 2009년 $14.99 \pm 5.27^{\circ}\text{C}$, 2010년 $14.53 \pm 5.57^{\circ}\text{C}$, 2011년 $14.64 \pm 5.40^{\circ}\text{C}$ 로 차이가 없었다. 각 조사구에 설치한 48개의 인공소상 중 번식에 이용한 인공소상은 2009년 27.67 ± 3.28 개(57.7%), 2010년 29.00 ± 4.04 개(60.4%), 2011년 28.67 ± 2.96 개(59.7%)였고, 고도별로는 관음사 26.00 ± 1.73 개(54.2%), 어리목 34.33 ± 0.88 개(71.5%), 영실 25.00 ± 2.52 개(52.1%)였다. 번식하는 종에 따른 이용율은 곤줄박이 10.67 ± 1.28 개(22.2%), 박새 11.33 ± 1.17 개(23.6%)로 나타나, 연도별, 고도별, 종에 따른 차이가 없는 것으로 나타났다. 최초 산란일은 고도가 높을수록 늦어지는 경향을 보이는 것으로 나타났으며, 기준일로부터 경과한 날 수로 변환하여 비교한 평균 산란일 분포는 곤줄박이의 경우, 관음사 40.60 ± 3.48 일, 어리목 45.90 ± 2.75 일, 영실 55.00 ± 2.34 일, 박새는 관음사 45.28 ± 4.19 일, 어리목 45.61 ± 3.10 일, 영실 55.78 ± 3.26 일로 모두 차이가 있었다. 동일한 방법으로 비교한 연도별 평균 산란일 분포는 번식하는 종과 조사구에 따라 다르게 나타나 일정한 경향성을 보이지는 않았다. 한배 산란수는 고도별, 연도별 차이가 없는 것으로 나타났다. 결과적으로 박새류의 번식 생태의 차이는 고도가 높아질수록 산란시기가 늦어지는 것으로 나타났는데 이는 고도에 따른 기온의 차이에서 나타난 것으로 판단된다. 따라서 일부 조사구와 번식하는 종에서 나타난 연도별 차이를 비롯하여 산림성 조류의 번식생태 양상을 밝히기 위해서는 장기적인 모니터링이 필요하다고 판단된다.

※ 본 논문은 2012년 2월 제주대학교 교육대학원 위원회에 제출된 교육학 석사학위 논문임.

목 차

국문초록	i
목 차	ii
표 목차	iii
그림 목차	iv
I. 서론	1
II. 연구 내용 및 방법	2
1. 해발고도별 온도 차이에 따른 조류의 번식 생태	2
가. 고도, 온도 및 서식지 환경	2
나. 한라산 지역 해발고도별 박새류의 번식 생태	7
III. 결과 및 고찰	10
1. 해발고도별 온도 차이에 따른 조류의 번식 생태	10
가. 고도, 온도 및 서식지 환경	10
나. 한라산 지역 해발고도별 박새류의 번식 생태	20
IV. 참고문헌	32

Table Legends

Table 1. Mean and daily temperature range of each sites at Mt. Halla in 2009, 2010, 2011	10
Table 2. Closest tree from plot center of each site at Mt. Halla	15
Table 3. Stem count of radius 5m	16
Table 4. Tree proportion of radius 11.3m	17
Table 5. The list of collected vascular plant at Mt. Halla	18
Table 6. Use of artificial nests of each sites at Mt. Halla in 2009, 2010, 2011. ...	21
Table 7. Compared to the first egg-laying of each sites at Mt. Halla in 2009, 2010, 2011.	27

Figure Legends

Fig. 1. The location of study site at Mt. Halla(A: Yeongsil, B: Eorimok, C: Gwaneumsa)	3
Fig. 2. HOBO : Temperature and humidity logger	4
Fig. 3. Vegetation survey of study site	5
Fig. 4. Range of vegetation survey(●: Plot center, ↙: 11.3m)	6
Fig. 5. Schematic of an artificial nest placement(■ : artificial nest)	7
Fig. 6. Artificial nest	8
Fig. 7. Variation of average, minimum and maximum temperature of each site at Mt. Halla during April–July in 2009(—: Average temperature) ...	12
Fig. 8. Variation of average, minimum and maximum temperature of each site at Mt. Halla during April–July in 2010(—: Average temperature) ...	13
Fig. 9. Variation of average, minimum and maximum temperature of each site at Mt. Halla during April–July in 2011(—: Average temperature) ...	14
Fig. 10. The nest of disappeared parent bird after hatching(A) and dead chicks(B)	22
Fig. 11. Breeding date of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2009	24
Fig. 12. Breeding date of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2010	25
Fig. 13. Breeding date of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2011	26
Fig. 14. Clutch size of titmouse with elevation at Mt. halla in 2009	29
Fig. 15. Clutch size of titmouse with elevation at Mt. halla in 2010	30
Fig. 16. Clutch size of titmouse with elevation at Mt. halla in 2011	31

I. 서론

생물이 생존하는 환경은 항상 변화하고 있고, 생물의 진화가 환경의 변화에 의해 영향을 받고 있다는 사실은 말할 필요도 없다(제주특별자치도, 2009). 따라서 빠른 환경의 변화가 생물종들에게 미치는 영향은 매우 복잡하고 다양할 것이며, 실제 그로 인하여 기후 변화 이전과는 다른 생태적 습성의 변화가 많이 발견되고 있다(국립환경과학원, 2009). 이러한 변화의 원인을 정확히 알기 위해서는 꾸준한 모니터링으로 일정한 경향성을 파악해야하지만, 장기조사 자료의 부족으로 기후 변화가 생물종에 미치는 실증적 영향 파악에 어려움이 있다(국립생물자원관, 2009).

기후변화에 따른 생물종의 생태적 습성 변화 연구는 기온 변화에 민감한 나비류들의 서식지 분포 변화를 비롯하여 어류의 서식지 변화, 곤충류의 개체수 변화 등 다양한 조사가 가능하며(국립생물자원관, 2009), 특히 야생 조류의 경우 기온 변화와 상관관계가 있어 기후변화의 지표로 활용이 가능하다(김 등, 2010).

우리나라에서는 식물의 개엽시기가 달라지고 곤충의 발생시기가 달라지는 것을 비롯하여 양서·파충류, 조류, 포유류와 같은 야생동물들에 대하여 생태적 습성의 변동이 관찰되고 있다(임과 신, 2000). 영국에서는 양서류가 17년 동안 연평균 기온이 1°C 상승함에 따라 연못에 출현한 시기가 9일에서 10일 정도 빨라졌으며(Beebee, 1995), 조류의 부화일이 25년 사이에 9일 정도 빨라졌다는 보고가 있다(Crick et al., 1997).

제주도에서 관찰된 현상만 하더라도 물뽕(오 등, 2002)이나 작은뼈꾸기사촌(김 등, 2010) 같은 아열대성 조류가 관찰되고 있고, 물뽕은 번식 사실도 보고된 바 있다(김 등, 2005). 또한 최근 11년간 겨울철 기온이 높아지면 제주도에서 월동하는 겨울철새의 종 수와 개체수가 감소하는 현상이 나타나고 있다(오 등, 2002, 2010).

따라서 본 연구에서는 고도별 기온 차이에 의한 조류의 번식 생태 변화를 살펴보기 위하여, 한라산 국립공원 지역에 고도별로 설치된 인공 소상에서 번식하는 박새류의 번식 생태를 조사하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 해발고도별 온도 차이에 따른 조류의 번식 생태

가. 고도, 온도 및 서식지 환경

(1) 고도에 따른 연구 대상 지역

해발고도는 생물의 생활사 변화에 중요한 영향을 미친다고 오래전부터 고려되어 왔다(Badyaev, 1997). 국립환경과학원에서는 2008년에 고도별 온도 차이에 따른 조류의 생태 변화를 살펴보기 위해 연구 대상지로 한라산 국립공원에 조사구 세 곳을 선정하여 조사해왔다. 조사구별 고도 차이는 유사한 연구가 진행되고 있는 지리산에서는 대략 500m 차이를 두어 선정하였으나, 본 연구조사지인 한라산에서는 300m 차이를 두어 선정하였는데 선정된 세 조사구는 관음사(해발 600m)와 어리목(해발 900m), 영실(해발 1300m)에 위치하고 있다(국립환경과학원, 2009, Fig. 1).

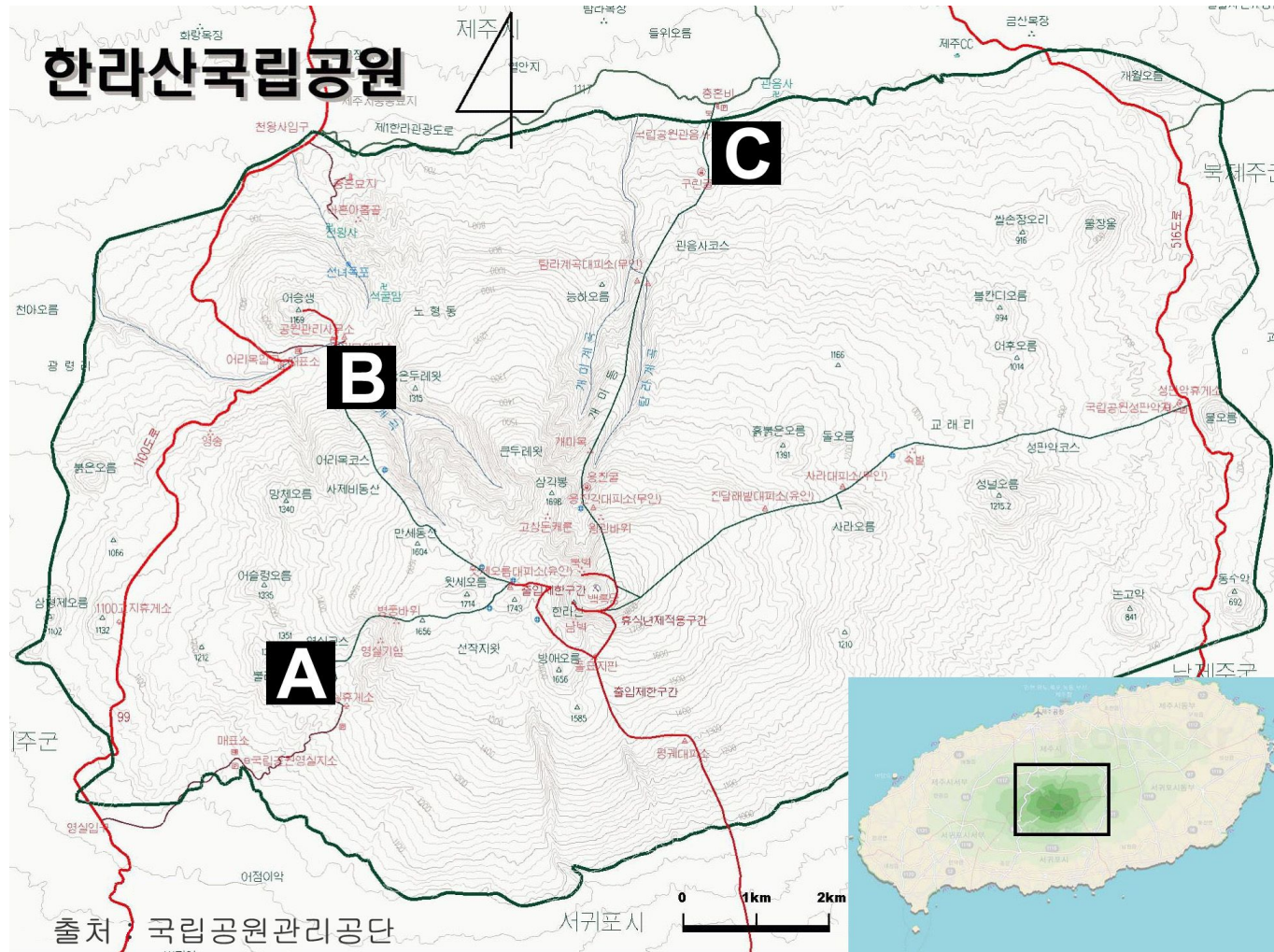


Fig. 1. The location of study site at Mt. Halla(A: Yeongsil, B: Eorimok, C: Gwaneumsa).

(2) 온도

국립환경과학원에서는 2008년에 온도 변화를 관찰하기 위한 HOBO 온·습도 기록계(U23-001, On-Set Computer Corporation, Porasset, MA, USA)를 조사구별로 1개씩 설치하였다. 2009년과 2010년에는 기록계의 측정 간격을 30분으로 설정하였고(국립환경과학원, 2009), 2011년 조사에서도 측정 간격을 30분으로 설정하여 3개월에 1회 정도 컴퓨터를 이용하여 현장에서 자료를 받았다(Fig. 2).



Fig. 2. HOBO : Temperature and humidity logger.

(3) 서식지 환경

봄철 온도 상승은 식물들의 평균 개화시기 및 개엽 시기를 앞당겨지고, 절지동물의 출현시기와 양에 영향을 주어 조류의 산란일에 영향을 준다(Crick, 1997). 따라서 이러한 박새류의 산란일에 영향을 주는 요인을 파악하기 위하여 인공소상 주변 식생과 곤충에 대한 조사를 실시하였다. 식생 조사는 2011년 8월부터 10월까지 3개월간 인공소상 4-5개당 한 개의 장소를 일정한 간격으로 선정하여 각 조사구별로 10-12곳을 조사하였다(Fig. 3).



Fig. 3. Vegetation survey of study site.

식생은 인공 소상이 설치된 나무(Plot center)를 중심으로 네 방향으로 나누어 입목 조사의 기본이 되는 조사원인(산림청, 2009), 반경 11.3m, 면적 400m² 크기의 원형 조사구 내부를 조사하였다. 그리고 Plot center를 기준으로 조사구 내에서 나타나는 가장 가까운 관목, 교목, 죽은 나무의 종류 및 5m 반경에서 관목과 단일수간을 갖는 어린나무들의 가지 수, 11.3m 반경에서 흉고둘레에 따른 교목의 종류와 수를 파악하였다(Fig. 4). 반경 5m 에서 실시한 조사는 가지 둘레가 2.5cm 이하인 것과 초과하는 것으로 나누어 가지 수를 계수하였다. 반경 11.3m 범위의 조사에서는 단일 수간을 갖지만 흉고둘레가 8cm 이하인 나무는 어린나무로 구분하여 계수하지 않았다.

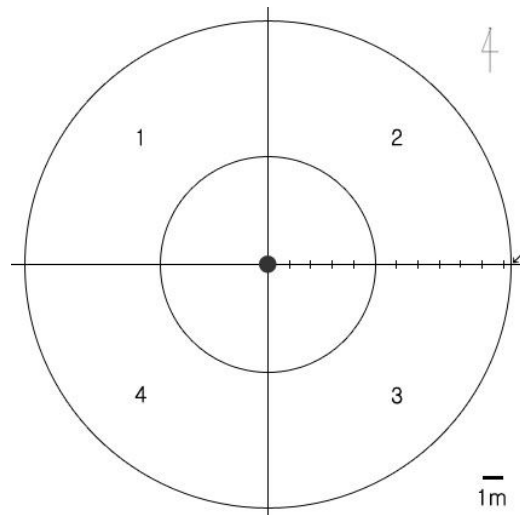


Fig. 4. Range of vegetation survey(●: Plot center, ✓: 11.3m).

나. 고산지역 해발고도별 박새류 번식습성

(1) 인공 소상 설치

국립환경과학원에서는 2008년에 각 조사구마다 30m 간격으로 48개씩(6×8), 총 144개의 인공소상을 설치하였다(Fig. 5). 인공소상은 입구의 직경이 30mm와 35mm, 40mm인 세 가지가 있으며 각 조사지에 순서대로 배치되어 있다(국립환경과학원, 2009, Fig. 6).

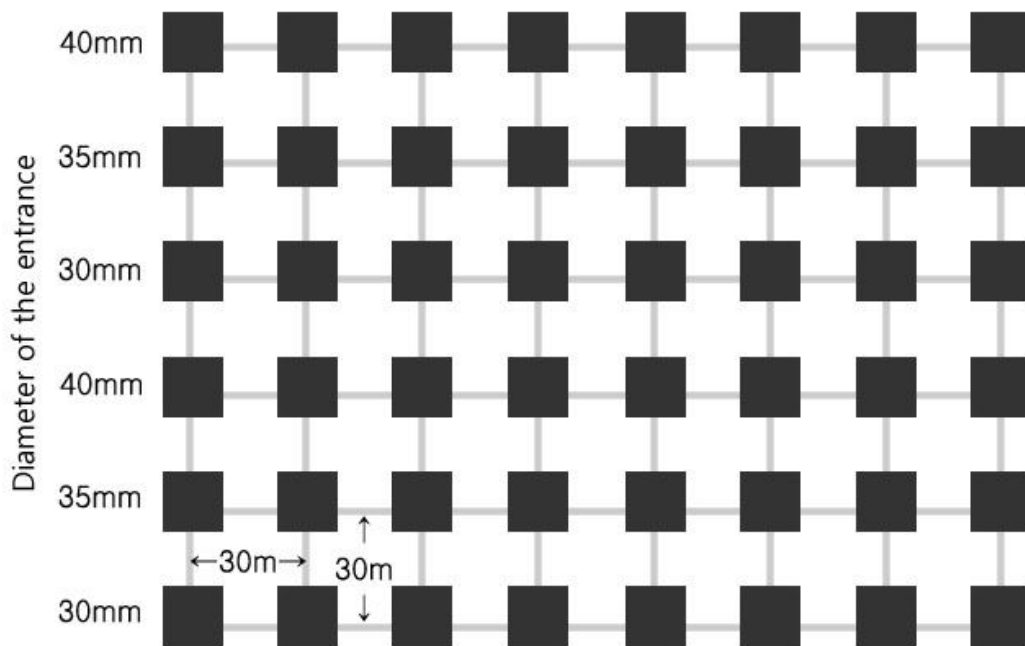


Fig. 5. Schematic of an artificial nest placement(■: Artificial nest).



Fig. 7. Artificial nest.

(2) 조사 일정 및 방법

2009년과 2010년에는 박새류의 번식시기인 3월부터 7월까지 인공 소상에 대한 조사가 이루어졌다(국립환경과학원, 2009, 2010). 2011년 조사는 3월 1일에 시작하였는데, 각각의 조사구에 있는 모든 소상을 산란이 시작되기 전에는 주 1회씩, 산란이 확인된 후에는 3-5일 주기로 조사하였다. 이러한 조사는 이소가 끝난 후에도 주기를 7-10일 정도로 조정하며 7월 31일까지 계속되었다.

인공소상에서 번식하는 종을 대상으로 한 조사는 먼저 종을 동정하고, 산란한 알의 무게와 장경, 단경을 측정하고 산란 수의 변화를 확인하였다. 인공 소상에서 처음으로 산란이 확인되면 산란한 알의 수를 확인하고, 박새류가 하루에 1개의 알을 낳는 번식습성(국립환경과학원, 2009)을 이용하여 첫 산란일을 추정하였다. 또한 정상적으로 번식하여 이소가 끝난 소상에 다시 산좌를 만드는 2차 번식은 분석대상에서 제외하였다.

조사한 모든 자료는 Kolmogorov-Smimov방법에 의한 정규분포 검정을 수행하여 유의도 0.05 수준에서 유의차가 없는 자료를 대상으로 일원분산분석(one-way ANOVA)으로 조사구별 유의차 여부를 검정하였으며, Tukey에 의한 사후검정으로 유의차가 있는 조사구를 구별하였다. 정규분포하지 않는 자료원은 비모수검정인 Kruskal-Wallis 검정으로 조사구별 유의차 여부를 파악하였으며, 유의차가 있을 때에는 조사구별 독립 2표본 Mann-Whihey 검정을 실시하였다. 모든 통계분석은 Excel 2007과 SPSS 12.0 프로그램을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 해발고도별 온도 차이에 따른 조류의 번식 생태

가. 고도, 온도 및 서식지 환경

(1) 온도

2009년 4월에서 7월까지 박새류의 번식기간 동안 조사지역의 평균 기온(mean±SD)은 13.4°C-16.5°C로 나타났고(Table 1), 관음사 16.53±5.10°C, 어리목 15.03±5.29°C, 영실 13.40±4.97°C로 고도가 높아질수록 기온이 낮아졌다(one-way ANOVA, $F=10.184$, $p<0.001$). 2010년은 평균 기온 13.0°C-16.6°C, 관음사 16.55±4.82°C, 어리목 14.23±5.66°C, 영실 13.00±5.59°C로 나타났고(one-way ANOVA, $F=12.828$ $p<0.001$), 2011년은 평균 기온 13.3°C-15.9°C, 관음사 15.85±5.28°C, 어리목 14.20±5.23°C, 영실 13.25±5.28°C로 나타나(one-way ANOVA, $F=6.956$, $p=0.001$), 3년간 고도가 높아질수록 기온이 낮아졌다(one-way ANOVA, $F=29.528$, $p<0.001$).

조사구별 3년간 기온분포는 관음사 15.9°C-16.6°C(one-way ANOVA, $F=0.723$, $p=0.486$), 어리목 14.2°C-15.0°C(one-way ANOVA, $F=0.910$, $p=0.404$), 영실 13.0°C-13.4°C(one-way ANOVA, $F=0.186$, $p=0.845$)로 나타나, 모든 조사구에서 연도별 차이는 없었다(one-way ANOVA, $F=1.124$, $p=0.325$).

Table 1. Mean and daily temperature range of each sites at Mt. Halla in 2009, 2010, 2011.

Site	Year	Mean temperature (\pm S.D.)*	Daily temperature range	
			Mean \pm S.D	Minimum-Maximum
Kwaneumsa (600m)	2009	16.53 \pm 5.10	7.59 \pm 3.14	0.5-16.7
	2010	16.55 \pm 4.82	6.15 \pm 2.84	1.1-13.0
	2011	15.85 \pm 5.28	6.51 \pm 3.32	0.8-15.1
Eoriomok (900m)	2009	15.03 \pm 5.29	8.70 \pm 3.53	1.3-15.6
	2010	14.23 \pm 5.66	6.99 \pm 3.63	1.6-15.9
	2011	14.20 \pm 5.23	7.24 \pm 4.27	1.1-15.7
Yeongsil (1300m)	2009	13.40 \pm 4.97	6.95 \pm 3.58	1.0-16.0
	2010	13.00 \pm 5.59	6.62 \pm 3.34	1.1-15.8
	2011	13.25 \pm 5.28	6.22 \pm 3.53	0.7-14.4

* Mean temperature by site : one-way ANOVA, $F=29.528$, $p<0.001$.

* Mean temperature by year : one-way ANOVA, $F=1.124$, $p=0.325$.

2009년과 2010년, 2011년 박새류의 번식기간 중 조사구별 일일 기온변화 양상은 Figure 7-9에 제시하였다. 2009년은 4월 24-26일경 이상저온 현상이 1회 나타났으며, 2010년과 2011년에는 4월 중 이상 저온 현상이 3-4회 나타났다. 그 이후인 5월 초순부터 7월까지의 번식기간 중 평균 기온을 상회하는 기온이 3년 모두 비슷하게 나타났다.

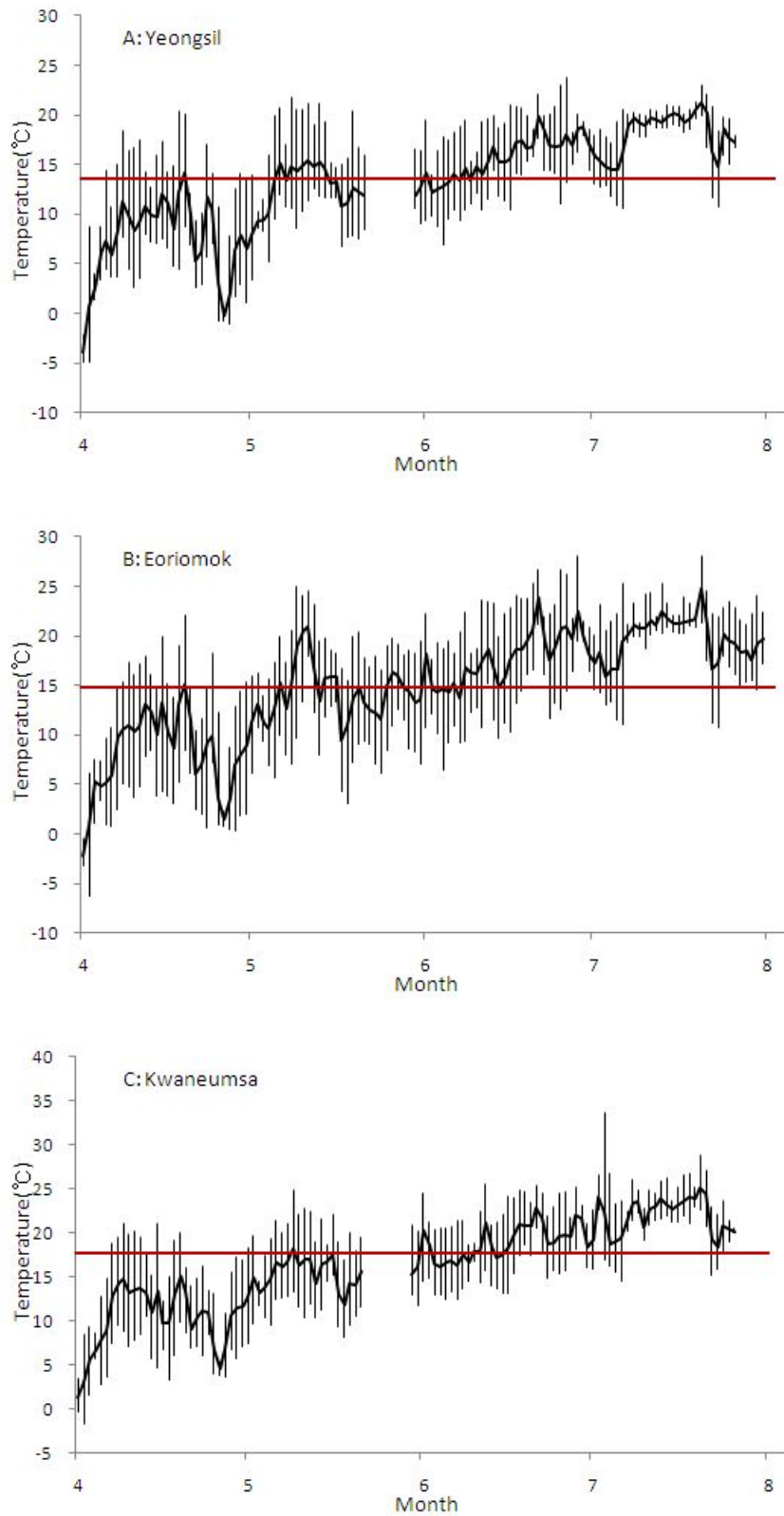


Fig. 7. Variation of average, minimum and maximum temperature of each site at Mt. Halla during April–July in 2009(—: Average temperature).

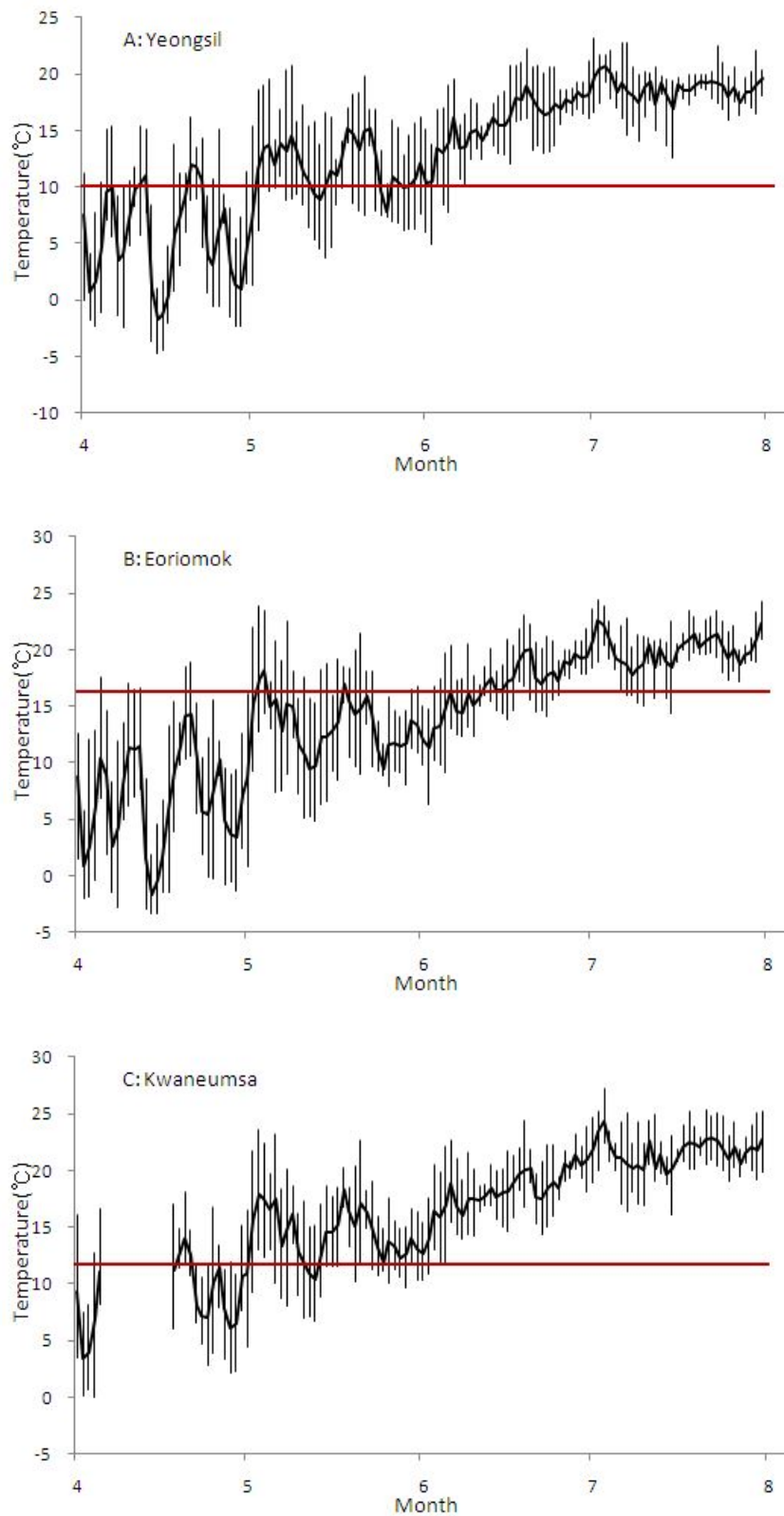


Fig. 8. Variation of average, minimum and maximum temperature of each site at Mt. Halla during April–July in 2010(—: Average temperature).

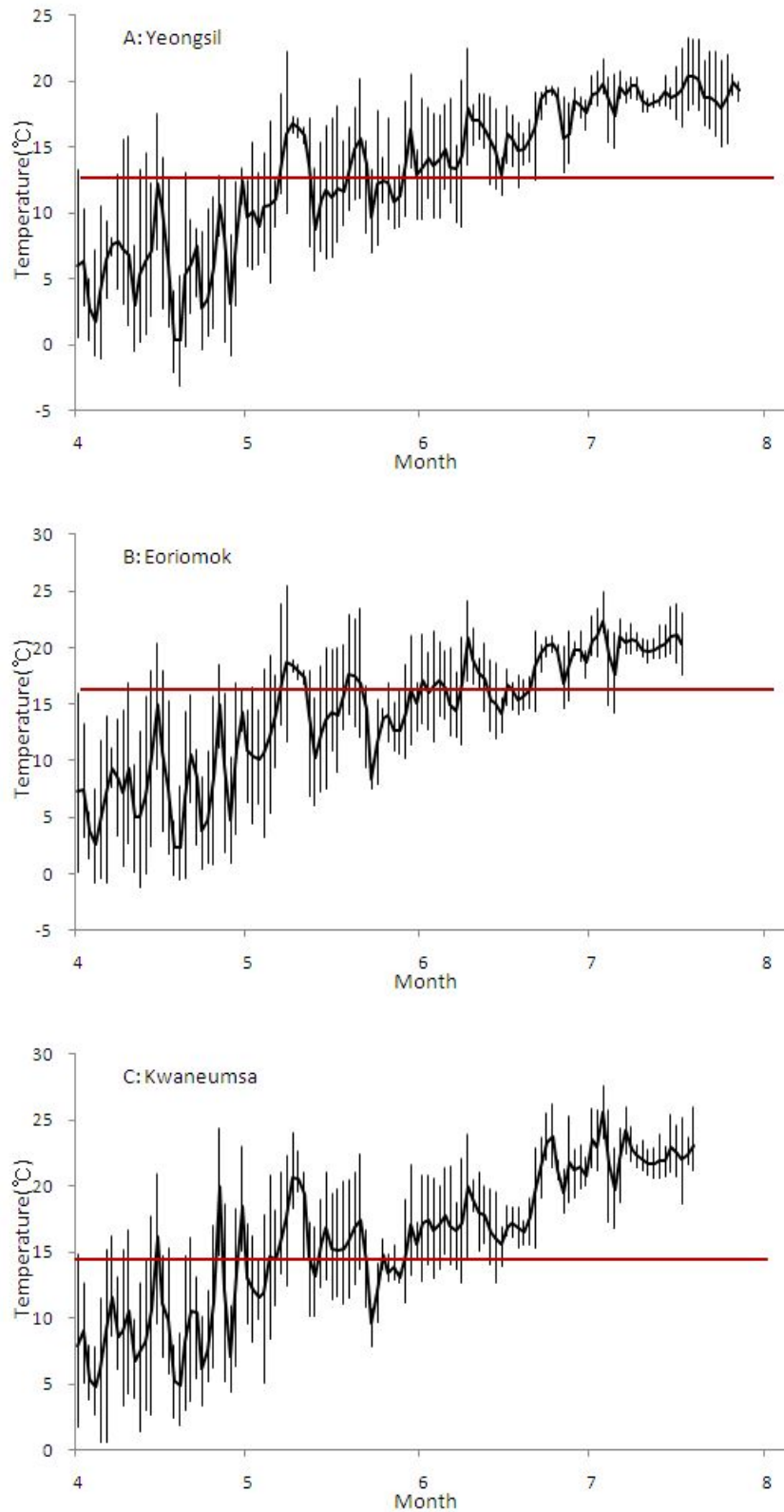


Fig. 9. Variation of average, minimum and maximum temperature of each site at Mt. Halla during April–July in 2011(—: Average temperature).

(2) 서식지 환경

인공소상을 중심으로 가장 가까운 관목 및 교목, 죽은 나무를 조사한 결과는 Table 2에 제시하였다. 관음사와 어리목에서는 가장 가까운 관목과 교목에서 각각 덜꿩나무(*Viburnum erosum* Thunb)와 졸참나무(*Quercus serrata* Thunb)가 공통적으로 많이 분포하는 것으로 나타났으나, 영실에서는 당단풍나무(*Acer pseudosieboldianum* Kom.)와 소나무(*Pinus densiflora* Siebold et Zucc)가 많이 분포하는 것으로 나타났다. 이 외에 관목으로는 사람주나무(*Sapium japonicum* Pax & Hoffm), 산딸나무(*Cornus kousa* F. Buerger ex Miquel), 윤노리나무(*Pourthiaea villosa* Decne. var. *villosa*) 등이 있었고, 교목에는 서어나무(*Carpinus laxiflora* Blume), 때죽나무(*Styrax japonicus* Siebold et Zucc), 비목나무(*Lindera erythrocarpa* Makino) 등이었다. 제주조릿대(*Sasa queipaertensis* Nakai)는 세 조사구에 공통적으로 서식하는 종으로, 그 개체수가 너무 많아 가장 가까운 관목 조사에서 제외하였다. 인공 소상과 가장 가까운 죽은 나무는 세 지역 모두에서 동정할 수 없는 종이 가장 많았고, 동정 가능한 나무는 영실에서 소나무, 어리목에서 때죽나무, 관음사에서는 벗나무가 많았다.

Table 2. Closest tree from plot center of each site at Mt. Halla.

Site	Shrub, closest(%)	Tree, closest(%)	Snag, closest(%)
Kwaneumsa (600m)	<i>Viburnum erosum</i> (26.7)	<i>Quercus serrata</i> (21.4)	Not identified(60.0)
Eoriomok (900m)	<i>Viburnum erosum</i> (21.3)	<i>Quercus serrata</i> (22.6)	Not identified(60.9)
Yeongsil (1300m)	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (47.1)	<i>Pinus densiflora</i> (41.7)	Not identified(45.5)

반경 5m 내에 있는 관목과 어린나무에 대한 흉고둘레와 가지수를 비교한 결과 (Table 3), 세 지역에서 관목과 어린나무 모두 흉고직경 및 가지수에 차이가 있었다 (Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$). 두 지역간 비교 결과를 살펴보면, 영실은 세 가지 항목에서 모두 나머지 두 지역과 유의한 차이가 있지만 (Mann-Whitney test, $p < 0.05$), 관음사와 어리목을 비교하였을 때는 유의하지 않은 것으로 나타났다 (Mann-Whitney test, $p > 0.05$).

Table 3. Stem count of radius 5m.

Site	Shrub or Sapling	Perimeter of breast height(cm)	Stem count(ea)*	
			Perimeter ≤ 2.5 cm	Perimeter > 2.5 cm
Kwaneumsa (600m)	Shrub	4.2±4.04	14.3±9.45	2.2±3.01
	Sapling	9.7±7.22	19.5±11.16	4.2±3.80
Eoriomok (900m)	Shrub	4.9±4.33	15.6±9.62	2.9±3.24
	Sapling	12.9±8.18	29.7±16.36	9.3±7.87
Yeongsil (1300m)	Shrub	10.0±4.48	24.8±12.42	8.3±5.18
	Sapling	19.0±10.98	36.5±13.5	13.0±6.77

* Stem count by site : Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$.

* Stem count by Yeongsil for Kwaneumsa and Eoriomok : Mann-Whitney test, $p < 0.05$.

* Stem count by Kwaneumsa and Eoriomok : Mann-Whitney test, $p > 0.05$.

반경 11.3m 내에 있는 교목을 흉고둘레에 따라 세 분류군으로 나누어 조사한 결과는 Table 4에 제시하였다. 흉고둘레 8-23cm와 23-38cm 분류군에서 우점하는 종은 각각 당단풍나무, 사람주나무, 주목(*Taxus cuspidata* Siebold & Zucc)과 서어나무, 당단풍나무, 비목나무으로 세 조사구에서 큰 차이를 보이지 않았으나 38cm 이상 분류군에서 우점하는 종인 경우, 관음사와 어리목 조사구에서는 졸참나무와 서어나무가 우점하지만 영실 조사구에서는 소나무와 신갈나무(*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb)가 우점하는 차이를 보여주고 있다.

Table 4. Tree proportion of radius 11.3m.

Site	Tree proportion(%)		
	Perimeter of breast height is 8-23cm	Perimeter of breast height is 23-38cm	Perimeter of breast height is >38cm
Kwaneumsa (600m)	<i>Sapium japonicum</i> (23.2)	<i>Lindera erythrocarpa</i> (25.0)	<i>Quercus serrata</i> (12.5)
Eoriomok (900m)	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (27.2)	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (30.3)	<i>Carpinus laxiflora</i> (24.4)
Yeongsil (1300m)	<i>Acer pseudosieboldianum</i> (37.0)	<i>Carpinus laxiflora</i> (31.3)	<i>Pinus densiflora</i> (54.3)

조사구 주변에서 관찰된 교목과 관목에 대한 식물목록은 Table 5에 제시하였다. 또한 교목과 관목이외에 뱀딸기(*Duchesnea indica* Focke), 천남성(*Arisaema amurense* for. *serratum* Kitag), 개별꽃(*Pseudostellaria heterophylla* Pax ex Pax & Hoffm.)과 같은 초본류, 호자나무(*Damnacanthus indicus* C. F. Gaertn), 자금우(*Ardisia japonica* Blume) 등 제주조릿대에 가려 쉽게 관찰되지 않는 종, 송악(*Hedera rhombea* Bean), 노박덩굴(*Celastrus orbiculatus* Thunb), 마삭줄(*Trachelospermum asiaticum* Nakai var. *asiaticum*) 등의 덩굴식물들이 하부식생을 이루고 있었다.

Table 6. The list of collected vascular plant at Mt. Halla.

Scientific name	Korean name
Pinaceae 소나무과	
<i>Pinus densiflora</i> Siebold & Zucc.	소나무
<i>Pinus thunbergii</i> Parl.	곰솔
Taxaceae 주목과	
<i>Taxus cuspidata</i> Siebold & Zucc.	주목
Fagaceae 참나무과	
<i>Quercus serrata</i> Thunb. ex Murray	졸참나무
<i>Quercus mongolica</i> Fisch. ex Ledeb.	신갈나무
Betulaceae 자작나무과	
<i>Carpinus laxiflora</i> (Siebold & Zucc.) Blume	서어나무
Lauraceae 녹나무과	
<i>Lindera erythrocarpa</i> Makino	비목나무
<i>Lindera obtusiloba</i> Blume	생강나무
Sabiaceae 나도밤나무과	
<i>Meliosma myriantha</i> Siebold & Zucc.	나도밤나무
<i>Meliosma oldhamii</i> Maxim.	합다리나무
Daphniphyllaceae 굴거리나무과	
<i>Daphniphyllum macropodum</i> Miq.	굴거리나무
Ulmaceae 느릅나무과	
<i>Celtis sinensis</i> Pers.	팽나무
<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	느티나무
Moraceae 뽕나무과	
<i>Morus bombycis</i> Koidz. var. <i>bombycis</i>	산뽕나무
<i>Ficus erecta</i> Thunb.	천선과나무
Ericaceae 진달래과	
<i>Vaccinium oldhamii</i> Miq.	정금나무
<i>Rhododendron weyrichii</i> Maxim. var. <i>weyrichii</i>	참꽃나무
Styracaceae 때죽나무과	
<i>Styrax japonicus</i> Siebold & Zucc.	때죽나무
Symplocaceae 노린재나무과	
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i> (Nakai) Ohwi	노린재나무
Saxifragaceae 범의귀과	
<i>Hydrangea serrata</i> for. <i>acuminata</i> (S. et Z.) Wilson	산수국
Rosaceae 장미과	
<i>Pourthiaea villosa</i> (Thunb.) Decne. var. <i>villosa</i>	윤노리나무
<i>Prunus sargentii</i> Rehder	산벚나무
<i>Prunus yedoensis</i> Matsum.	왕벚나무
<i>Sorbus alnifolia</i> (Siebold & Zucc.) K.Koch	팔배나무
<i>Prunus maximowiczii</i> Rupr.	산개벚나무
<i>Prunus pendula</i> f. <i>ascendens</i> (Makino) Ohwi	올벚나무
Leguminosae 콩과	
<i>Albizia julibrissin</i> Durazz.	자귀나무

Table 6. Continued.

Scientific name	Korean name
Alangiaceae 박쥐나무과	
<i>Alangium platanifolium</i> var. <i>trilobum</i> (Miq.) Ohwi	박쥐나무
Cornaceae 층층나무과	
<i>Cornus controversa</i> Hemsl. ex Prain	층층나무
<i>Cornus kousa</i> F.Buerger ex Miquel	산딸나무
<i>Cornus macrophylla</i> Wall.	곰의말채
Celastraceae 노박덩굴과	
<i>Euonymus hamiltonianus</i> Wall. var. <i>hamiltonianus</i>	참빛살나무
Aquifoliaceae 감탕나무과	
<i>Ilex crenata</i> Thunb. var. <i>crenata</i>	팽팡나무
Euphorbiaceae 대극과	
<i>Sapium japonicum</i> (Siebold & Zucc.) Pax & Hoffm	사람주나무
Rhamnaceae 갈매나무과	
<i>Rhamnella franguloides</i> (Maxim.) Weberb	까마귀베개
Staphyleaceae 고추나무과	
<i>Euscaphis japonica</i> (Thunb.) Kanitz	말오줌때
<i>Staphylea bumalda</i> DC.	고추나무
Aceraceae 단풍나무과	
<i>Acer palmatum</i> Thunb	단풍나무
<i>Acer pseudosieboldianum</i> (Pax) Kom.	당단풍나무
<i>Acer pictum</i> subsp. <i>mono</i> (Maxim.) Ohashi	고로쇠나무
Anacardiaceae 옷나무과	
<i>Rhus javanica</i> L.	붉나무
Rutaceae 운향과	
<i>Orixa japonica</i> Thunb.	상산
<i>Zanthoxylum piperitum</i> (L.) DC.	초피나무
<i>Zanthoxylum schinifolium</i> Siebold & Zucc	산초나무
Araliaceae 두릅나무과	
<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb.) Koidz	음나무
Verbenaceae 마편초과	
<i>Callicarpa japonica</i> Thunb	작살나무
<i>Callicarpa mollis</i> Siebold & Zucc	새비나무
<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb	누리장나무
Oleaceae 물푸레나무과	
<i>Ligustrum obtusifolium</i> Siebold & Zucc	쥐똥나무
Caprifoliaceae 인동과	
<i>Viburnum dilatatum</i> Thunb	가막살나무
<i>Viburnum erosum</i> Thunb	덜꿩나무
Gramineae 벼과	
<i>Sasa palmata</i> (Bean) Nakai	제주조릿대

나. 한라산 지역 해발고도별 박새류의 번식 생태

식물 분포와 동물 서식에 큰 영향을 주는 대표적인 요인으로는 서식지 파괴와 외래종의 침입이 있지만, 최근에는 기후변화도 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다 (Parmesan, 1996; Forchhammer, 1998). 최근 기후 변화에 대한 생태적 적응 연구를 비롯하여 많은 연구가 있었다(Walther, 2002). 기후 변화 또는 해발고도 변화는 기온 변화로 이어져서, 조류의 산란 경향에 직접적인 영향을 미치기도 한다 (Forchhammer, 1998). 이렇듯 야생조류는 환경 변화에 대한 지표종으로 매우 적당하여(Schulze, 2004), 이러한 연구들이 진행되고 있다.

(1) 인공소상 이용률

인공소상이용률을 보면, 2009년에는 84개 소상에서 박새류의 번식 시도가 있었는데, 이중 어리목에서는 35개의 소상을 이용하여 가장 많은 것으로 나타났고, 다음으로 관음사에서 26개, 영실에서 23개의 소상에서 번식이 있었다. 2010년에는 87개의 소상에서 번식이 이루어졌는데, 어리목이 36개의 소상으로 가장 많았고, 다음으로 관음사에서 29개, 영실에서 22개의 소상에서 번식하였다. 2009년과 2010년 번식기에 조사된 인공소상 이용률은 모두 어리목이 가장 높았고, 고도별 조사구에서 약간의 차이가 있었으나 전체 이용률에 있어서는 차이가 없었다(국립환경과학원, 2010).

2011년에는 86개의 소상을 이용하여 번식하였는데, 어리목의 경우 33개의 소상을 이용하여 지난 2년간의 결과와 같이 가장 많았고, 다음으로 영실에서 30개, 관음사에서 23개의 소상을 이용하여 다른 결과를 보였다.

번식종별 이용률을 살펴보면, 관음사지역에서는 곤줄박이와 박새가 각각 9개와 12개의 소상을 이용하였고, 어리목에서는 곤줄박이 12개, 박새 12개, 영실에서는 곤줄박이가 12개, 박새가 14개를 이용하였다. 종 미상의 경우는 관음사와 어리목에서 2개, 영실에서 4개가 있었다(Table 6).

3년간의 인공소상이용률을 종합해보면, 각 연도에 대한 조사구별 이용률과 각 조사구에 대한 연도별 이용률에 있어 모두 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다 (Kruskal-Wallis test, $p>0.05$). 번식종별 이용률은 종 미상인 값을 제외하여 분석하였고, 전체 조사구에 대한 이용률과 각 조사구에 대한 이용률에서 모두 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(Mann-Whitney test, $p>0.05$).

Table 6. Use of artificial nests of each sites at Mt. Halla in 2009, 2010, 2011.

Site	Year	Varied Tit (<i>Parus varius</i>)**	Great Tit (<i>Parus major</i>)**	White-Eye (<i>Zosterops japonicus</i>)	Unidentified species	Sum of utilization(%)*
Kwaneumsa (600m)	2009	10	14	-	2	26/48 (54.2)
	2010	13	10	-	6	29/48 (60.4)
	2011	9	12	-	2	23/48 (47.9)
Eoriomok (900m)	2009	11	16	1	7	35/48 (72.9)
	2010	7	12	-	17	36/48 (75.0)
	2011	19	12	-	2	33/48 (68.8)
Yeongsil (1300m)	2009	9	7	-	7	23/48 (47.9)
	2010	6	5	-	11	22/48 (45.8)
	2011	12	14	-	4	30/48 (62.5)
Total	2009	30	37	1	16	84/144 (58.3)
	2010	26	27	-		87/144 (60.4)
	2011	40	38	-	8	86/144 (59.7)

* Sum of utilization by site : Kruskal-Wallis test, $p>0.05$.

* Sum of utilization by year : Kruskal-Wallis test, $p>0.05$.

** Sum of utilization by species : Mann-Whitney test, $p>0.05$.

유사한 연구가 진행되고 있는 지리산 지역의 이용률은 2006년 45개를 비롯하여 2008년 52개, 2009년 84개, 2010년 54개로 평균 58.75 ± 17.27 개를 이용하였다. 한라산 전체 조사구의 3년간 평균 이용률은 85.67 ± 1.53 개였으며, 지리산 지역에 비해 높은 것으로 나타났다(Mann-Whitney test, $p>0.05$).

종미상은 번식에 실패하여 중 동정이 이루어지지 못한 경우로 소상 포기, 소상 훼손, 2회에 걸쳐 소상을 만드는 경우 등이었다. 야생 조류는 서식지 의 환경에 따라 어미새의 육추행동에 따라 번식 성공에 큰 영향을 미치며(Badyaev, 2001), 둥지를 침입하는 종에 의해 큰 영향을 받는다(Blackburn, 2001). 소상 포기는 산란수의 변화가 더 이상 없는 소상 중 포란하지 않아 어미새를 확인할 수 없었던 경우로 어미새의 상태 파악이 불가능하여 포기한 이유를 알 수 없었다. 소상 훼손은 외부 요인에 의해 소상의 모양이 변한 후 산란 및 포란을 멈춘 경우인데, 큰부리까마귀(*Corvus macrorhynchos*)에 의한 경우와 꿀벌과(Apidae) 중 호박벌(Bombini)류의 번식에 의한 경우가 있었다. 큰부리까마귀에 의한 훼손은 인공 소상 측면에 있는 여닫이문의 잠금장치가 헐거워진 소상에서 문이 열려있고 심하게 헤집어진 소상과 함께 침입하였던 흔적이 있었다. 호박벌류에 의한 경우는 산란 또는 포란 중인 소상에서 호박벌류의 번식을 위한 집이 발견되며 소상이 훼손된 경우이다. 호박벌류에 의한 경우는 소상 포기가 먼저 일어나서 호박벌류가 번식을 한 것인지 아니면 호박벌류의 번식으로 소상을 포기한 것인지를 선후관계는 시기적으로 중복되어 확인 되지 않았다. 2회에 걸쳐 소상을 만드는 경우는 산란이 확인된 소상에서 포란에 들어가기 전 2차 산좌가 형성된 경우이며, 정상적인 번식(이소) 후 2차적으로 만들어지는 소상과는 구분하였다. 포란에 들어간 후 번식에 실패하는 경우도 있었는데, 어미새가 포란 중 죽었거나 알이 모두 없어져 더 이상 포란하지 않는 경우, 부화 후 어미새가 이유를 모른 채 사라져 새끼들이 죽은 경우이다(Fig. 10).



Fig. 10. The nest of disappeared parent bird after hatching(A) and dead chicks(B).

(2) 산란일 분포

모든 산란일에 대한 데이터는 연도별 비교를 위해 그 해 3월 20일로부터 경과한 일수로 변환하여 처리하였다. 2009년 곤줄박이의 고도별 첫 산란일은 관음사에서 4월 1일경이고, 어리목 4월 10일경, 영실 4월 25일경으로 고도가 높을수록 산란 시기가 늦어지는 것으로 나타났다(Table 7). 또한 조사구별 세 지역에서의 산란일 분포는 유의하였다(Kruskal-Wallis test, $p < 0.05$).

박새의 첫 산란일은 관음사와 어리목에서 4월 13일경이고, 영실은 4월 28일경이었고, 고도가 높은 지역인 영실이 15일가량 늦은 것으로 나타나 관음사와 어리목에서는 유사하게 나타났으며, 조사구별 산란일은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(one-way ANOVA, $p < 0.05$, 국립환경과학원, 2009). 연구한 곤줄박이와 박새 2종간의 산란일에는 차이가 없는 것으로 나타났다(T-test, $p > 0.05$, Fig. 11).

2010년 곤줄박이의 고도별 첫 산란일은 관음사에서 4월 11일, 어리목 4월 16일, 영실 4월 27일로 고도가 높을수록 산란 시기는 늦어졌지만, 조사구별 산란일은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(one-way ANOVA, $p > 0.05$). 박새의 고도별 첫 산란일은 관음사에서 4월 7일, 어리목 4월 6일, 영실 4월 25일경으로 고도가 높을수록 산란 시기는 늦어졌지만, 조사구별 산란일은 유의하지 않은 것으로 나타났다(one-way ANOVA, $p > 0.05$, 국립환경과학원, 2010). 곤줄박이와 박새 두종의 산란일은 차이는 없는 것으로 나타났다(T-test $p > 0.05$, Fig. 12).

2011년 곤줄박이의 고도별 첫 산란일은 관음사에서 4월 25일, 어리목 4월 30일, 영실 5월 9일로 고도가 높을수록 산란 시기는 늦어졌지만, 조사구별 산란일은 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(one-way ANOVA, $p > 0.05$). 또한 박새의 고도별 첫 산란일은 관음사에서 4월 24일, 어리목 5월 2일, 영실 5월 10일로 고도가 높을수록 산란 시기는 늦어졌지만, 조사구별 산란일은 유의한 차이가 없었다(one-way ANOVA, $p > 0.05$). 또한, 곤줄박이와 박새 2종간의 산란일은 차이가 없는 것으로 나타났다(T-test, $p > 0.05$, Fig. 13).

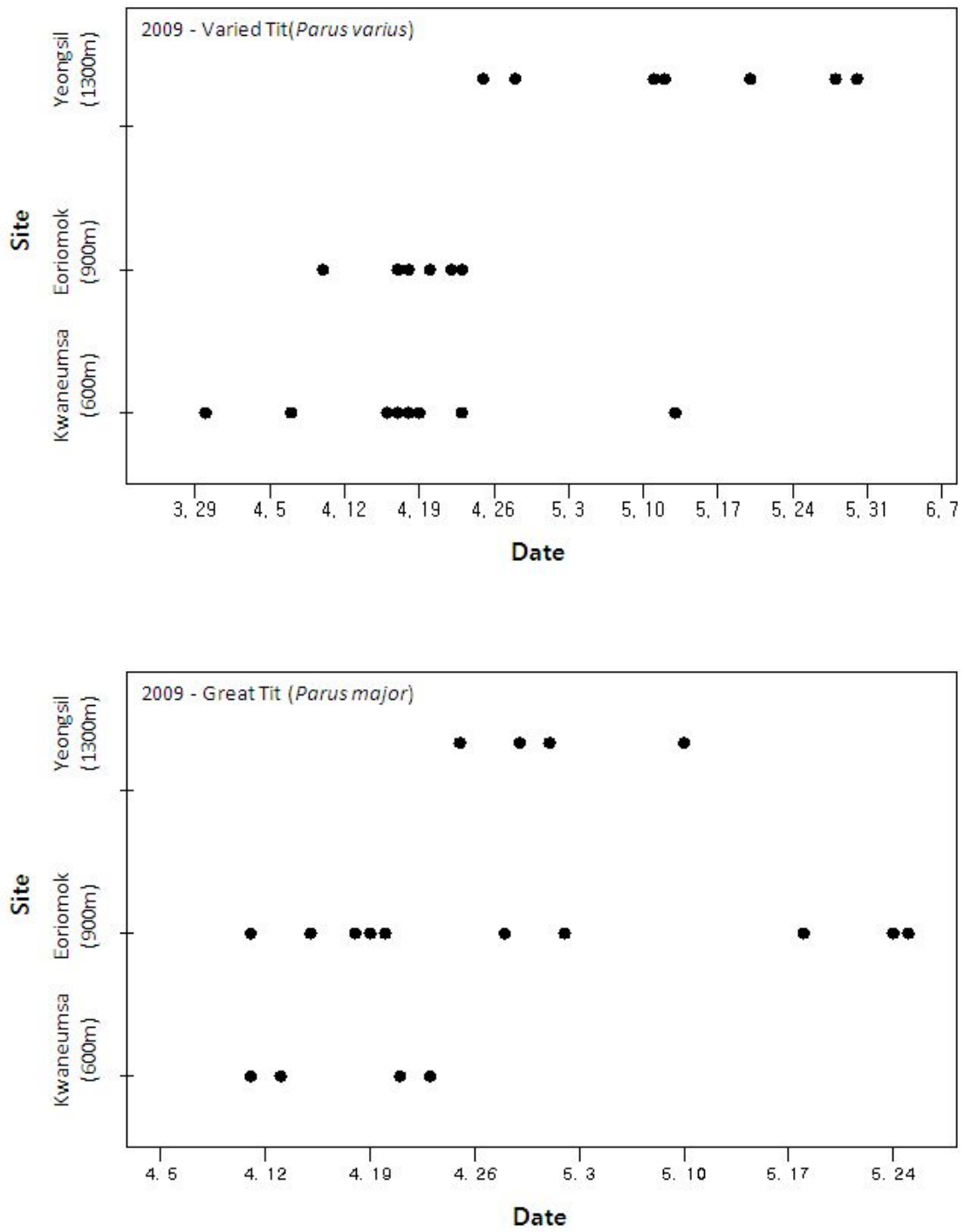


Fig. 11. Breeding date of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2009.

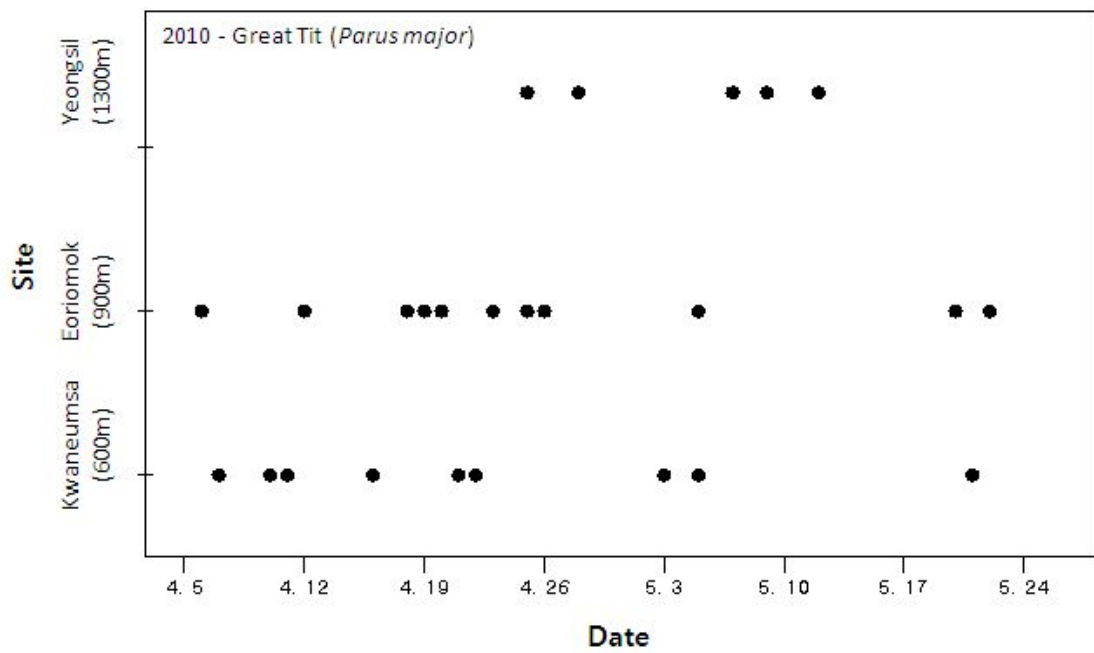
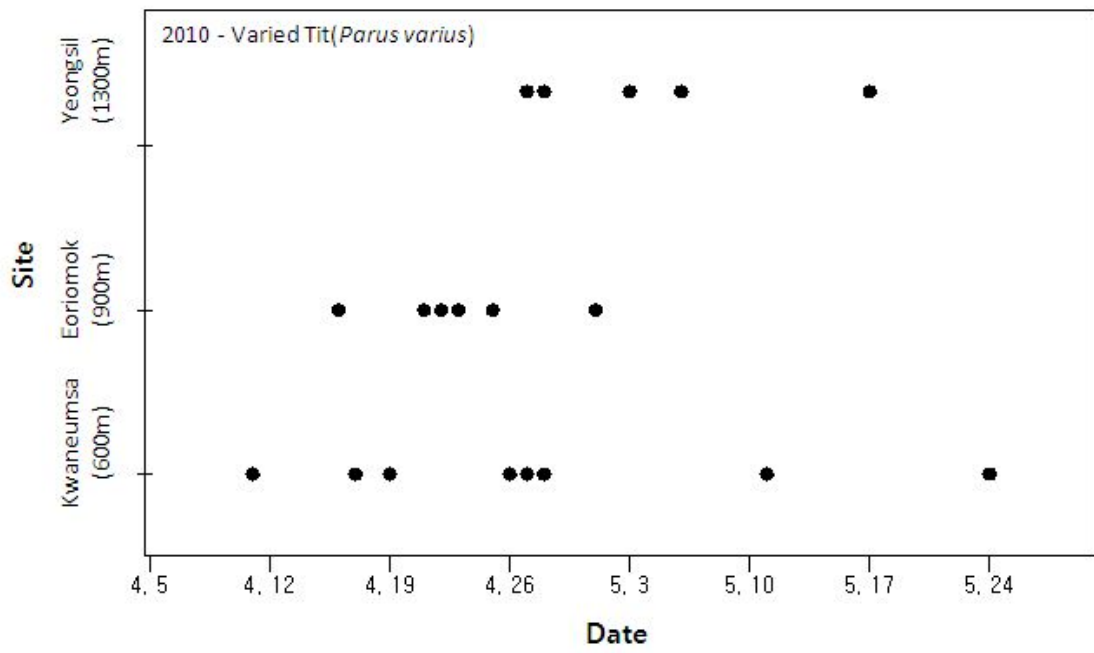


Fig. 12. Breeding date of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2010.

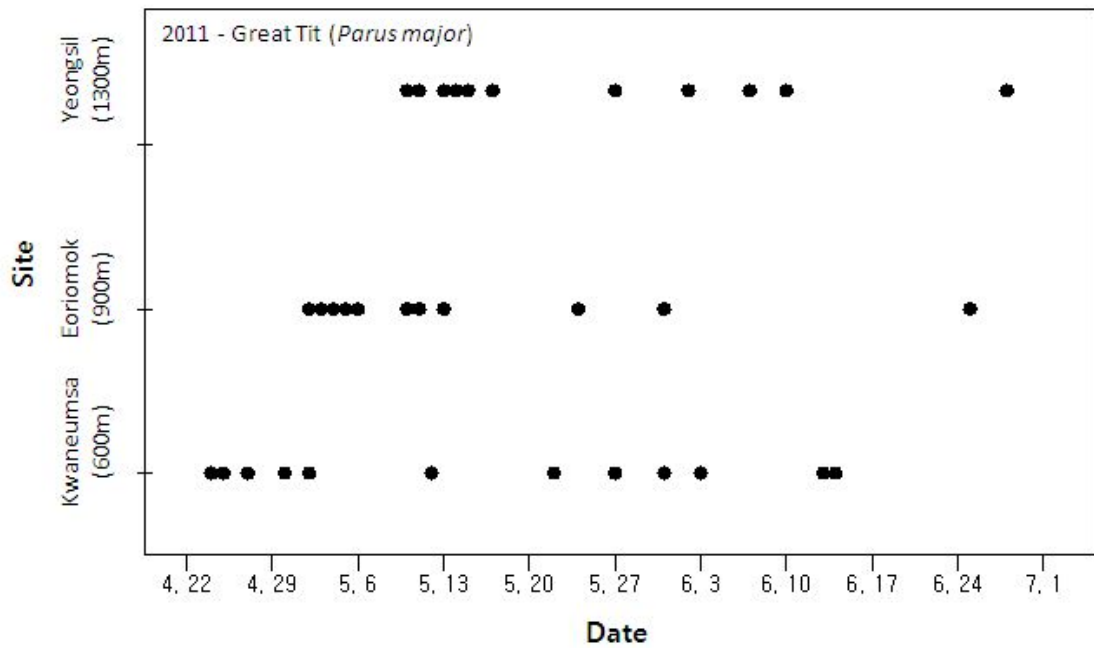
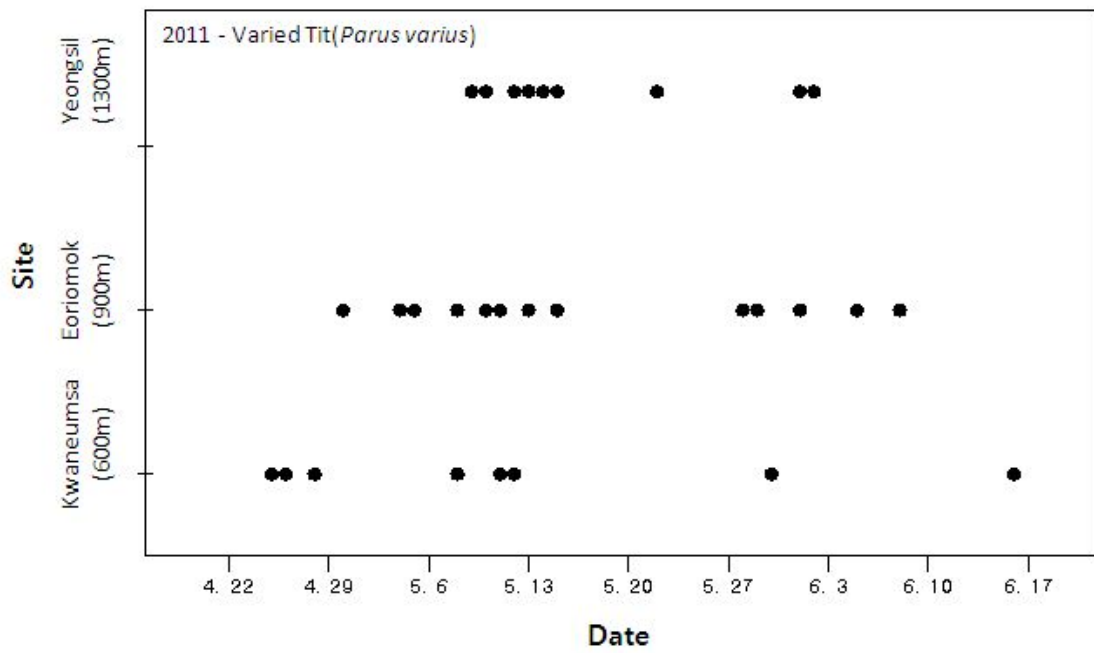


Fig. 13. Breeding date of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2011.

고도에 따른 식물의 개엽시기는 잎의 화학적, 물리적 변화에 따라 변하고, 이러한 변화는 조류의 먹이가 되는 곤충의 분포 패턴에 다시 영향을 준다(Feeny, 1970; Suzuki, 1998; 박찬열, 2001). 이러한 식물과 곤충, 조류의 상호 관계 때문에 식물 개엽시기 지연은 조류의 번식시기에 영향을 미친다(Jarvinen, 1993). 또한 조류는 번식을 위해 곤충의 변화에 빠르게 적응한다(Murakami, 1998; Van Noordwijk, 1995). 실제로 곤줄박이는 새끼에게 나비목 유충을 먹이기 때문에(Perrins, 1991) 많은 영향을 받을 것이 예상된다.

Table 7. Compared to the first egg-laying of each sites at Mt. Halla in 2009, 2010, 2011.

Site	Varied Tit(<i>Parus varius</i>)			Great Tit(<i>Parus major</i>)		
	2009	2010	2011	2009	2010	2011
Kwaneumsa (600m)	04/01	04/11	04/25	04/13	04/07	04/24
Eoriomok (900m)	04/10	04/16	04/30	04/13	04/06	05/02
Yeongsil (1300m)	04/25	04/27	05/09	04/28	04/25	05/10

3년간 자료를 분석하였는데 곤줄박이는 어리목과 영실 조사구에서 연도별 로 유의한 차이를 보였으나(one-way ANOVA, $p < 0.05$), 관음사 조사구에서는 유의한 차이가 없었다. 또한 박새는 세 조사구에서 모두 연도별 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(one-way ANOVA, $p > 0.05$).

지리산 지역의 5년간(2006-2010년) 자료(지리산 장기생태 연구, 2010)에서는 고도별 차이는 있고, 연도별 차이는 없다하였다. 따라서 본 연구를 통해 나타난 곤줄박이의 연도별 차이는 좀 더 장기적인 모니터링을 통해 분석해보아야 할 것이라 사료된다.

(3) 한배의 산란수

2009년과 2010년 조사에서 저고도(2009년-관음사)와 중고도(2010년 어리목)에서 가장 많았으나 연도별 차이(Mann-Whitney test, 곤줄박이 $p>0.05$; 박새 $p>0.05$)는 나타나지 않았다(국립환경과학원, 2010, Fig. 14, 15). 2011년 조사에서도 저고도(관음사)에서 가장 많았으나, 곤줄박이와 박새 모두 조사구별 유의한 차이는 나타나지 않았고(one-way ANOVA, $p>0.05$), 종별 한배의 산란수는 곤줄박이 평균 6.23 ± 1.39 개, 박새 평균 8.18 ± 2.45 개로 유의한 차이가 있었다(Mann-Whitney test, $p<0.05$). 2009년부터 2011년까지 3년간 자료를 종합하여 분석한 결과, 연도별 차이와 각 종에 따른 조사구별 차이는 없었고(one-way ANOVA, $p>0.05$), 각 조사구와 전체 조사구에 따른 종별 차이는 있는 것으로 나타났다(Mann-Whitney test, $p<0.05$, Fig. 16).

한배산란수와 고도와 관계에 대해서는 여러 견해가 있다. 즉, 고도가 높아짐에 따라 더 많은 새끼를 낳아 몸의 열기를 공유함으로써 체온을 유지하는 전략을 써 한배산란수가 커진다는 견해(Weathers, 2002)와 이와 달리 고도가 높아짐에 따라 서식지의 질이 낮아 적은 개체를 산란하므로 한배산란수가 작아진다는 견해(Zang, 1988) 및 낮은 고도와 높은 고도에서 차이가 없다는 결과(Lu, 2005) 등이 있다. 그리고 서식지 질에 대해서는 고도가 높아질수록 작은 절지동물, 즉 곤충류의 비율이 상대적으로 커진다(Janes, 1994). 한배산란수는 개체군의 밀도와 서식지의 질에 영향을 받는다(Gosler, 1995; Both, 1998). 본 연구결과에서는 고도별 둥지 이용률의 차이가 없으므로 서식지 질과 연관이 있는 것으로 판단된다. 이런 서식지의 질은 새끼에게 공급할 먹이원과 직접적인 연관이 있어, 서식지 질이 낮으면 한배산란수가 작아지고(Christians, 2002), 반대로 새끼들의 무게가 무거울수록 생존확률은 높아진다(Gosler, 1995).

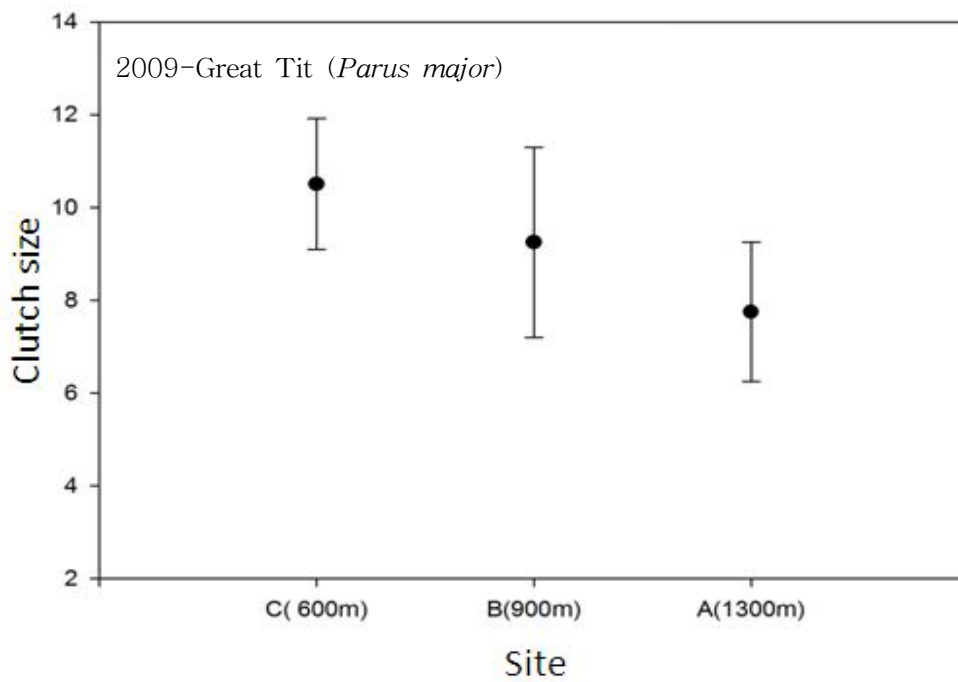
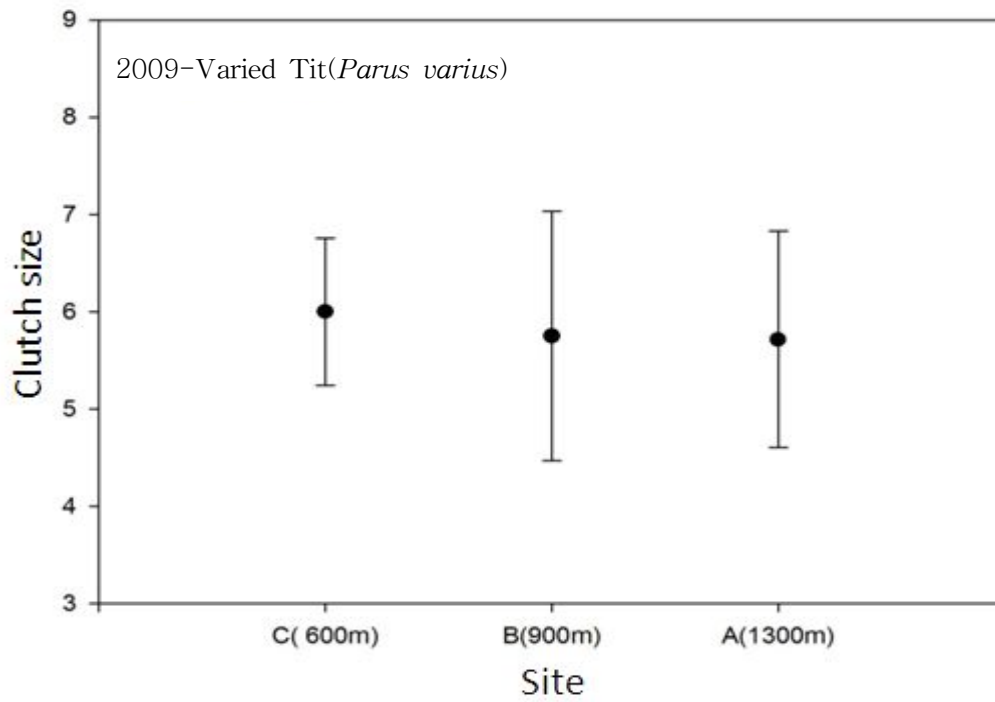


Fig. 14. Clutch size of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2009.

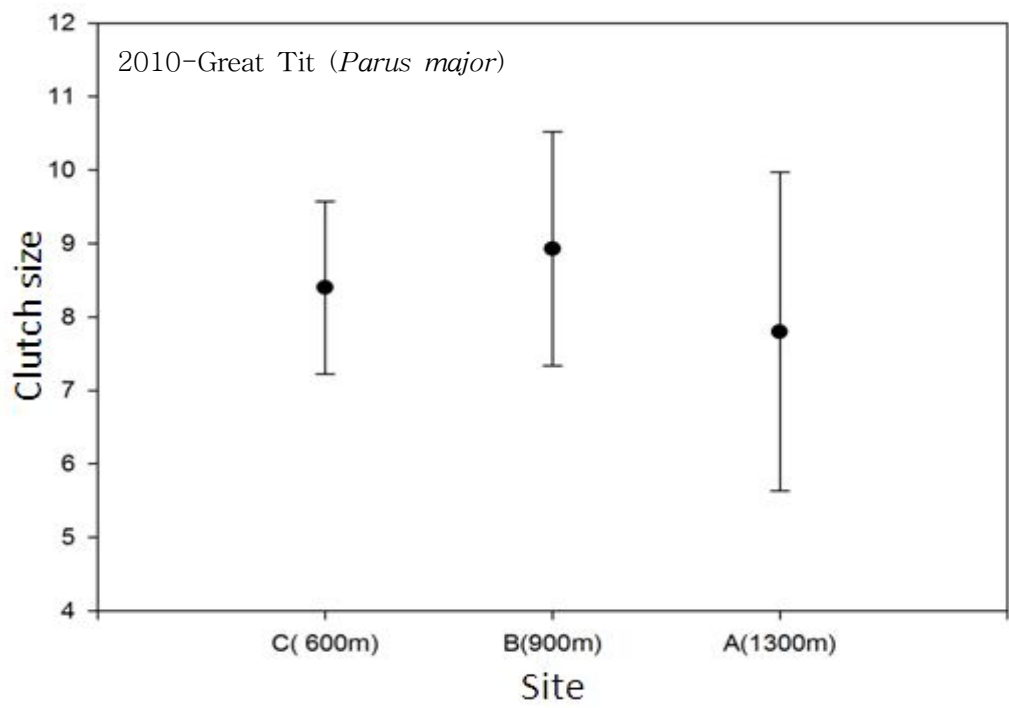
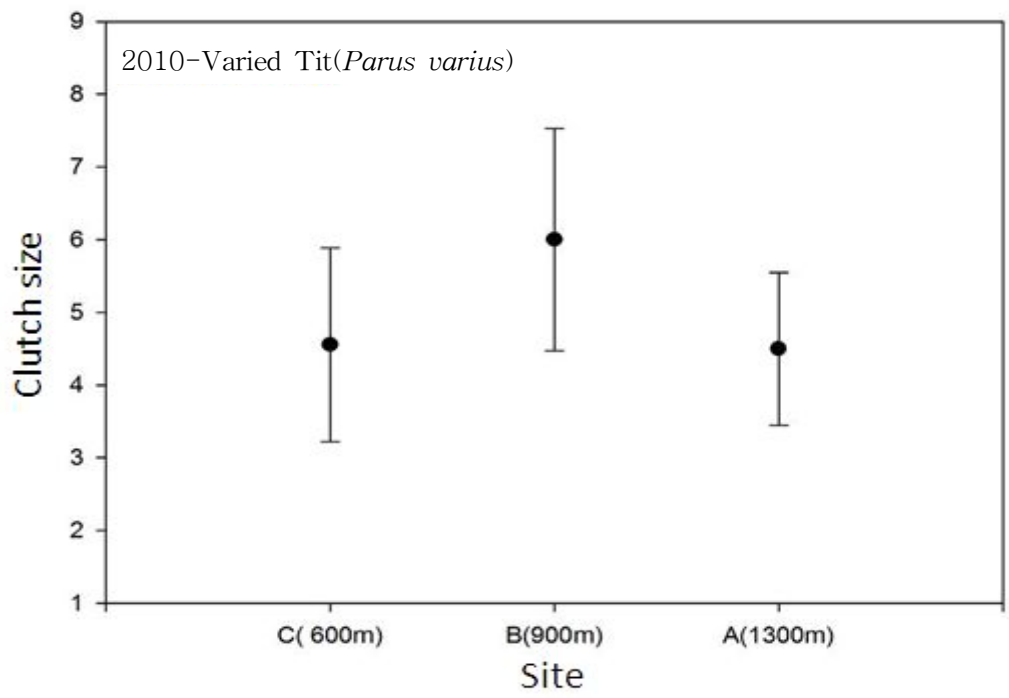


Fig. 15. Clutch size of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2010.

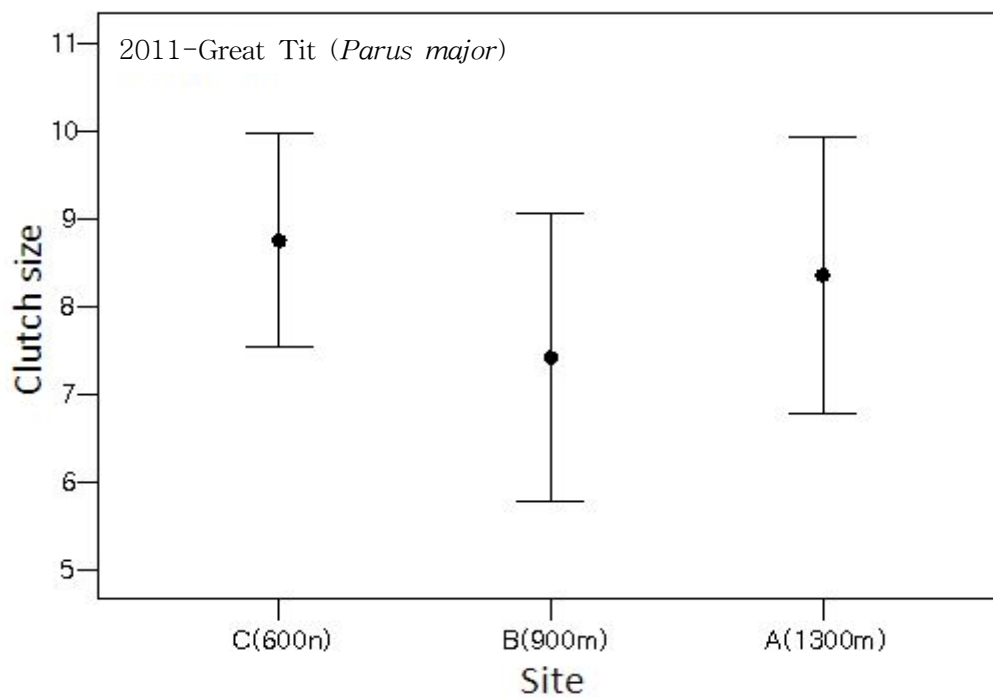
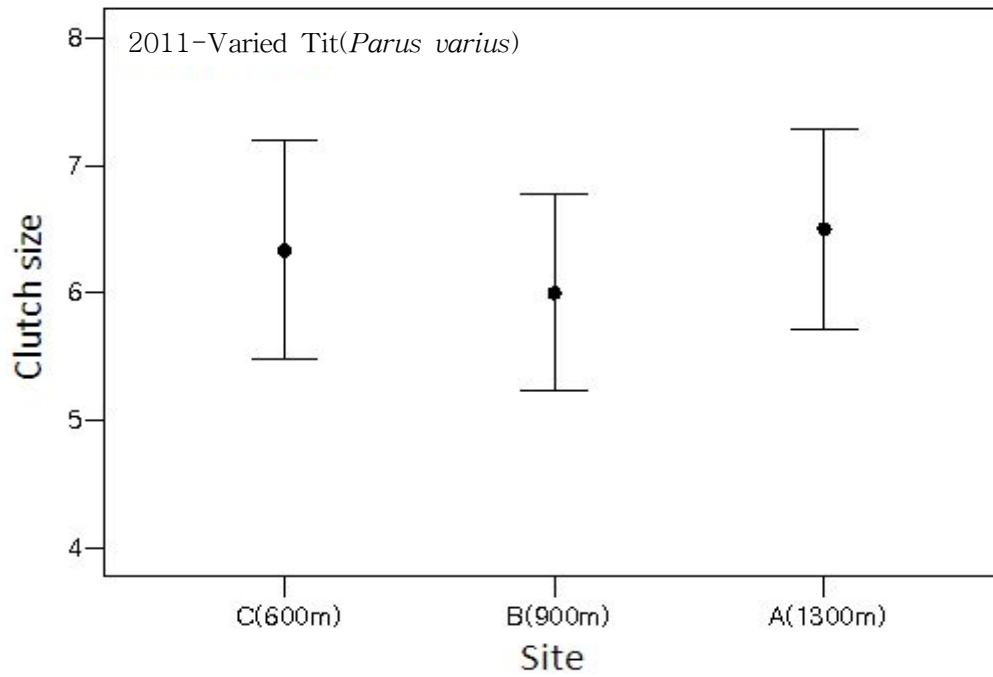


Fig. 26. Clutch size of titmouse with elevation at Mt. Halla in 2011.

VI. 참고 문헌

- 국립생물자원관. 2009. 기후변화 대응 한반도 생물종 구계 변화 연구.
- 국립환경과학원. 2009. 기후변화 생태계모형을 위한 자료 체계 연구.
- 국립환경과학원. 2010. 온난화 환경에서의 생태계 영향 연구(I)
- 김성수, 장승민, 백희정, 최홍연, 권연태. 2006. 제주지역 기온과 강수량의 기후 변동 특성. 한국지구과학회지 27(2): 188-197.
- 김지석, 한봉호, 곽정인. 2010. 6년 동안의 야생조류 변화와 기온과의 관계연구. 한국환경생태학회지 24(3): 227-234.
- 박찬열. 2001. 번식기 박새류와 곤충과 식물의 상호작용 네트워크. 서울대학교 박사 학위논문.
- 산림청. 2009. 제5차 국가산림자원조사. 6쪽.
- 오홍식, 김완병, 박행신. 1999. 제주도에 도래하는 월동조류의 현황. 한국조류학회지 6: 35-45.
- 오홍식, 김병수, 김완병. 2002. 한라산의 조류 군집에 관한 연구. 한국조류학회지 9(2): 85-104.
- 오홍식, 김병수, 장민호, 박수곤, 김태욱, 김영호, 한상현. 2010. 기후변화에 따른 겨울철새의 도래양상 분석. 한국조류학회 2010 추계학술대회발표논문집, 1 쪽.
- 이종구, 정옥식, 이우신, 박종영, 강상호, 하기호, 박창권. 2007. 지리산 지역에서 고도별 알 크기와 한배산란수의 변화. 한국임학회지 96(1): 77-82.
- 임종환, 신준환. 2000. 지구온난화가 산림생태계에 미치는 영향. 자연보존 111: 19-25.
- 제주특별자치도. 2009. 기후변화 영향평가 및 적응모델 개발. 51-106쪽.
- Badyaev, A. V. 1997. Avian life history variation along altitudinal gradients: an example with cardueline finche. *Oecologia* 111: 365-374.
- Badyaev, A. V. and C. K. Ghalambor. 2001. Evolution of life histories along elevational gradients: trade-off between parental care and fecundity. *Ecology* 82: 2948-2960.

- Blackburn, T. M. and R. P. Duncan. 2001. Determinants of establishment success in introduced birds. *Nature* 414: 195–197.
- Beebee, T. J. C. 1995. Amphibian breeding and climate. *Nature* 374: 219–220.
- Both, C. 1998. Density dependence of clutch size: habitat heterogeneity or individual adjustment?. *Journal of Animal Ecology* 67: 659–666.
- Christians, J. K. 2002. Avian egg size: variation within species and inflexibility within individuals. *Biological Reviews* 77: 1–26.
- Crick, H. Q. P., C. Dudley, D. E. Glue and D. I. Thompson. 1997. UK Birds are laying egg earlier. *Nature* 388: 526.
- Feeny, P. 1970. Seasonal Changes in Oak Leaf Tannins and Nutrients as a Cause of Spring Feeding by Winter Moth Caterpillars. *Ecology* 51: 565–581.
- Forchhammer, M. C., E. Post and N. C. Stenseth. 1998. Breeding phenology and climate temperature and egg-laying trends. *Nature* 391: 29–30.
- Gosler, A. G. 1995. Differences in reproductive success and parental qualities between habitats in the Great Tit *Parus major*. *The International Journal of Avian Science* 137(3): 371–378.
- Gosler, A. G. 1995. Predation risk and the cost of being fat. *Nature* 377: 621–623.
- Janes, S. W. 1994. Variation in the species composition and mean body size of an avian foliage-gleaning guild along an elevational gradient: correlation with arthropod body size. *Oecologia* 98: 369–378.
- Jarvinen, A. 1993. Spatial and temporal variation in reproductive traits of adjacent northern Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* populations. *Ornis Scandinavis* 24: 33–40.
- Johnson, N. K. 1994. Pioneering and natural expansion of breeding distributions in western North American birds. *Studies in Avian Biology* 15: 27–44.
- Lu, X. 2005. Reproductive ecology of blackbirds (*Turdus merula maximus*) in a high-altitude location, Tibe. *Journal of Ornithology* 146: 72–78.
- Murakami, M. 1998. Foraging habitat shift in the narcissus flycatcher, *Ficedula*

- narcissina*, due to the response of herbivorous insects to the strengthening defenses of canopy trees. *Ecological Research* 13: 73–82.
- Parmesan, C. 1996. Climate and species' range. *Nature* 382: 765–766.
- Perrins, C. M. 1991. Tits and their caterpillar food supply. *Ibis* 133 suppl. 1: 49–54.
- Peterson, A. T. 2003. Subtle recent distributional shifts in great plain bird species. *Southwestern Naturalist* 48: 289–292.
- Schulze, C. H., M. Waltert, P. J. A. Kessler, R. Pitopang, Shahabuddin, D. veddeler, M. Mühlenberg, S. R. Gradstein, C. Leuschner, I. Steffan–Dewenter and T. Tschardt. 2004. Biodiversity indicator groups of tropical land-use system: Comparing Plants, Birds, and Insects. *Ecological Applications* 14(5): 1321–1333.
- Suzuki, S. 1998. Leaf phenology, seasonal changes in leaf quality and herbivory pattern of *Sanguisorba tenuifolia* at different altitudes. *Oecologia* 117: 169–176.
- Thomas, C. D. and J. J. Lennon. 1999. Birds extend their ranges northwards. *Nature* 399: 213.
- Van Noordwijk, A. J., R. H. McCleery and C. M. Perrins. 1995. Selection for the timing of great tit breeding in relation to caterpillar growth and temperature. *Journal of Animal Ecology* 64: 451–458.
- Walther, G. R., E. Post, P. Convey, A. Menzel, C. Parmesan, T. J. C. Beebee, J. M. Fromentin, O. Hoegh–Guldberg and F. Bairlein. 2002. Ecological response to recent climate change. *Nature* 416: 389–395.
- Weathers, W. W., C. L. Davidson¹, C. R. Olson, M. L. Morton, N. Nur and T. R. Famula. 2002. Altitudinal variation in parental energy expenditure by white-crowned sparrow. *Journal of Experimental biology* 205: 2915–2924.
- Zang, H. 1988. Der Einfluß der Höhenlage auf die Biologie des Kleibers (*Sitta europaea*) im Harz. *Journal of Ornithology* 129: 161 - 174.

<Summary>

Breeding Ecology of Titmouse in Mountain Halla with Altitude

Taek-Joong Kang

(Supervised by professor Hong Shik Oh)

This study was conducted from March 2009 to August 2011 to identify, in accordance with altitudes (Gwaneumsa: 600m, Eorimok: 900m, Yeongsil: 1300m), the breeding ecology of titmouse that breed in artificial nests installed in the Mt. Halla. The findings showed the following: there were differences in the regional average temperatures during the breeding season between April and July for Titmouse with $16.30 \pm 5.07^\circ\text{C}$ in Gwaneumsa, $14.50 \pm 5.40^\circ\text{C}$ in Eorimok, and $13.21 \pm 5.28^\circ\text{C}$ in Yeongsil; however, there were no differences in terms of years with $14.99 \pm 5.27^\circ\text{C}$ in 2009, $14.53 \pm 5.57^\circ\text{C}$ in 2010, and $14.64 \pm 5.40^\circ\text{C}$ in 2011. Among the 48 artificial nests at various survey locations, ones that were used for breeding were 27.67 ± 3.28 (57.7%) artificial nests in 2009, 29.00 ± 4.04 (60.4%) in 2010, and 28.67 ± 2.96 (59.7%) in 2011; in terms of altitudes, 26.00 ± 1.73 (54.2%) artificial nests in Gwaneumsa, 34.33 ± 0.88 (71.5%) in Eorimok, and 25.00 ± 2.52 (52.1%) in Yeongsil. The utilization rates based on species that bred were 10.67 ± 1.28 (22.2%) artificial nests for *Parus varius* and 11.33 ± 1.17 (23.6%) for *Parus major*, respectively where in it was shown that there were no differences in utilization rates in terms of years, altitudes or species. it shows that the first date of egg-laying is tend to be delayed in the higher altitude; comparing the average egg-laying timing distributions by converting in to the number of days elapsed from a standard date, it showed 40.60 ± 3.48 days in Gwaneumsa, 45.90 ± 2.75 days in Eorimok, and 55.00 ± 2.34 days in Yeongsil for *Parus varius*, and 45.28 ± 4.19 days in Gwaneumsa, 45.61 ± 3.10 days in Eorimok, and 55.78 ± 3.26 days in Yeongsil for *Parus major*, where in all showed differences. Compared by using the same method, the distributions of average egg-laying timing based on years showed differences in terms of species and survey regions, there by not displaying any constant tendencies. Clutch sizes were not found to be different in terms of altitudes or years. The resulting differences in the breeding ecology of titmouse showed that the higher altitude, the later egg-laying timing, which can be attributable to the temperature differences based on altitudes. As such, in order to identify the year-based differences that were shown in some survey regions and species and also the reproductive ecological aspects of forest bird species, a long-term monitoring is deemed necessary.