

산림성 조류의 번식기 음성녹음을 이용한 조류군집 평가^{1a}

유승화² · 한현진³ · 김동원⁴ · 주우영^{5*}

Evaluation of the Forest Bird Community in the Breeding Season by using the Sound Recording System^{1a}

Seung-Hwa Yoo², Hyun-Jin Han³, Dong-Won Kim⁴, Woo-Young Joo^{5*}

요 약

번식기 조류 조사(Breeding Bird surveys)는 생태계 내 군집 구조와 기능 그리고 생물다양성 보전을 위한 중요한 기초 자료를 제공한다. 최근 기후변화 등에 따른 생물다양성이 급변함에 따라 산림성 조류조사 데이터의 정확성 및 공간적인 확대와 시계열적 모니터링을 위해 음향 센서 등의 활용이 요구되고 있다. 본 연구의 목적은 조류 음성을 녹음한 데이터와 현장 조류조사 자료를 비교 분석하여 번식시기 산림성 조류의 군집 다양성 평가에 음향 녹음 센서의 활용 가능성을 파악하는 것이다. 2013년 5월 2일부터 16일까지 현장조사 및 녹음을 실시하였으며, 조사 대상지는 점봉산지역의 곰배령과 조침령, 그리고 소백산지역의 죽령과 고치령 구간으로 총 4개 권역 48개 지역, 186개 지점이었다. 녹음결과를 이용하여 현장조사에 의한 조류군집지수와와의 상관관계를 분석한 결과, 녹음에 의한 조류 종의 수와 개체수, 울음소리 횟수는 현장조사에 의한 조류의 종의 수, 개체수와 유의미한 상관관계가 있었지만, 녹음에 의한 조류 종의 수와 음성의 횟수는 현장조사(관측과 청음 병행)에서의 종다양도, 종풍부도와 유의미한 상관관계가 있었지만 종균등도와는 약한 상관관계 혹은 관계가 없음으로 나타났다. 결과적으로 현장에서의 음성녹음 자료를 분석할 경우 조류군집의 종조성과 함께 종다양성을 확인할 수 있었다. 비번식기의 음성녹음에 비하여 번식기의 음성녹음은 녹음결과와 종다양성과의 상관관계에서 보다 신뢰도가 높게 나타났으며 활용가능성이 더 높은 것으로 사료된다.

주요어: 조류군집분석, 자동음성모니터링, 음향센서, 생물음성

ABSTRACT

Breeding bird surveys provide the reference information for understanding bird community structure and function in the ecosystem and conserving biodiversity. Recent rapid change of biodiversity due to climate change and other factors has made it necessary to utilize acoustic sensors for accuracy and spatial expansion of forest bird survey data and for time-series monitoring of forest birds. The objective of this study is to

1 접수 2017년 10월 18일, 수정 (1차: 2017년 12월 6일, 2차: 2017년 12월 13일), 게재확정 2017년 12월 15일
Received 18 October 2017; Revised (1st: 6 December 2017, 2nd: 13 December 2017); Accepted 15 December 2017

2 국립생태원, National Institute of Ecology, Geumgang-ro 1210, Seocheon-gun, Chungchungnam-do 33657, Korea

3 서울대학교, Seoul National University, Gwanak-ro 1, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea

4 국립생물자원관, National Institute of Biological Resources, Hwangyeong-ro 42, Incheon 22689, Korea

5 국립생태원, National Institute of Ecology, Geumgang-ro 1210, Seocheon-gun, Chungchungnam-do 33657, Korea

a 본 논문은 산림청의 연구과제인 “백두대간 보호지역내의 원격 사운드스케이프 센서를 활용한 산림경관평가기법 개발”에 의하여 연구되었으며 국립생태원 “선형사업 대상 생태분야 환경영향평가 방법 연구” NIE-기반연구-2017-04, “전국 단위 생태계서비스 평가 체계 수립을 위한 연구” NIE-전략연구-2017-03의 지원으로 이루어졌음을 밝힘.

* 교신저자 Corresponding author: wyjoo@nie.re.kr

investigate the possibility of using acoustic recording sensor to evaluate the diversity of forest birds at breeding season by comparing and analyzing the recorded data of bird songs and field bird survey data. We conducted the site survey and recording in 186 points in 48 areas of 4 regions of Gombaeryeong and Jochimryeong around Jeombongsan Mountain and Jugryeong and Gochiryeyong around Sobaeksan Mountain from May 2nd to 16th in 2013. The analysis of the correlation between the recording result and Bird Community Index based on the field survey showed that the number of bird species, population, and the number of bird songs by recording was significantly correlated to the number of species and population by field survey. Moreover, the number of bird species and the number of bird songs by recording showed a significant correlation to species diversity and species richness but no or low significant correlation to species evenness by the field study (observation and listing in parallel). As a result, it was possible to check species composition and species diversity of bird communities by analyzing acoustic recording data on the field. The acoustic recordings of bird songs in the breeding period were more reliable than the non-breeding period in the correlation of recording result and species diversity and for utilization.

KEY WORDS : BIRD COMMUNITY ANALYSIS, ACOUSTIC RECORDING SENSOR, BIODIVERSITY

서론

산림지역의 조류군집을 조사하기 위하여 방법은 현장조사가 기본적이며, 선조사법과 함께 정점조사법을 주로 사용한다(Bibby *et al.*, 2000). 이러한 현장조사 방법은 향후 광역·장기적인 생태계모니터링의 필요성과 함께, 동시조사의 어려움과 함께 인력의 한계라는 측면에서 새로운 조사기법이 요구되었다(Lawton *et al.*, 1998; Basset *et al.*, 2000). 특히, 원거리에서 관측할 수 있는 수조류(Waterbirds)의 조사에 비하여 산림지역에서 수행되는 조류조사는 인력의 한계로 인하여, 여러 지점의 동시조사는 불가능하다고 할 수 있을 것이다. 또한 산림성 조류군집의 조사 목적이 해당지역의 생물다양성을 평가하는 것이라면 효율적으로 생물다양성이 높은 곳을 추정 할 수 있는 조사기법 및 평가지표를 연구하는 것이 필요할 것이다(Lawton *et al.*, 1998; Basset *et al.*, 2000). 기존 문헌과 여러 연구를 통해 조류 군집을 조사하는데 음향 녹음 장치를 이용하는 것이 조류 조사자간의 동정 결과 차이를 줄이고, 효과적인 방법이라고 제시된 바 있다(Parker III 1991, Hobson *et al.*, 2002, Conway and Gibbs 2005, Acevedo and Villanueva-Rivera 2006). 특히 산림 내에서는 서식지 특성상 식생 구조가 복잡하고 수많은 시각적 장애물(잎과 가지)로 인해 조류를 확인하거나 조류종의 위치를 확인하는데 청각에 많이 의존하게 된다(Hutto *et al.*, 1986, Ralph *et al.*, 1995). 식생밀도가 높은 산림이나 초지에서 음향 녹음장치를 이용했을 때 더 높은 조류 종 동정이 가능하였고(Parker III 1991, Allen *et al.*, 2004,

Conway and Gibbs 2005), 아마존 밀림과 같은 사람의 접근이 어려운 지역에서 새로운 조류 종을 발견하는데 기여하였다(Haselmayer and Quinn 2000). Hobson *et al.*(2002)는 캐나다 활엽수 성숙림에서 조류 군집조사에 무지향성 마이크를 부착한 음향 녹음 장치를 사용하여 현장조사와의 유사성과 차이를 분석하였다. Allen *et al.*(2004)와 Conway and Gibbs(2005)는 미국 사우스 다코타 내 습지 지역에서 발견되는 새소리를 스피커로 재생하고 이에 반응하는 새소리를 녹음하는 방식의 조류 군집조사를 실시하였다. Acevedo and Villanueva-Rivera(2006)은 푸에토리코의 북쪽 해변가에서 무인 음향녹음장치를 사용하여 조류와 양서류 군집조사의 효율성을 분석하였다.

이처럼 많은 선진국에서 운영 중에 있는 음향센서를 이용한 조류생태계 자료의 수집을 국내에 도입하기 위하여 Yoo *et al.*(2015)는 음성녹음장치를 활용하여 비번식기의 조류 군집을 평가하고 현장조사와 녹음에 의한 결과를 비교하여 조류의 음성녹음에 의한 결과가 현장조사 결과와 신뢰성이 높은 상관관계가 있으며, 특히 조류의 음성횟수가 조류의 종다양도와 상관관계가 있다는 것을 제시하였다.

본 연구에서는 비번식기가 아닌 번식기에 현장조사와 녹음조사의 비교를 통해 타당성을 평가하였다. 그리고 녹음조사결과 중 군집의 우수성을 나타내는 지표를 선정하기 위하여 종다양도와의 상관관계가 높은 요소를 도출하려 하였다.

연구방법

1. 조사시기 및 범위

백두대간에 해당하는 점봉산 곰배령, 조침령, 소백산 죽령과 고치령을 대상으로 하였으며, 곰배령은 8개, 조침령은 11개, 죽령은 14개, 고치령은 15개 기본조사지역을 설정하였으며, 기본 조사지역을 기준으로 100~150m 떨어진 지점에 2~3개씩 분리하여 조사지점을 선정하였다(Figure 1). 조사지점은 186개 이며, 현장조사와 녹음은 2013년 5월 2일에서 16일까지 각 지점당 1회씩 5분간 조류조사와 함께 음성녹음을 실시하였다. 조사시기에 의한 차이를 줄이기 위하여 남부지역에 해당하는 죽령과 고치령은 5월 2일과 9, 11일에 조사를 수행하였으며, 곰배령과 조침령은 각각 2013년 5월 15일과 16일에 수행하였다.

2. 조사 및 분석방법

1) 음성자료 취득 및 현장조사

녹음장소에서 발견되는 조류상과 녹음된 조류의 기록이 얼마나 일치하는지 혹은 사람에 따라 차이가 있는지 확인하기 위하여 현장검증을 실시하였다. 조사는 50m 이내 지역에 대하여 육안 및 쌍안경을 사용하였으며, 50m 밖에서 청음으로 확인이 가능한 경우는 외부로 별도 기록을 하였다. 녹음과 현장조사는 지점당 5분씩 동시에 실시하였다. 현장조사와 함께 수행하는 음성자료의 취득은 SONY PCM-D50을 이용하였고, 샘플링은 22kHz, Wave 파일 형태로 녹음하였다. 소리분석은 Cooledit2000 프로그램을 이용하여 소리를 재생하면서 스펙트로그램을 활용하여 구분하였다. 조류의 소리는 번식음(Song)과 비번식음(Call)을 구분하여 종별 횟수를 기록하였다. 번식음의 경우 연속적이라도

1회로 간주하였으며, 비번식음은 동일한 음절이 3초 이상 지속하지 않는 것을 기준으로 판정하였다.

2) 자료의 분석

분석대상은 녹음상태가 불량한 것을 제외하였으며, 조사지점과의 거리가 100m 이하인 곳을 제외하여 분석대상으로 하였다. 최종 분석대상은 곰배령 5개 지역 15개 지점, 고치령 5개 지역 6개 지점, 죽령 15개 지역 52개 지점, 조침령 11개 지역 34개 지점으로 총 36개 지역 84개 지점이었다(Table 1, Figure 1). 조류의 종수와 개체수, 음성의 빈도 등은 각 지점별로 기록하였으며 종다양도는 조사지역 내 각 조사지점의 조사된 종과 개체수를 누적하여 종다양도를 산출하였다(Yoo *et al.*, 2015). 현장조사결과는 종의 수, 개체수, 종다양도, 종풍부도, 종균등도 지수를 이용하여 녹음결과의 상관관계를 분석하였다. 상관관계는 스피어만 상관관계를 사용하였으며 분석에 사용한 프로그램은 R(R Core Team 2016)을 사용하였고 Vegan 패키지(Oksanen *et al.*, 2016) 이었다.

연구결과

1. 번식시기 녹음과 현장조사에 의한 조류상과의 관계

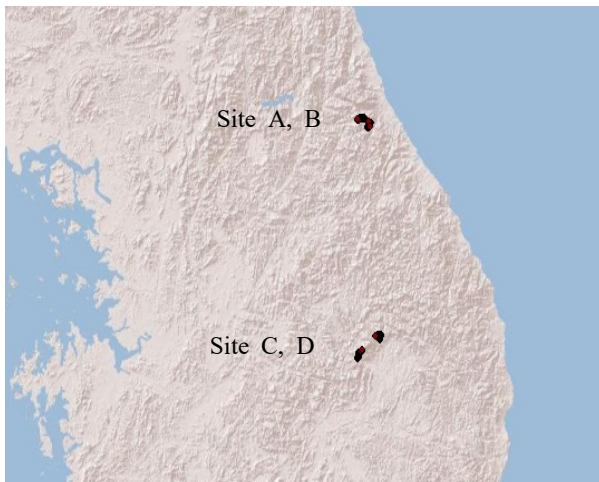
기본조사결과 육안과 청음으로 확인한 종은 총 42종이 조사되었으며, 음성녹음장치에 의해 파악된 종의 수는 39종이 조사되어 육안과 청음으로 확인한 종이 더 많았지만 음성녹음에 의해 확인이 가능했던 종은 43종 중 39종으로 90.7%로 높게 나타났다(Table 2). 1개 조사지역별 현장조사에서 관찰된 조류의 종수는 평균 8.5종 이었으며 녹음에 의해 조사된 종의 수는 평균 7.5종으로 역시 현장조사에서 관찰된 조류의 종수가 높게 나타났다. 조류상은 고산지역이

Table 1. The number of area and site in each survey region

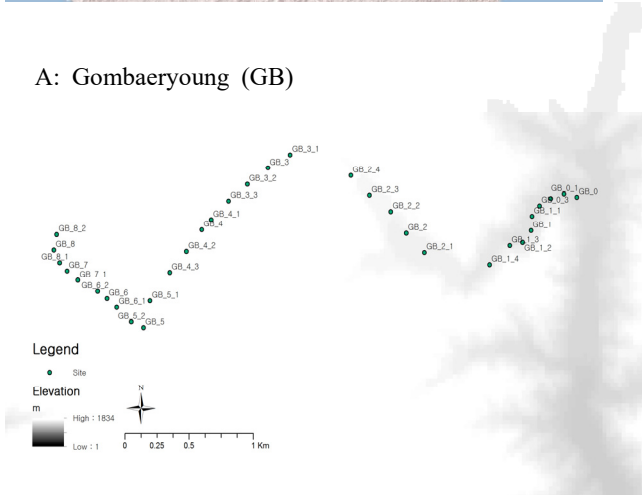
Region	A : Gombae	B : Gochi	C : Jook	D : Zochim	Total
Area	5	5	15	11	36
Site	15	6	52	34	84

Table 2. The number of species according to the field survey and sound recording in each area

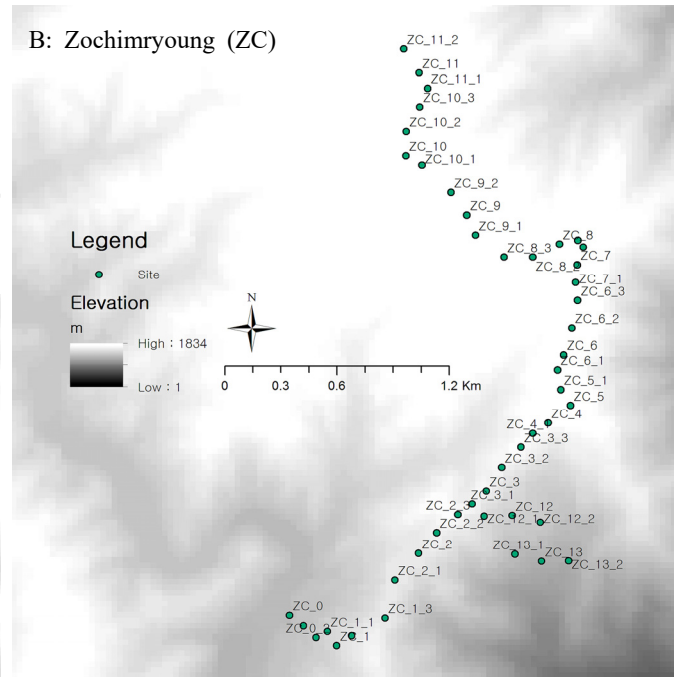
Area Name	A : Gombae		B : Gochi		C : Jook		D : Zochim		Merged	
	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R
Field survey (F) or Recording Data (R)										
The Number of Species	21	17	18	15	32	32	31	27	42	39
Average Number of Species in Area	9.0	7.6	8.5	7.5	8.9	7.5	11.5	10.2	9.7	8.3
Standard Error	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.6



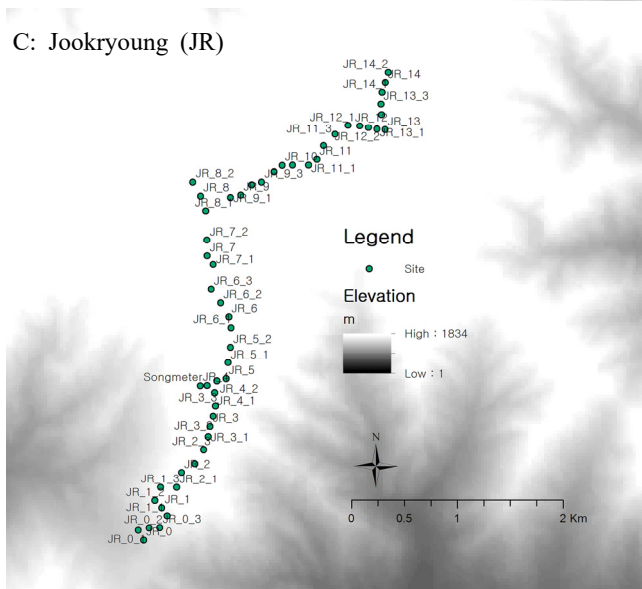
A: Gombaeryoung (GB)



B: Zochimryoung (ZC)



C: Jookryoung (JR)



D: Gochiryoung (GC)

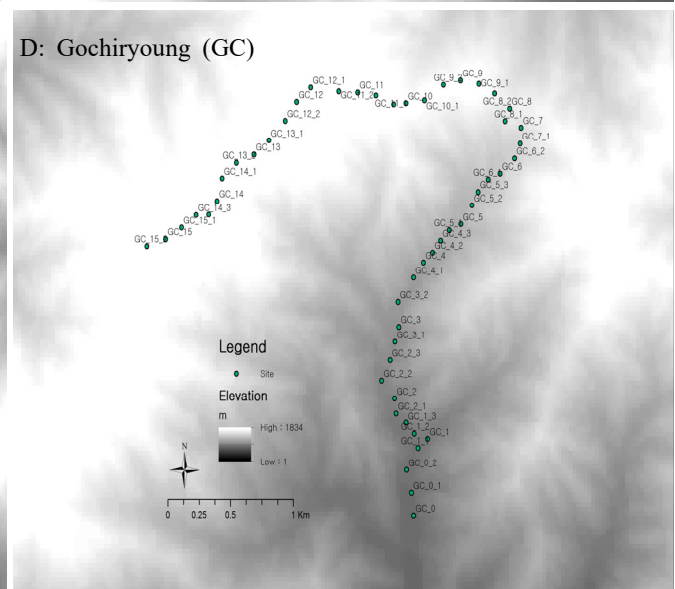


Fig 1. Site map of the study area (Site A : Gombaeryoung, B: Zochimryoung, C : Jookryoung, D: Gochiryoung).

포함된 조사지역의 특성을 반영하여 쇠유리새 *Luscinia cyane*, 산솔새 *Phylloscopus coronatus* 등의 참새목조류가 빈번하게 나타나는 특징을 가졌다(Appendix 1). 육안 및 청음으로만 확인이 가능했던 종은 말뚝가리 *Buteo buteo*, 까치 *Pica pica*, 오목눈이 *Aegihalos caudatus*, 검은딱새 *Saxicola torquatus* 4종이었으며, 녹음에 의해서만 확인이 가능했던 종은 수리부엉이 *Bubo bubo* 1종이었다.

현장에서 녹음한 결과와 현장조사결과를 비교하였을 때, 현장조사에 의한 종의 수와 녹음에 의해 확인된 종의 수는 유의미한 상관관계가 있었으며(pearson's correlation, $r=0.89$, $n=35$, $p<0.001$, Table 3, Figure 2), 녹음에 의한 종의 수는 녹음된 조류 음성의 횟수와 상관관계가 있었다($r=0.76$, $n=35$, $p<0.001$, Table 3, Figure 3). 이것은 육안과 청음에 의한 현장조사가 상관관계가 있으며, 녹음된 음성의 횟수는 서식종의 수를 나타내는 지표가 될 수 있음을 의미한다. 녹음에 의한 서식종의 수는 현장조사에 의한 서식 조류의 개체수와 상관이 있었으며($r=0.89$, $n=35$, $p<0.001$, Table 3, Figure 4), 추가적으로 녹음에 의해 확인한 조류의 음성횟수는 서식개체수와 상관관계가 있었다($r=0.81$, $n=35$, $p<0.001$, Table 3, Figure 5). 이와 같은 결과는 모두

현장조사에 의한 조류상의 조사가 음성녹음에 의한 조사결과와 상관성이 있다는 의미였다.

2. 번식시기 녹음기록과 조류군집지수와의 상관관계

녹음에 의한 서식조류의 종수는 현장조사에 의한 종다양도 및 종풍부도 지수와 유의미한 상관관계가 있었다(with Species Diversity : $r=0.77$, $n=35$, $p<0.001$, with Species Abundance : $r=0.77$, $n=35$, $p<0.001$, Table 3, Figure 6). 또한 조류의 음성횟수는 종다양도 및 종풍부도와 상관관계가 나타났다(with Species Diversity : $r=0.58$, $n=35$, $p<0.001$, with Species Abundance : $r=0.53$, $n=35$, $p<0.001$, Table 3, Figure 7). 군집지수 중 종균등도는 녹음에 의한 서식조류의 종수와 약한 상관관계가 있었으며($r=0.51$, $n=35$, $p<0.01$, Table 3, Figure 8), 음성의 횟수와 종균등도는 상관관계가 나타나지 않았다($r=0.29$, $n=35$, $p=0.094$, Table 3, Figure 9).

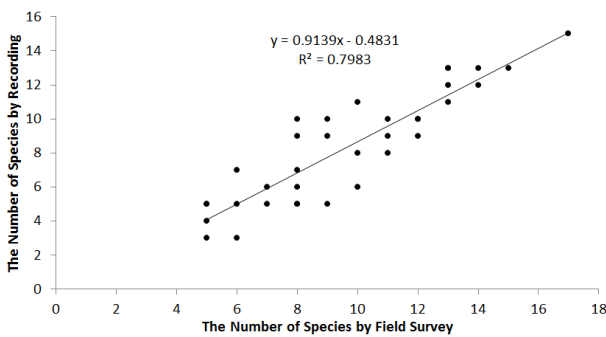


Fig 2. Correlation between recording and field survey result in same site.

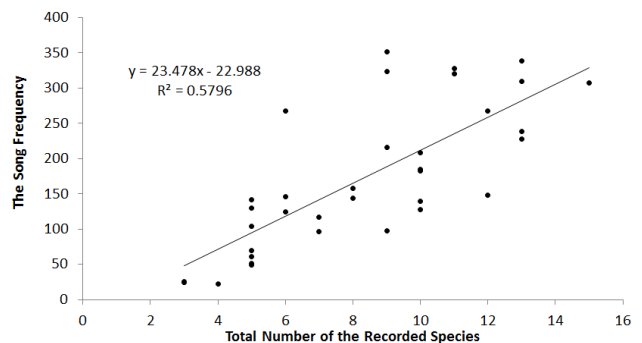


Fig 3. Correlation between total number of the recorded species and song frequency in same site.

Table 3. Correlation matrix between bird community indices in same area.

Community Indices	NS	NI	SD	Ab	Ev	RS	SF
Surveyed Species (NS)	-	0.93***	0.91***	0.92***	0.64***	0.89***	0.71***
The number of Individuals (NI)	0.93***	-	0.80***	0.74***	0.47**	0.89***	0.81***
Species Diversity (SD)	0.91***	0.80***	-	0.88***	0.87***	0.77***	0.58***
Abundance (Ab)	0.92***	0.74***	0.88***	-	0.72***	0.77***	0.53**
Evenness (Ev)	0.64***	0.47**	0.87***	0.72***	-	0.51**	0.29 ^{ns}
Recorded Species (RS)	0.89***	0.89***	0.77***	0.77***	0.51**	-	0.76***
Song Frequency (SF)	0.71***	0.81***	0.58***	0.53**	0.29 ^{ns}	0.76***	-

Spearman's Correlation : ** $p<0.01$, *** $p<0.001$, ns No significant correlation.

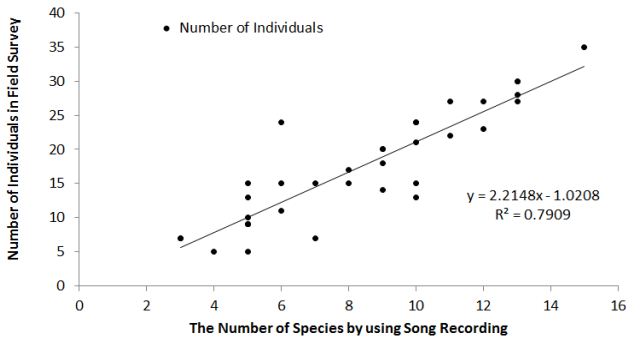


Fig 4. Correlation between the number of species by using song recording and the number of individuals in field survey in same site.

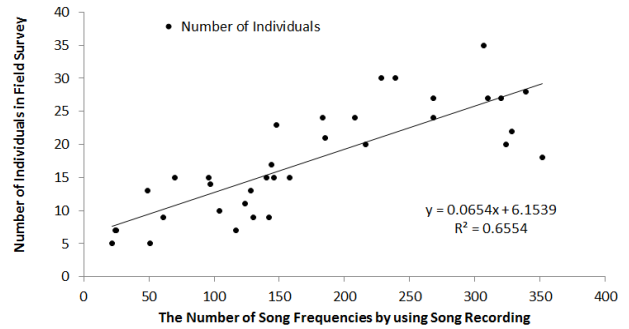


Fig 5. Correlation between the number of song frequencies by using song recording and the number of individuals in field survey in same site.

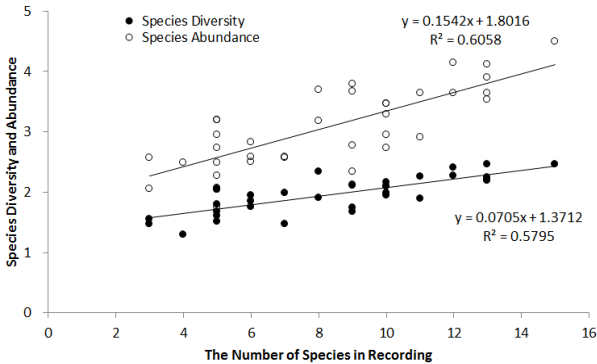


Fig 6. Correlation between the number of species in recording and species diversity with species abundance in field survey in same site.

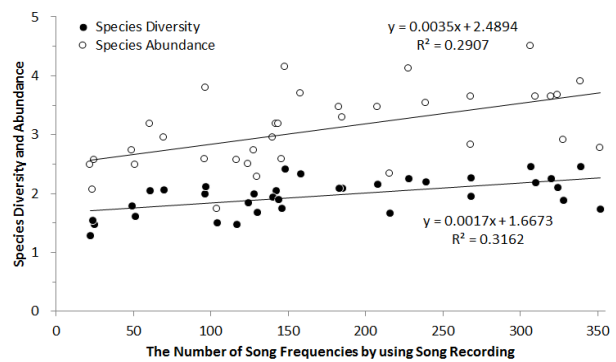


Fig 7. Correlation between the number of species in recording and species abundance in field survey in same site.

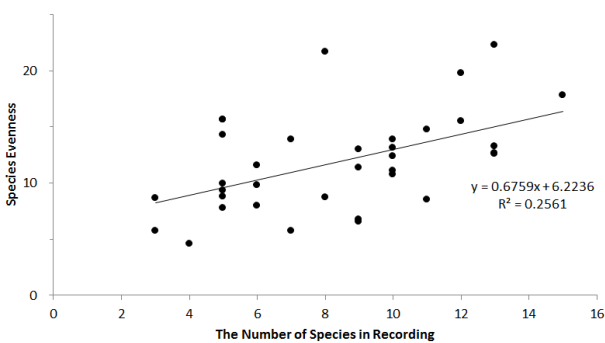


Fig 8. Correlation between the number of species and species evenness in field survey in same site.

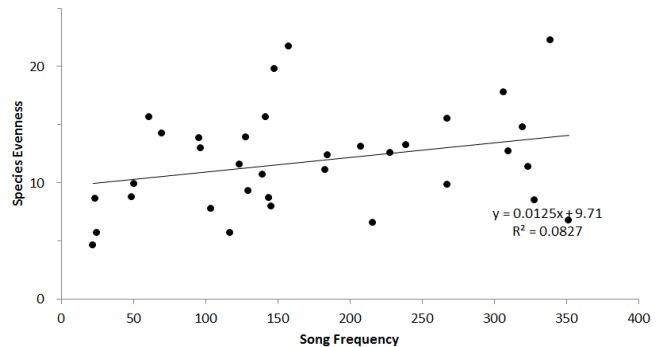


Fig 9. Correlation between the number of song frequencies and species evenness in field survey in same site.

고찰

본 연구에서는 현장조사와 녹음조사가 동시에 이루어져 조사자에 의한 현장학습 효과에서 자유로울 수는 없었다. 특히 원거리에서 청음이 가능한 빠꾸기류 등의 조류의 음성은 좁은 조사지 간격을 가진 본 연구의 특성상 중복확인이 되었을 수 있을 것이다. 하지만 향후 무인녹음장치에 의한

조류군집의 우수성 평가 가능성을 확인하였다는 측면에서 높은 의미를 가진다 할 수 있었다.

본 연구의 결과, 번식시기의 녹음에 의한 조사결과는 조류군집지수와 유의미한 상관관계를 가졌다. 조류군집지수인 종의 수, 종다양도, 종풍부도는 지금까지 생태학적 관점에서 중요한 생태지표로 사용되는 것이며, 이처럼 녹음에 의한 결과분석이 군집지수와 상관관계가 있다는 것은 녹음

을 통해 생태계를 간접적으로 평가할 수 있는 것을 암시한다(MacArthur and MacArthur, 1961; Bradbury *et al.*, 2005). 특히 산림성 조류의 경우 소리에 의해 동정이 되는 경우가 많기 때문에, 앞으로 음성녹음을 통한 조류의 조사 및 서식지의 분석에 활용될 것으로 기대된다. Yoo *et al.*(2015)의 연구에 의하면 비번식기 음성녹음자료는 군집의 종다양성 등을 평가하는데 사용가능한 지표였다. 본 연구에 의하여 번식기의 음성녹음 자료가 조류군집의 우수성을 판정하는데 더 좋은 지표임을 알 수 있었다. 또한 조류의 음성 횡수는 비번식기에 비하여 서식종의 수와 더 높은 상관관계를 가져 조류군집에 대한 평가지표로 사용 가능한 것을 확인할 수 있었다(Farina *et al.*, 2011).

현장에서의 조류의 동정은 소리에만 의존하지 않고 형태적·행동적 특성 등 시각적인 증거에 의해서도 조사되어질 것이다(Sibley, 2002). 또한 종 및 상황에 따라서 다양한 변수가 있기 때문에, 소리만으로 동정해야 하는 녹음에 의한 종의 확인은 현장조사에 비하여 종이 덜 확인되기 때문에 현장조사를 완벽하게 대체할 수는 없는 것으로 받아들여지고 있다. Yoo *et al.*(2015)의 연구에서 비번식기의 녹음에 의한 조류의 종수 및 음성의 횡수는 종다양도 및 풍부도를 예측할 수 있는 지표로 활용가능성이 있었다. 하지만 상관관계가 나타날 뿐 통계적 신뢰도는 낮게 평가되었다. 추가적으로 번식기 자료를 활용할 경우 산림성 조류의 세력권, 개체군 규모가 일정하기 때문에 조류군집의 우수성을 예측할 수 있는 신뢰도가 높아질 것이라 예상하였다. 본 연구에서 번식기 자료를 활용해 분석한 결과 녹음에 의한 조류의 종의 수 및 음성의 횡수는 조류군집의 군집 우수성을 예측할 수 있는 신뢰도가 더 높게 나타났으며, 이러한 결과는 최근 도입되고 있는 고정식 무인녹음장치의 활용 가능성을 높여주고 연구, 국토환경관리 및 보호지역 모니터링, 장기 모니터링 등에 적용할 수 있을 것이다. 또한 현재까지는 조류군집 지수를 지표로 하여 산림의 생태계 우수성을 평가하였지만 향후 개별 종으로 분석을 시도하여 생태계 우수성을 대변할 수 있는 지표종을 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

Allen, T., S.L. Finkbeiner, and D.H. Johnson(2004) Comparison of detection rates of breeding marsh birds in passive and playback surveys at Lacreek National Wildlife Refuge, South Dakota. *Waterbirds* 27: 277-281.

Acevedo, M.A. and L.J. Villanueva-Rivera(2006) Using Automated digital recording systems as effective tools for the monitoring of birds and Amphibians. *Wildlife Society Bulletin* 34: 211-214.

Basset, Y., Novotny, V., Miller, S.E. and R. Pyle(2000) Quantifying biodiversity: experience with parataxonomists and digital

photography in Papua New Guinea and Guyana. *BioScience* 50: 899-908.

Bibby, C.J., N.D. Burgess and D.A. Hill(2000) *Bird census technique* (2nd eds.). Academic Press, London, 302pp.

Bradbury, R., R.A. Hill, D.C. Mason, S.A. Hinsley, J.D. Wilson, H. Baltzer, G.Q.A. Anderson, M.J. Whittingham, I.J. Davenport and P.E. Bellamy(2005) Modelling relationships between birds and vegetation structure using airborne LiDAR data: a review with case studies from agricultural and woodland environments. *Ibis* 147: 443-452.

Conway, C.J. and J.P. Gibbs(2005) Effectiveness of call-broadcast surveys for monitoring marsh birds. *The Auk* 122: 26-35.

Farina, A., N. Pieretti and L. Piccioli(2011) The soundscape methodology for long-term bird monitoring: A Mediterranean Europe case-study. *Ecological Informatics* 6(6): 354-363.

Haselmayer, J. and J.S. Quinn(2000) A comparison of point counts and sound recording as bird survey methods in Amazonian Southeast Peru. *The Condor* 102: 887-893.

Hobson, K.A., R.S. Rempel, H. Greenwood, B. Turnbull, and S.L.V. Wilgenburg(2002) Acoustic surveys of birds using electronic recordings: new potential from an omnidirectional microphone system. *Wildlife Society Bulletin* 30: 709-720.

Hutto, R.L., S.M. Pletschet and P. Hendricks(1986) A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding season use. *Auk* 103: 593-602.

Lawton, J.H., D.E. Bignell, B. Bolton, G.F. Bloemers, P. Eggleton, P.M. Hammond, M. Hodda, R.D. Holt, T.B. Larsen, N.A. Mawdsley, N.E. Stork, T.B. Srivastava and A.D. Watt(1998) Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391: 72-75.

MacArthur, R.H. and MacArthur(1961) On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.

Oksanen J, G.F. Blanchet, M Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, P.R. Minchin, R.B. O'Hara, G.L. Simpson, P. Solymos, H.M.H. Stevens, E. Szoecs and H. Wagner(2016) *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-1. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

Parker III, T.A.(1991) On the use of tape recorders in avifaunal surveys. *Auk* 108: 443-444.

Ralph, C.J., J.R. Sauer, and S. Droege(1995) *Monitoring bird populations by points counts*. USDA, Albany. 187pp.

Sibley, D.A.(2002) *Sibley's birding basics: How to identify birds, using the clues in feathers, habitats, behaviors, and sounds*. Alfred A. Knopf Books, New York, USA. 154p.

Yoo, S.H., H.J. Han, D.W. Kim and W.Y. Joo(2015) Evaluation of the forest bird community by using a sound recording system. *Korean Journal of Environment and Ecology* 29(2): 174-183.

Appendix 1. The species list in field survey and sound recording system in 4 survey area in breeding season (2013)

No.	Korean Name	Scientific Name	A : Gombae		B : Gochi		C : Jook		D : Zochim		Merged	
			*F	**R	F	R	F	R	F	R	F	R
1	들꿩	<i>Tetrastes bonasia</i>							4	2	4	2
2	꿩	<i>Phasianus colchicus</i>					3	6			3	6
3	왕새매	<i>Butastur indicus</i>					1	1			1	1
4	말뚝가리	<i>Buteo buteo</i>					1				1	
5	멧비둘기	<i>Streptopelia orietalis</i>	2				1	1	2		2	1
6	매사촌	<i>Cuculus hyperythrus</i>	5	3			3	2	6	2	6	3
7	검은등뺨꾸기	<i>Cuculus micropterus</i>					17	11	2		17	11
8	병어리뺨꾸기	<i>Cuculus saturatus</i>	2		2		17	10	8		17	10
9	수리부엉이	<i>Bubo bubo</i>						1				1
10	쇠딱다구리	<i>Dendrocopos kizuki</i>				1	3	1	2	2	3	2
11	오색딱다구리	<i>Dendrocopos major</i>							16	4	16	4
12	청딱다구리	<i>Picus canus</i>			2		1	1	2	1	2	1
13	때까치	<i>Lanius bucephalus</i>					4	2	4	1	4	2
14	어치	<i>Garrulus glandarius</i>			3	1	11	1	2	1	11	1
15	까치	<i>Pica pica</i>					1				1	
16	큰부리까마귀	<i>Corvus macrorhynchos</i>	7	3					28	11	28	11
17	박새	<i>Parus major</i>	4	3	1	4	11	7	26	15	26	15
18	진박새	<i>Parus ater</i>	4	3	5	4	37	30	20	10	37	30
19	곤줄박이	<i>Parus varius</i>	10	8	6	5	9	8	36	11	36	11
20	쇠박새	<i>Parus palustris</i>	2	2	1		11	10	20	12	20	12
21	오목눈이	<i>Aegithalos caudatus</i>							6		6	
22	직박구리	<i>Microscelis amaurotis</i>			1	2	12	7	4	2	12	7
23	숲새	<i>Urosphena squameiceps</i>			3	1	2	2			3	2
24	휘파람새	<i>Cettia diphone</i>					10	7			10	7
25	솔새	<i>Phylloscopus borealis</i>	3	3	6	5	20	18	22	14	22	18
26	버들솔새	<i>Phylloscopus plumbeitarsus</i>	5	6			1	2	22	15	22	15
27	산솔새	<i>Phylloscopus coronatus</i>	12	10	5	2			66	23	66	23
28	굴뚝새	<i>Troglodytes troglodytes</i>	1	1			1	1	2	2	2	2
29	동고비	<i>Sitta europaea</i>	7	3	3	4	10	6	18	9	18	9
30	호랑지빠귀	<i>Zoothera aurea</i>			1	1	1	1	4	2	4	2
31	흰배지빠귀	<i>Turdus pallidus</i>	5	3	3	1	18	14	28	11	28	14
32	쇠유리새	<i>Luscinia cyane</i>	9	7	1		31	27	60	21	60	27
33	유리딱새	<i>Luscinia cyanura</i>							4	1	4	1
34	울새	<i>Luscinia sibilans</i>							2	1	2	1
35	딱새	<i>Phoenicurus auroreus</i>	1				4	4	4	1	4	4
36	검은딱새	<i>Saxicola torquatus</i>	1								1	
37	큰유리새	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	3	2	3	4	7	8	20	8	20	8
38	물까마귀	<i>Cinclus pallasii</i>	2	1							2	1
39	참새	<i>Passer montanus</i>					4	1			4	1
40	노랑할미새	<i>Motacilla cinerea</i>	1	1	4	2		1	2	1	4	2
41	방울새	<i>Carduelis sinica</i>					2	1			2	1
42	멧새	<i>Emberiza cioides</i>					1	1			1	1
43	노랑턱멧새	<i>Emberiza elegans</i>	8	4	5	7	27	25	36	12	36	25
The Number of Species			21	17	18	15	32	32	31	27	42	39

* F: the number of species in field survey, **R : the number of species in the sound recording system