

은둔형 습지 조류의 효과적인 조사 방법 탐색을 위한 국의 프로토콜의 시범 적용

이상연^{1,2} · 성하철^{2,*}

¹국립생태원 자연환경조사팀, ²전남대학교 생물과학·생명기술학과

Application of Standardized North American Marsh Bird Monitoring Protocols to Survey Inconspicuous Marsh Birds in Korea. Sang-Yeon Lee^{1,2} (0000-0002-1117-6808) and Ha-Cheol Sung^{2,*} (0000-0002-7494-7446)
(¹Team of National Ecosystem Survey, National Institute of Ecology, Seocheon 33657, Republic of Korea; ²School of Biological Sciences and Biotechnology, Chonnam National University, Gwangju 61186, Republic of Korea)

Abstract Although inconspicuous marsh birds are an indicator of marsh health, there is little understanding of their status and population trends due to their behavioral characteristics and lack of reliable survey methods in Korea. We applied the Standardized North American Marsh Bird Monitoring Protocols (SNAMBMP) already validated in North America for effective survey of the marsh birds. We selected 29 sites with emergent marshes, rice fields and riparian forests in Seocheon-gun, Buyeo-gun and Gunsan-si. We conducted the survey with a combination of passive 5 minute point-count and vocal survey method (30 seconds call-broadcasting + 30 seconds silence) that was targeted eight species 2~7 times/site from March to July 2017. Four species, Brown-cheeked Rail (*Rallus indicus*), Ruddy-breasted Crake (*Porzana fusca*), Watercock (*Gallicrex cinerea*) and Greater Painted-snipe (*Rostatula benghalensis*), were detected at one site respectively (naïve occupancy rate = 0.035). Vocal survey method with conspecific call-broadcasting provided better on Brown-cheeked Rail and Watercock than the others. We suggest a combination of passive point-count and vocal survey method like SNAMBMP to monitor inconspicuous marsh birds at nationwide scale and collection of sound files through recording of the entire process during the survey.

Key words: call-broadcasting, inconspicuous marsh birds, passive, SNAMBMP, survey methods

서 론

조류 조사는 특정 지역에 서식하는 조류를 정확하게 탐지하여 개체군 경향성 및 종과 서식지와의 상호작용을 도출하고, 이를 토대로 한 보전 방안의 수립을 목적으로 한다 (Fielding and Haworth, 1995; Johnson, 1995; Lynch, 1995;

Sutherland, 1996; Newbold and Eadie, 2004). 조류 조사 방법 중 가장 보편화된 방법은 조사자가 해당 지역에서 경로 또는 지점을 선정하여 종과 개체수를 파악하는 선조사법과 정점조사법으로 국내에서도 널리 활용되고 있다 (Jeong, 2012). 이 조사 방법은 조사자가 육안이나 청음과 같은 확실한 기준으로만 조류의 서식을 확정하는 수동적인 성격의 조사 방법으로써 결과에 대한 조사자별 오차가 발생할 소지가 적다는 장점이 있다 (Conway and Gibbs, 2005).

그러나 모습을 잘 드러내지 않고, 소리도 거의 확인되지 않는 은둔형 조류들의 경우에는 탐지 효과가 떨어진다

Manuscript received 5 April 2019 revised 21 May 2019,
revision accepted 31 May 2019

* Corresponding author: Tel: +82-62-530-3417, Fax: +82-62-530-3409,
E-mail: shcol2002@chonnam.ac.kr

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

(Paine, 1999). 특히, 습지 내 수심이 얇고, 정수식물이 밀생하는 곳에 서식하는 조류(이하 은둔형 습지 조류)들 대부분은 대표적인 은둔형 조류에 해당된다(Burger, 1985; Eddleman *et al.*, 1988; Gibbs and Melvin, 1993; Lor and Malecki, 2002). 이들은 습지 내 다양한 수서 곤충을 섭식하는 습지 생태계의 고차소비자이자 습지의 건강성을 나타내는 지표 생물임에도 불구하고(Conway, 1995; Lewis and Casagrande, 1997; Adamus, 1998), 국제 습지 단체인 Wetlands International (2019)이 발간한 전 세계 물새 개체군 추정치(Waterbird Population Estimates)는 물론 개체군 경향성이 대부분 기록되어 있지 않을 정도로 잘 알려져 있지 않다. 다만, 이들이 선호하는 서식지인 습지가 개발로 인해 줄어들어 따라 감소하고 있을 것이라고 추정할 뿐이다(Tiner Jr, 1984; Dahl, 1990).

이와 같은 은둔형 습지 조류의 탐지 확률을 증가시키기 위해 제안되는 방법이 음성 재생을 이용한 조사 방법(이하 음성조사법)이다. Tango *et al.*(1997)은 수동적인 성격의 정점조사법에 비해 음성조사법을 이용하였을 경우 Least Bittern (*Ixobrychus exilis*), Black Rail (*Laterallus jamaicensis*), Virginia Rail (*Rallus limicola*)의 탐지 확률이 증가함을 확인하였으며, Lor and Malecki (2002)는 American Bittern (*Botaurus lentiginosus*), Sora (*Porzana Carolina*)의 탐지 확률이 증가한 것으로 보고하였다. 그러나 은둔형 습지 조류 모두가 음성조사법에 반응하는 것은 아니며, 음성조사법이 효과적인 것으로 알려져 있는 종들조차도 개체에 따라 시기적, 지역적으로 편차가 발생할 수 있다(Gibbs and Melvin, 1993; Conway and Gibbs, 2001; Royle and Nichols, 2003). 무엇보다도 음성조사법이 번식기에 활용될 경우 번식에 부정적인 영향을 미칠 수 있다는 주장이 제기되고 있다(Kerlinger and Wiedner, 1991) 따라서, 은둔형 습지 조류의 효과적인 조사를 위해 기존의 선조사법 또는 정점조사법을 이용할 것인지 음성조사법을 이용할 것인지에 대한 심도 있는 연구가 선행되어야 한다(Conway and Gibbs, 2005). 이에 대해 북미 지역에서는 1999년 정점조사법과 음성조사법을 동시에 수행하는 방식의 프로토콜(Standardized North American Marsh Bird Monitoring Protocols; SNAMBMP)이 개발되었고, 현재까지 북미 전역의 중요 습지 조사 시 적용함으로써 은둔형 습지 조류의 현황, 개체군 경향성 및 종간 관계의 파악을 통한 적절한 보전 전략 수립에 크게 이바지하고 있다(Conway, 2011).

본 연구는 은둔형 습지 조류의 조사 방법이 구축되어 있지 않은 국내의 현실을 인지하고, 표준화된 국외 프로토콜을 국내 일부 지역에 시범 적용함으로써 은둔형 습지 조류 서식 현황을 파악하고 더불어 이들에 대한 효과적인 조사 방법을 수립하기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 연구 지역

충남 서천군과 부여군, 전북 군산시를 중심으로 인공위성 지도를 이용하여 정수식물이 식생하는 정수역(저수지, 웅덩이) 및 유수역(하천)을 비롯한 논, 수변림(버드나무(*Salix* sp.) 우점) 지역을 중심으로 직접 방문하여 접근성과 환경적 요소를 고려한 후 최종 29개의 연구 지역을 확정하였다(Fig. 1). 이때, 동일 서식 권역에 2개 이상의 연구 지역을 선정할 경우에는 중복 개체 산정을 방지하기 위해 지역 간 이격 거리를 최소 400 m로 설정하였다(Conway, 2002).

2. 연구 대상종 선정 및 음성 파일 제작

SNAMBMP는 수심이 얇고, 정수식물이 밀생하는 지역을 번식지로 이용하는 뜸부기류, 백로류, 논병아리류 등 26종을 핵심종으로 지정하고, 이 중 15종에 대해 음성학적 조사가 효과적임을 언급하고 있다(Conway, 2009). 그러나 국내의 경우 은둔형 습지 조류에 해당하는 종들이 학술적으로 명확하게 구분되어 있지 않으므로 SNAMBMP에서 명시한 종들과 동일한 분류체계에 속하고(Gill and Donsker, 2019), 제3차 전국자연환경조사(2006~2012) 조류 분야 결과에서 20회 미만의 관찰 기록이 있는 쇠뜸부기(*Porzana pusilla*), 흰눈썹뜸부기(*Rallus indicus*), 한국뜸부기(*P. paykullii*), 쇠뜸부기사촌(*P. fusca*), 뜸부기(*Gallinula cinerea*), 호사도요(*Rostratula benghalensis*), 큰덤불해오라기(*Ixobrychus eurhythmus*), 흰배뜸부기(*Amaurornis phoenicurus*) 8종을 본 연구 대상으로 최종 선정하였다.

SNAMBMP는 5분간의 정점조사 구간과 종당 1분간 음성조사 구간(30초 재생 + 30초 정지)으로 구성되며, 이때 사용된 음성은 SNAMBMP 운영 사무국에서 CD 또는 MP3 파일의 형태로 배포된 것이다(Conway, 2011). 그러나 본 연구 대상종은 아시아 지역에 국한하여 서식하고 있는 종으로 SNAMBMP에서 사용하는 음성에 포함되어 있지 않음은 물론 표준화된 음성이라는 기준이 없는 실정이다. 이에 오픈소스인 제노칸토 홈페이지(available from <http://www.xeno-canto.org/>)에 접속하여 국가가 포함된 동아시아-대양주 철새이동경로(East Asian-Australasian Flyway)에 속한 국가 중 국내와 가장 인접한 국가에서 녹음된 종의 음성만을 사용하여 지리적 격차를 최소화하되 음성의 형태가 다양할수록 종의 탐지율(detection rate)이 증가한다는 Conway and Gibbs (2001)의 연구 결과에 따라 최대한 다양한 형태의 음성 파일(e.g. song, flight call, alarm call, begging call)을 확보하였다. 무엇보다도 SNAMBMP가 시간을 엄격하게 준수해야 하는

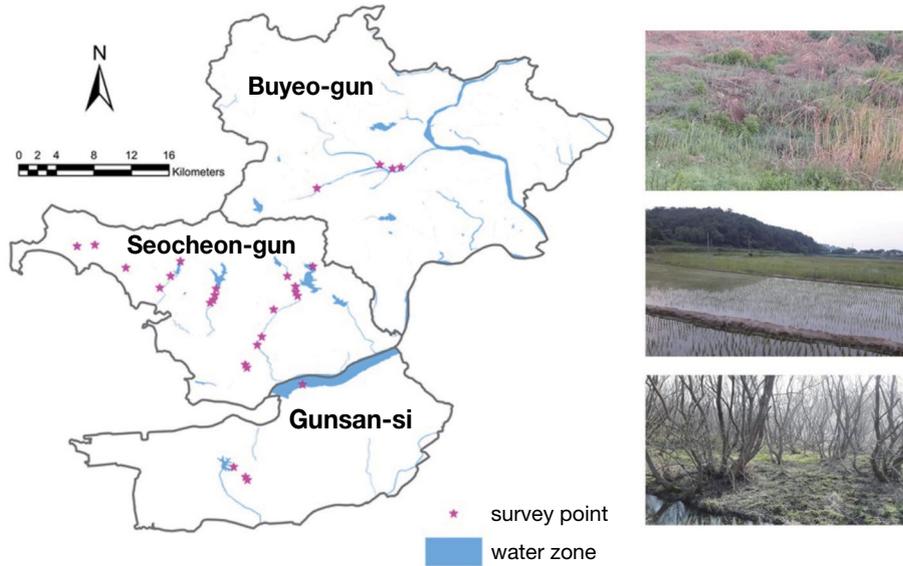


Fig. 1. Location of the survey points where Standardized North American Marsh Bird Monitoring Protocols were applied in Seocheon-gun, Buyeo-gun and Gunsan-si. The survey points consist of emergent vegetation marsh (right up), rice field (right middle) and riparian forest (right down).

특성상 5분의 정점조사법과 8분의 음성조사법 (8 species*1 min/species)을 오차 없이 수행할 수 있도록 음성 편집 프로그램인 골드웨이브(Goldwave v6.31)를 이용하여 하나의 파일로 제작하였다(Fig. 2). 이때 음성의 재생 순서는 Allen *et al.* (2004)의 연구결과를 참고하여 상대적으로 작은 소리를 우선적으로 배열하였다.

3. 현지 조사

2017년 3월부터 7월까지 오전(일출 30분 전~9시) 또는 오후(5시~일몰 30분 후) 시간대를 중심으로 지역 당 평균 3.4 회(range 2~7 times), 총 98회 현지조사를 실시하였다. 본 연구가 음성 파일 재생의 방식을 이용하므로 모든 현지조사는 지점 내부로 진입하지 않고, 가장자리에서 이루어졌다. 제작된 음성 파일은 스마트폰(Samsung GALAXY GRAND)과 스피커(Logitech X300 Mobile Wireless Stereo Speaker)를 블루투스(Bluetooth) 방식으로 연결하여 재생하였으며, 이때 스피커 전방 1m의 음량은 90 dB이 되도록 설정하였다(Conway *et al.*, 2004). 현지조사 시 해당 종을 직접 목격하거나 청음에 의해 확정된 탐지 결과를 비롯하여 기본적인 환경적 요소(위치, 시간대, 온도, 습도, 풍속)는 SNAMBMP에서 사용하는 기존 현지조사표 양식을 수정하여 기록하였다(Fig. 3). 이때 연구 대상종이 앞선 조사 구간에서 먼저 탐지되었을 경우 이후에 수행된 조사 구간에서의 탐지 기록은 하지 않는

것을 원칙으로 하였으며(Soehren *et al.*, 2009), 단, 이후 구간에서 이전과 다른 특정 행동(e.g. aggressive call, territory behavior)이 관찰된 경우에는 탐지한 것으로 기록하였다. 한편, 연구 대상종 외 다른 은둔형 습지 조류(e.g. 쇠물닭 (*Gallinula chloropus*), دم불해오라기 (*Ixobrychus sinensis*)) 출현에 대한 기록은 제외하였다.

4. 결과 분석

SNAMBMP는 크게 정점조사 구간과 음성조사 구간으로 구분되지만, 음성조사 구간은 다시 동종 음성조사 구간(conspecific)과 이종 음성조사 구간(heterospecific)으로 구분되므로 총 3가지 유형의 조사 구간으로 구성된다고 할 수 있다. 본 연구를 통해 탐지된 종들을 대상으로 가장 효과적인 조사 방법을 파악하고자 MacKenzie *et al.* (2002)이 고안한 PRESENCE v12.10 (available from <https://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html>) 프로그램을 이용하여 각각의 조사 구간별 출현/비출현(presence/absence) 결과를 변수로 한 모델($\psi(\cdot)p$ (passive), $\psi(\cdot)p$ (conspecific), $\psi(\cdot)p$ (heterospecific))과 대조구 모델($\psi(\cdot)p(\cdot)$)의 $\Delta AICc$ (delta Akaike's Information Criterion corrected)와 ω (Akaike's weights), $\hat{\phi}$ (occupancy rate)를 산출하였다. $\Delta AICc$ 와 ω 는 도출하고자 하는 결과를 가장 잘 반영하는 모델을 탐색하기 위한 평가 항목으로서(Sung *et al.*, 2006), 본 연구에서는

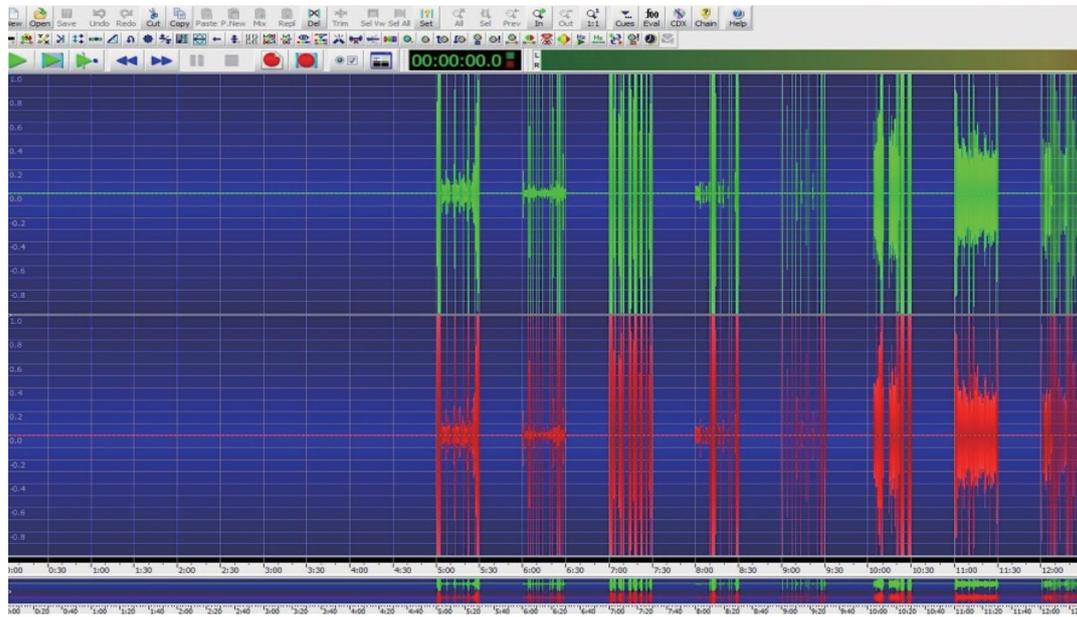


Fig. 2. A sound file for survey of the inconspicuous marsh birds created using Goldwave v6.31 program. The front part without wavelengths is a five-minute point survey and the back part with wavelengths is a vocal survey of eight species, Baillon’s Crake (*Porzana pusilla*), Brown-cheeked Rail (*Rallus indicus*), Band-bellied Crake (*Porzana paykullii*), Ruddy-breasted Crake (*Porzana fusca*), Watercock (*Gallicrex cinerea*), Greater Painted-snipe (*Rostratula benghalensis*), Von Schrenck’s Bittern (*Ixobrychus eurhythmus*) and White-breasted Waterhen (*Amaurornis phoenicurus*). For each species, the English and scientific names are based on Gill and Donsker (2019).

은둔형 습지 조류 현지조사표(안)

위치 (GPS or 지점번호) : 28, 3
날짜 : 2017.5.2

개체를 직접 목격하였거나 청음을 하였을 경우 ○를 기입함.

No (지점번호)	시각시간	연도 (C)	순도(%)	풍속(m/s)	날씨	일출시간	일몰시간	종명	조사결과							특이사항		
									정점조사 (5분)	직음부기	흰눈썹부기	흰부기	직음부기사용	뽀부기	호사도요		흰눈썹오리기	흰눈썹부기
28	6:25	9.5	70	1.8	맑음	5:40	19:21	흰눈썹뽀부기	-	-	○	-	○	-	-	-	-	모름 가까이 2개체 확인 소리에 대한 반응도 활발함 번식 가능성 있으므로 지속적으로 monitoring
3	18:47	12	39	0.2	맑음	5:40	19:21	호사도요	-	-	-	-	-	-	○	-	-	동종 song이 시작되자마자 암컷 성조 1 개체가 정지비행을 하며 격한 반응을 보 임, 이후 song을 하기 시작하며 조사 종 료시까지 지속되었음.

Fig. 3. Example of a completed datasheet for inconspicuous marsh birds as part of this study modified from Conway 2011.

$\Delta AICc$ 가 2.00 미만이고, ω 가 가장 높은 모델을 최적의 모델로 판정하였다(Burnham and Anderson, 2002). 또한, $\hat{\phi}$ 는 전체 연구 지역 중 실제로 연구 대상종이 최소 1회 이상 탐지된 지역의 비율인 naive occupancy rate와의 비교를 통해 SNAMBMP를 적용할 경우 해당 종을 탐지할 가능성을 추정하였다(MacKenzie *et al.*, 2002).

결 과

1. 연구 대상종 탐지 현황

본 연구를 통해 탐지된 연구 대상종은 흰눈썹뽀부기와 뽀부기사촌, 뽀부기, 호사도요 총 4종이었다. 흰눈썹뽀부기는



Fig. 4. Species detected by SNAMBMP, Brown-cheeked Rail (*Rallus indicus*, left) in the hemi-marsh, Watercock (*Gallinula cinerea*, right) in the rice field.

전체 29개 지역 중 1개 지역에서 4월부터 5월 초까지 탐지되었으며(Fig. 4), 해당 지역은 부들(*Typha orientalis*)과 멸종 위기 야생생물 II 급에 해당하는 독미나리(*Cicuta virosa* L.)로 구성된 정수역 형태의 습지이다. 탐지된 흰눈썹뜸부기는 2개체로 정점조사 구간 및 동종과 이종(쇠뜸부기사촌)의 음성조사 구간 모두에서 탐지되었다. 특히, 고사한 부들 더미에서 song을 하거나 서로 쫓고 쫓기는 특이한 모습들이 확인되어 이 지역에서 추가적인 생활사가 이루어질 가능성이 있을 것으로 예상하였으나, 5월 중순 이후로는 관찰되지 않았다.

쇠뜸부기사촌은 전체 29개 지역 중 1개 지역에서 4월에 탐지되었으며, 해당 지역은 갈대(*Phragmites communis*)가 우점하고, 야교목 형태의 버드나무가 간헐적으로 출현하는 유수역 형태의 하천습지이다. 탐지된 쇠뜸부기사촌은 1개체로 정점조사 구간에서 탐지되었으며, 동종과 이종의 음성조사 구간에서 별다른 반응을 보이지 않았으며, 그 이후에도 탐지되지 않았다.

뜸부기는 전체 29개 지역 중 1개 지역에서 7월에 탐지되었으며, 해당 지역은 전형적인 논으로 구성되어 있다. 탐지된 뜸부기는 수컷 성조 1개체로 동종의 음성조사 구간에서 스피커 전방으로 날아오는 반응에 의해 탐지되었으나(Fig. 4), 정점조사 구간과 이종의 음성조사 구간에서는 반응하지 않았다. 개체 확인은 한 달간 지속되었으며, 전년에도 이 지역 농민에 의해 발견되었다는 청문 결과를 종합할 때 금회 탐지된 뜸부기는 번식하였을 가능성이 높다.

호사도요는 전체 29개 지역 중 1개 지역에서 5월에 탐지되었으며, 해당 지역은 갈대가 우점하는 유수역 하천으로 수심은 10 cm 내외로 얇게 유지되고 있었다. 탐지된 호사도요는 암컷 성조 1개체로 동종의 음성조사 구간에서 스피커 전

방으로 날아와 정지비행(hovering)하며, song을 하는 등 격렬한 반응을 보였으나, 정점조사 구간과 이종의 음성조사 구간에서는 탐지되지 않았다. 호사도요와 마찬가지로 그 이후 역시 탐지되지 않았다.

2. 중별 결과 분석

흰눈썹뜸부기와 쇠뜸부기사촌, 뜸부기, 호사도요는 각각 다른 지역에서 탐지되었으나, 모두 전체 연구 지역 중 1개 지역에서만 출현하였으므로 naïve occupancy rate는 0.035로 동일하다. 모든 모델을 대상으로 $\Delta AICc$ 와 ω 를 산출한 결과, 흰눈썹뜸부기와 뜸부기의 경우 $\Delta AICc$ 가 2.00 미만이고, ω 가 가장 높은 수치(흰눈썹뜸부기=0.6831; 뜸부기=0.8393)의 모델(ψ (.).p (consppecific))인 동종 음성조사가 다른 방법에 비해 효과적인 것으로 나타났다. 또한, 모든 모델의 ϕ 이 0.035로 naïve occupancy rate와 차이가 없으므로 미루어볼 때 흰눈썹뜸부기와 뜸부기가 서식하는 장소에서 SNAMBMP를 실시할 경우 탐지할 가능성이 상당히 높다고 할 수 있다(Table 1).

이와 달리 쇠뜸부기사촌과 호사도요의 경우 $\Delta AICc$ 에 의한 경향성은 파악할 수 있으나, 모든 모델의 $\Delta AICc$ 가 2.00 미만이며, ω 의 차이가 크지 않기 때문에 이들을 탐지하는데 효과적인 방법이 무엇인지 확정할 수 없었다. 무엇보다도 모든 모델의 ϕ 이 1.000이라는 것은 SNAMBMP를 시행한 장소에서 쇠뜸부기사촌과 호사도요를 탐지하지 못한 경우 이들이 탐지가 거의 되지 않는 종인지 서식하지 않는 것인지에 대한 구분이 불가능함을 의미한다(Table 1).

Table 1. Model selection statistics for three survey method models and one without model fit to four species data.

Model by species	Δ AICc	ω	$\hat{\phi}$
Brown-cheeked Rail (<i>Rallus indicus</i>, 0.035*)			
$\psi(\cdot)$ p(conspecific)	0.00	0.6831	0.035
$\psi(\cdot)$ p(passive)	2.80	0.1684	0.035
$\psi(\cdot)$ p(\cdot)	3.81	0.1017	0.035
$\psi(\cdot)$ p(heterospecific)	5.36	0.0468	0.035
Ruddy-breasted Crake (<i>Porzana fusca</i>, 0.035*)			
$\psi(\cdot)$ p(passive)	0.00	0.3445	1.000
$\psi(\cdot)$ p(\cdot)	0.20	0.3117	1.000
$\psi(\cdot)$ p(conspecific)	1.39	0.1719	1.000
$\psi(\cdot)$ p(heterospecific)	1.39	0.1719	1.000
Watercock (<i>Gallinula cinerea</i>, 0.035*)			
$\psi(\cdot)$ p(conspecific)	0.00	0.8393	0.035
$\psi(\cdot)$ p(passive)	5.48	0.0542	0.036
$\psi(\cdot)$ p(heterospecific)	5.48	0.0542	0.036
$\psi(\cdot)$ p(\cdot)	5.55	0.0523	0.036
Greater Painted-snipe (<i>Rostratula benghalensis</i>, 0.035*)			
$\psi(\cdot)$ p(conspecific)	0.00	0.3445	1.000
$\psi(\cdot)$ p(\cdot)	0.20	0.3117	1.000
$\psi(\cdot)$ p(passive)	1.39	0.1719	1.000
$\psi(\cdot)$ p(heterospecific)	1.39	0.1719	1.000

Δ AICc is the difference in AICc relative to the model with the lowest AICc, ω is the Akaike weight that models are ranked, higher weights indicate more powerful models, $\hat{\phi}$ is the estimated proportion of sites occupied, *is the naïve occupancy rate.

고찰

본 연구를 통해 탐지된 모든 종들의 점유율이 0.035에 불과하여 상당히 희귀함을 재차 확인하였다. 이 중 흰눈썹뚝부기와 뜰부기에게서 동종 음성조사가 효과적인 조사 방법임을 확인할 수 있었다. Conway and Nadeau (2010)에 따르면 북미 지역 은둔형 습지 조류 13종을 대상으로 SNAMBMP를 적용한 결과, 모든 종들이 정점조사 구간 또는 이종 음성조사 구간에 비해 동종 음성조사 구간에서 보다 많은 개체가 탐지되었다. 따라서 은둔형 습지 조류에 대한 정보가 부족한 국내에서 음성조사법을 수행할 경우 최대한 다양한 종의 음성을 재생 목록에 포함시키는 것이 적절할 것으로 판단된다.

한편, 쇠뚝부기사촌과 호사도요는 탐지 결과가 너무 적어 유의한 결론에 도달할 수 없었다. Virginia Rail과 Sora가 본격적인 번식기에 돌입하기 전에는 거의 탐지되지 않는다는 기록(Glahn, 1974)과 마찬가지로 이 지역을 통과하던 개체로 판단된다. 이처럼 같은 은둔형 습지 조류 목록에 포함된다 하더라도 종마다 최적의 탐지 시기에는 차이가 있다. Rehm and Baldassarre (2007)의 경우 4월부터 7월까지의 조사 기간 중 American Bittern과 Pied-billed Grebes (*Podilymbus podiceps*)는 초반에 탐지율이 높았던 반면, Virginia Rail과 Least Bittern은 후반에 탐지율이 높았던 것으로 기록되어 있

다. 본 연구에서도 흰눈썹뚝부기가 4월과 5월 초까지 탐지되었던 반면, 뜰부기는 7월에 탐지되어 시기의 차이가 있었다. 따라서 SNAMBMP 적용 시 대상종에 따라 기간을 유연하게 설정하되 반드시 2회 이상의 반복 조사를 수행하는 것이 필요하다(Gibbs and Melvin, 1993; Siegel *et al.*, 2001; MacKenzie *et al.*, 2002; Conway and Gibbs, 2005).

본 연구는 은둔형 습지 조류를 탐지하기 위한 국내의 첫 번째 시도로서 소수의 인원이 일부 지역에서만 수행한 점과 비록 국내와 인접한 국가에서 녹음된 음성을 사용하였다고는 하나 국내 조류 전문가들의 논의를 통한 표준화 과정을 거치지 않은 음성을 활용한 점은 개선할 필요가 있다. 국내에는 전국을 기반으로 한 생태계 조사 사업(전국자연환경조사, 전국내륙습지조사 등)이 수행되고 있지만, 은둔형 습지 조류를 대상으로 한 조사 지침이 따로 마련되어 있지 않다. 따라서 SNAMBMP 방식의 조사 세부 지침을 추가로 수록하여 습지가 분포하는 지역에서는 이 조사 방법을 의무적으로 수행하도록 한다면 국내에 서식하는 은둔형 습지 조류의 종 인벤토리 확보와 개체군 경향성 파악의 대안이 될 수 있을 것이다. 무엇보다도 SNAMBMP 방식 적용 시 활용할 음성을 표준화 하기 위해서는 국내에서 녹음된 다양한 음성 파일이 필요하지만, 턱없이 부족한 실정이다. 조류의 음성 파일 확보를 위해 널리 사용되는 음성녹음장치(song meter)는 수위 변

화가 발생하는 은둔형 습지 조류의 서식지 환경에서는 설치가 용이하지 않으며, 설사 음성녹음장치를 설치하였다더라도 소리를 거의 내지 않는 이들의 생태적 특성을 감안할 때 효과가 높지 않을 것으로 보인다. 본 연구를 통해 SNAMBMP 방식 적용 시 실제로 대상종들의 음성학적 반응을 확인하였으므로 조사 전 과정에 대해 무지향성 마이크(nondirectional microphone)를 이용한 녹음을 병행함으로써 음성 파일 확보에 대한 노력을 기울여야 할 것으로 판단된다.

적 요

은둔형 습지 조류는 습지 생태계를 구성하는 중요한 고차소비자임에도 불구하고, 눈에 잘 띄지 않는 습성과 신뢰도 있는 조사 방법의 부재로 인하여 국내에서는 서식 현황 및 개체군 경향성이 잘 알려져 있지 않다. 이에 본 연구는 조류 조사 시 가장 일반적으로 활용하는 수동적인 성격의 정점조사법과 탐지 효과를 증가시키는 것으로 알려진 음성조사법을 병행하는 방식의 은둔형 습지 조류를 대상으로 한 국외 프로토콜(Standardized North American Marsh Bird Monitoring Protocols; SNAMBMP)을 시범적으로 적용하였다. 그 결과, 흰눈썹뜸부기(*Rallus indicus*)와 쇠뜸부기사촌(*Porzana fusca*), 뜰부기(*Gallinula cinerea*), 호사도요(*Rostotula benghalensis*) 4종이 탐지되었지만, 점유율이 매우 낮은 상태로 상당히 희귀한 개체군으로 판단된다. 다만, 흰눈썹뜸부기와 뜰부기의 경우 동종의 음성을 이용한 조사 방법이 다른 방법에 비해 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다. 국내에 서식하는 은둔형 습지 조류의 종 인벤토리 확보 및 개체군 경향성 파악을 위해서는 생물다양성 확보를 목적으로 한 전국 단위의 생태계 조사 사업 지침에 SNAMBMP 방식의 조사 세부 지침을 추가 수록함과 더불어 조사 시 전 과정에 대한 녹음을 통해 음성 파일 확보를 제안한다.

저자기여도 연구계획: 성하철, 이상연, 현지조사: 이상연, 자료분석: 성하철, 이상연, 원고 초안작성: 이상연, 원고교정: 성하철, 원고편집: 성하철, 이상연

이해관계 본 논문은 저자들 간의 어떠한 이해충돌도 존재하지 않음을 알려드립니다.

연구비 본 연구는 전국자연환경조사 체계 개선을 위한 시범 연구의 일환으로 수행되었습니다.

REFERENCES

Adamus, P. 1998. Wetland bioassessment fact sheet: bird com-

munities as indicators. Draft report. United States Environmental Protection Agency Office of Standards, Washington D.C., USA.

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.

Burger, J. 1985. Habitat selection in temperate marsh-nesting birds, p. 253-282. *In*: Habitat selection in birds (Cody, M. ed.). Academic Press Inc, Florida, USA.

Burnham, K.P. and D.R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd ed. Springer, New York, USA.

Conway, C.J. 1995. Virginia Rail (*Rallus limicola*). *In*: The birds of North America. No. 173. (Poole, A., P. Stettenheim and F. Gill, eds.). The Academy of Natural Sciences, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

Conway, C.J. and J.P. Gibbs. 2001. Factors influencing detection probabilities and the benefits of call-broadcast surveys for monitoring marsh birds. United States Geological Survey, Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, Maryland, USA.

Conway, C.J. 2002. Standardized marsh bird monitoring protocols. United States Geological Survey, Biological Resources Division, Arizona Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Tuscon, Arizona, USA.

Conway, C.J., C. Sulzman and B.E. Raulston. 2004. Factors affecting detection probability of California Black Rails. *The Journal of Wildlife Management* **68**: 360-370.

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

Conway, C.J. 2009. Standardized North American Marsh Bird Monitoring Protocols. United States Geological Survey, Biological Resources Division, Arizona Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, Tuscon, Arizona, USA.

Conway, C.J. and C.P. Nadeau. 2010. Effects of broadcasting conspecific and heterospecific calls on detection of marsh birds in North America. *Wetlands* **30**: 358-368.

Conway, C.J. 2011. Standardized North American Marsh Bird Monitoring Protocol. *Waterbirds* **34**: 319-346.

Dahl, T.E. 1990. Wetland losses in the United States 1780s to 1980s. United States Fish and Wildlife Service, Department of the Interior, Washington D.C., USA.

Eddleman, W.R., F.L. Knopf, B. Meanley, F.A. Reid and R. Zembal. 1988. Conservation of North American rallids. *Wilson Bulletin* **100**: 458-475.

Fielding, A.H. and P.F. Haworth. 1995. Testing the generality of bird-habitat models. *Conservation Biology* **9**: 1466-1481.

Gibbs, J.P. and S.M. Melvin. 1993. Call-response surveys for monitoring breeding waterbirds. *Journal of Wildlife Management* **52**: 27-34.

- Gill, F. and D. Donsker. 2019. IOC World Bird List (v9.1). doi: 10.14344/IOC.ML.9.1.
- Glahn, J.F. 1974. Study of breeding rails with recorded calls in north-central Colorado. *The Wilson Bulletin* **86**: 206-214.
- Jeong, O.S. 2012. Bird survey guideline, p. 431-456. *In*: The fourth National Natural Environment Survey guideline (Hyun, J., H.R. Na, G. Park, J.W. Kim, H.T. Im, J.M. Hwang, Y.B. Cho, H.B. Song, S.C. Lee, O.S. Jeong and H.S. Oh. eds.). National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea.
- Jonhson, D.H. 1995. Point counts of birds: What are we estimating? p. 117-124. *In*: Monitoring bird populations by point counts (Ralph, C.J., J.R. Sauer and S. Droege. eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service General Technical Report PSW-GTR-149. Pacific South-West Research Station, Berkeley, California, USA.
- Kerlinger, P. and D.S. Wiedner. 1991. Vocal behavior and habitat use of Black Rails in south Jersey. *Records of New Jersey Birds* **16**: 58-62.
- Lee, S.Y. and H.C. Sung. 2018. Application of the specific survey method to detect marsh birds. p. 22. *In*: 2018 OSK General Meeting and Spring Conference Excerpt Collection (Bing, G.C., Y.M. Yoo and W.S. Choi. eds.). The Ornithological Society of Korea, Daejeon, Korea.
- Lewis, C. and D.G. Casagrande. 1997. Using avian communities to evaluate salt marsh restoration, p. 204-236. *In*: Restoration of an Urban Salt Marsh (Casagrande, D.G. ed.). Yale School of Forestry and Environmental Studies Bulletin Series 100, New Haven, Connecticut, USA.
- Lor, S. and R.A. Malecki. 2002. Call-response surveys to monitor marsh bird population trends. *Wildlife Society Bulletin* **30**: 1195-1201.
- Lynch, J. 1995. Effects of point-count duration, time-of-day, and aural stimuli on detectability of migratory and resident bird species in Quintana Roo, Mexico. p. 1-6. *In*: Monitoring bird populations by point counts (Ralph, C.J., J.R. Sauer and S. Droege. eds.). United States Department of Agriculture, Forest Service General Technical Report PSW-GTR-149. Pacific South-West Research Station, Berkeley, California, USA.
- MacKenzie, D.I., J.D. Nichols, G.B. Lachman, S. Droege, J.A. Royle and C.A. Langtimm. 2002. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology* **83**: 2248-2255.
- Newbold, S. and J.M. Eadie. 2004. Using species-habitat models to target conservation: a case study with breeding Mallards. *Ecological Applications* **14**: 1384-1393.
- Paine, C.R. 1999. Effectiveness of marsh bird monitoring methods, p. 41-42. *In*: Proceedings of the Marsh Bird Monitoring Workshop (Ribic, C.A., S.J. Lewis, S. Melvin, J. Bart and B. Peterjohn. eds.). United States Fish and Wildlife Service Office of Migratory Bird Management, Denver, Colorado, USA.
- Rehm, E.M. and G.A. Baldassarre. 2007. Temporal variation in detection of marsh birds during broadcast of conspecific calls. *Journal of Field Ornithology* **78**: 56-63.
- Royle, J.A. and J.D. Nichols. 2003. Estimating abundance from repeated presence-absence data or point counts. *Ecology* **84**: 777-790.
- Siegel, R.B., D.F. Desante and M.P. Nott. 2001. Using point counts to establish conservation priorities: how many visits are optimal? *Journal of Field Ornithology* **72**: 228-235.
- Soehren, E.C., J.W. Tucker and D.G. Crow. 2009. Effectiveness of call-broadcast surveys for breeding marsh birds along coastal Alabama. *Southeastern Naturalist* **8**: 277-293.
- Sung, H.C., S.K. Kim, S.W. Cheong, S.R. Park, D.C. Roh, K.W. Baek, J.H. Lee and D.S. Park. 2006. Estimating detection probabilities and site occupancy rates of three anuran species using call surveys in Haenam Gun, Korea. *Journal of Ecology and Field Biology* **29**: 331-335.
- Sutherland, W.J. 1995. Why census? p. 1-9. *In*: Ecological census techniques: a handbook (Sutherland, W.J. ed.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Tango, P.J., G.D. Therres, D.F. Brinker, M. O'Brien, E.A.T. Blom and H.L. Wierenga. 1997. Breeding distribution and relative abundance of marshbirds in Maryland: evaluation of a tape playback survey method. Final report. United States Fish and Wildlife Service, Maryland Department of Natural Resources, Annapolis, USA.
- Tiner Jr, R.W. 1984. Wetlands of the United States: Current status and recent trends. United States Fish and Wildlife Service, National Wetlands Inventory, Washington D.C., USA.
- Wetlands International. 2019. Waterbird Population Estimates. Retrieved from wpe.wetlands.org on Saturday 2 Feb 2019.