

2020년도 시민과학폴씨 1기  
최종 결과보고서

사람과 함께 살아가는 동물,  
제비의 전국 분포 및 번식지 특성 연구

2020.12.

[제비]

정다미(이화여자대학교 일반대학원 생태과학전공)



재단법인 숲과나눔

동아사이언스

## 사람과 함께 살아가는 동물, 제비의 전국 분포 및 번식지 특성 연구

[제비]

정다미(이화여자대학교 일반대학원 생태과학전공)

### 1. 서론

제비는 국제자연보전연맹(IUCN) 관심필요종이며, 2000년 11월 서울시가 지정하여 보호하고 있는 보호야생동물이자 환경지표종이다. 제비는 진흙과 지푸라기를 이용하여 인가에 둥지를 짓고, 주로 모내기 전후에 논이나 근처의 습지에서 둥지 재료를 얻으며, 논이나 습지, 하천에서 모기, 파리, 잠자리, 벼멸구, 비래 해충 등을 사냥하여 먹이를 조달한다. 제비가 서식하고 번식하는 환경이 농경지 인가이기 때문에 제비는 사람과 매우 밀접하게 연결되어 있다.

번식 장소는 조류들의 생존과 번식 성공도를 결정 짓는 중요한 요소이며, 이 외에도 인구의 증가와 서식지 감소 및 단절, 물, 습지와 먹이 이용 가능성, 둥지 포식과 파손, 소음 및 자동차의 교통량, 미기후도 번식 장소 선택에 영향을 준다 (Martin 1993; Drent 1975; Martin 1987; Robb et al 2008). 조류는 종에 따라서 번식 장소가 매우 다양한데, 제비, 집참새, 박새등의 새들은 둥지 포식을 줄이기 위해 사람 가까이에서 번식한다 (Moller 2010).

제비는 참새목에 속하는 철새다. 자연적인 번식지는 동굴, 산의 바위가 노출된 곳, 속이 빈 나무 (Moller 2010)이며, 여전히 중국의 하이난, 헤이룽장에는 자연적인 장소에서 번식한다 (Liang et al. 2013). 제비는 1800년대부터 인공 구조물에 번식하기 시작했고, 그 이후로 서식 범위와 개체군 크기가 증가했다 (Newton 1998). 현재는 사람이 사는 장소에 번식하는데 (Moller 2010), 헛간, 다리, 현관, 지하 배수로, 별채, 옥외 화장실, 주택과 같은 인공 구조물 벽에 (Moller 2002) 오픈된 컵 모양의 둥지를 만든다 (Fujita 1993).

이 연구는 시민과학의 접근 방법으로 데이터를 수집하여 연구하였다. 시민과학은 오랜 과학적 연구 방법이며, 시민과학자들이 과학자에게 유용하고 넓은 지리적 데이터를 제공한다 (Kobori et al 2016; Theobald et al 2015; Haklay 2013). 또한 최근 많은 연구에서 온라인 플랫폼을 활용하여 동물의 데이터를 수집하고 있는데, 국내에는 네이처링, 숨은 제비 찾기, 어린이과학동아 지구사랑탐사대가 있고, 국외에는 eBird, iSpot, iNaturalist 등이 있다.

조류는 환경의 질을 확인할 수 있는 지표종이며, 제비는 세계적으로 넓은 범위에 분포하고, 쉽게 동정이 가능하기 때문에 시민과학자들이 관찰하고 데이터를 수집하기에 좋다. 현재 한국, 홍콩, 유럽, 대만에서 시민과학 프로그램을 이용하여 제비를 조사하고 연구하고 있다.

하지만 최근 비료와 살충제 사용으로 인한 먹이의 감소, 기후 변화, 포식, 서식지 감소 등의 이유로 제비의 개체수가 감소하고 있다 (Moller 2019; COSEWIC 2011). 캐나다는 1980년을 기준으로 제비의 개체수가 77%나 감소하였고 (Environment Canada 2014), 북미에서도 비슷한 개체군 감소를 보인다 (Nebel et al 2010). 우리나라도 전국 어디에 가도 제비가 서식하지만 과거보다 제비를 관찰하는 일은 쉽지 않다. 많은 건물과 도로들이 생겨난게 그 이유일 것이다. 논과 습지가 많았던 옛날은 제비 개체수가 많았을 것이라고 추측된다.

국내에서 진행된 제비 연구로는 번식 행동 생태, 도래 현황, 생태계 변화에 따른 제비 개체수 동태성 분석, 먹이자원 연구 등이 있지만, 지금까지 전국 단위에서 제비가 어디에 분포하는지, 제비

가 번식하기에 적합한 장소를 모델링 한 연구는 없었다. 따라서, 본 연구는 국내에서 처음으로 전국적인 범위에서 시민참여과학 접근 방법을 통해 제비 번식 분포와 번식지와 비번식지 특성을 비교 연구하였으며, 국내외 최초로 제비가 번식하기에 적합한 장소를 모델링하였다.

## 2. 본론

### 1) 연구 방법

#### (1) 데이터 수집 방법

줌(ZOOM)을 이용한 화상 미팅 및 3번의 추가 교육을 통해 시민과학자들에게 데이터 수집 방법, 제비의 행동 및 생태적 특징에 대해 교육하였으며, 시민과학자들은 제비가 도래하는 4월부터 10월에 전국에서 제비가 번식하는 곳/번식하지 않는 곳을 직접 방문하여 탐사하였다.

시민과학자들이 수집한 데이터의 종류는 GPS 좌표, 번식/비번식 등지의 여부, 주변 환경, 등지의 위치, 등지가 있는 건물의 종류, 등지가 부착된 곳의 재질, 집주인의 제비 환영 정도를 포함한 11가지 항목이다. 데이터는 동아사이언스의 어린이과학동아 앱(지구사랑탐사대)을 통해서 수집하였고, 지구사랑탐사대 제비 탐사 및 데이터 수집 내용은 정다미 연구원이 5년 전부터 구축하여 만들었다.

#### (2) 데이터 분석 방법

데이터 분석을 위해 R studio (Version 4.0.3), 종 분포 모델링 프로그램인 Maxent (Version 3.4.1), 지리 정보 체계 프로그램인 QGIS (Version 3.16.0)을 사용하였다. 데이터는 어린이과학동아 연구자 페이지에서 Excel 파일 형식으로 다운 받았으며, 수집된 데이터는 연구자가 통계 프로그램으로 분석할 수 있는 문서의 형식으로 변환 시켜 사용하였다.

제비의 전국 분포에서 데이터의 편향(bias)을 제거하기 위해 R studio의 spThin package (Aiello Lammens et al 2015)를 사용하였으며, 제비가 번식한 지점을 기준으로 1km<sup>2</sup> 내에 포함된 번식 지점을 모두 제외시켜 편향(bias)을 제거하였다. 제비 전국 분포 지도를 추출하기 위해 QGIS (Version 3.16.0)를 사용하였고, 지도에는 편향이 제거된 번식 지점의 데이터만 표시하였다.

제비 번식/비번식 등지의 특징은 R studio (Version 4.0.3)의 lm4 package (Bates et al 2007), family= binomial를 사용하여 번식지와 비번식지의 등지가 있는 건물의 종류, 등지 위치, 등지 부착 재질, 주변 환경, 집주인 환영 정도를 비교 분석하였다.

제비의 번식 장소 예측 모델링을 위한 생물 기후 변수는 WorldClim에서 제공하는 19개의 기후 변수들 중에서 제비 번식지와 상관관계가 있는 기후 변수를 사용하였다. 상관관계는 R studio의 ntbx package (Osorio et al 2018)로 분석하였고, ENMeval package (Muscarella et al 2014)를 사용하여, 추출된 환경 변수와 제비 번식지 좌표로 이상적인 분포 모델을 얻기 위해 10번 중복하여 분석하였다. 그리고 rJava package (Urbanek et al 2020)를 사용하여 Java(프로그래밍 언어)를 불러들였으며, dplyr package (Wickham, et al 2015)는 데이터의 전처리를 위해 사용하였다. rgdal package (Bivand et al 2015)는 CRAN의 패키지 sp에 의존하며, sp 클래스에서 사용 가능한 경우 공간 참조로 지원되는 raster를 읽기 위해 사용하였으며, leaflet package (Karambelkar et al 2017)은 웹 지도를 만들기 위해 자바스크립트 라이브러리 리플릿과의 인터페이스를 사용하였고, Venables와 Ripley, "Modern Applied Statistics with S"를 지원하는 기능 및 데이터 셋인 MASS package (Ripley et al 2013)도 사용하였다.

Maxent (Version 3.4.1) 프로그램 내의 Basic 카테고리에서 Random seed, Give visual warnings, show tooltips, Ask before overwriting, Remove duplicate presence records, Write clamp grid when profection, Do ME S S analysis when profectiong 체크 박스에 체크하였고, 제비가 번식한 지점의 좌표와 Maxent 알고리즘이 랜덤 샘플링한 10,000개의 좌표를 입력하였다.

Advanced 카테고리에서는 Add samples to background, Write plot data, Extrapolate, Do clamping, Write output grids, Write plots, Cache ascii files 체크 박스에 체크 하였으며, Experimental 카테고리에서는 Logscale raw/cumulative pictures와 Write background predictions 항목에 체크하여, 제비가 번식하기에 적합한 서식지를 평가하고 서식 적합 장소를 예측하여 모델링하였다.

2) 결과

(1) 전국의 제비 번식지 분포

제비의 도래 시기에 맞춰 2020년 4월 10일~10월 17일까지 수집된 데이터는 총 515개였다. 이 중에서 GPS 좌표가 없는 4곳을 제외하여 511개의 데이터를 사용할 수 있었고, 511개에서 편향(bias)을 제거한 결과, 제비가 번식한 곳의 데이터는 161개(그림 1), 번식하지 않은 곳은 70개로 총 230개로 45%의 데이터 사용률을 나타냈다.

제비는 전국에 걸쳐서 번식했으며, 특히 수도권과 강원도, 제주도, 울릉도에 밀집하여 분포했으며, 경상도와 전라도는 밀집되어 분포하지 않았다 (그림 1).

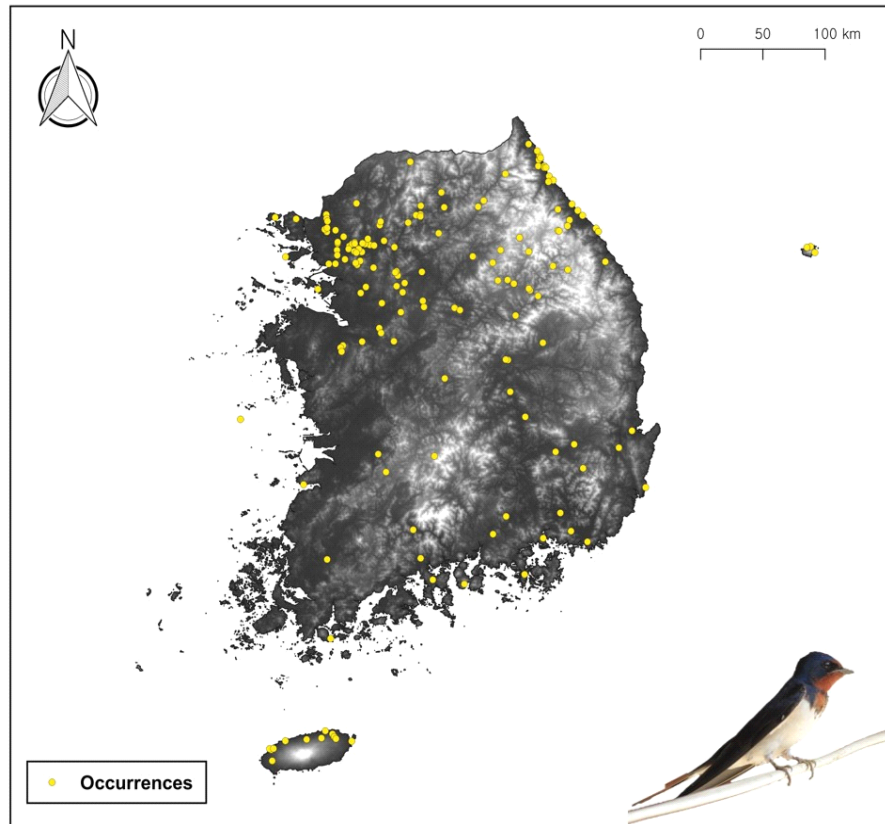


그림 4. 제비가 번식한 장소를 표시한 그림(n=161).

(2) 제비 번식/비번식 등지의 특성

제비가 번식한 등지와 번식하지 않은 등지의 특징을 일반화선형모형(Generalized Linear Models) 분석으로 비교한 결과 건물의 종류 (p-value < 0.01), 등지 부착 재질 (p-value < 0.05), 주변 환경 (p-value < 0.05)이 유의미한 차이를 나타냈으며, 집주인의 환영 정도와 등지 위치는 유의미한 차이가 없었다.

제비의 번식 등지가 관찰되었던 건물의 종류는 상가 43%, 사람이 사는 집 37%, 창고 5%, 기타 14%로 나타났으며, 번식하지 않은 빈 등지가 관찰되었던 건물의 종류는 상가 17%, 사람이 사는

집 39%, 창고 6%, 기타 37%로 나타났다 (그림 2). 번식한 등지의 위치는 기타 39%, 창문 위 31%, 대문 15%, 주차장 벽 14%였으며, 번식하지 않은 등지의 위치는 기타 62%, 창문 위 14%, 대문 13%, 주차장 벽 10%였다 (그림 3). 또한, 번식 등지가 부착된 곳의 재질은 콘크리트 57%, 기타 25%, 나무 13%, 전등 4%였으며, 번식하지 않은 등지가 부착된 곳의 재질은 기타 46%, 콘크리트 39%, 전등 30%, 나무 12%였다 (그림 4). 번식 등지가 있는 곳의 주변 환경은 상가 42%, 사람이 사는 집 30%, 농경지 16%, 기타 11%였으며, 번식하지 않은 등지가 있는 곳의 주변 환경은 사람이 사는 집 37%, 기타 29%, 상가 17%, 농경지 16%였다 (그림 5). 제비의 환영 정도는 번식지에서 52%가 시민과학자들이 집주인을 만나지 못해 해당 질문에 대한 답을 듣지 못했으며, 43%는 제비를 환영한다고 하였고, 4%는 제비를 환영하지 않는다고 답변하였다. 번식하지 않은 등지에서는 시민과학자들이 70%가 집주인을 만나지 못해 해당 질문에 대한 답을 듣지 못했으며, 23%는 제비를 환영한다고 답변하였고, 6%는 환영하지 않는다고 답변하였다 (그림 6).

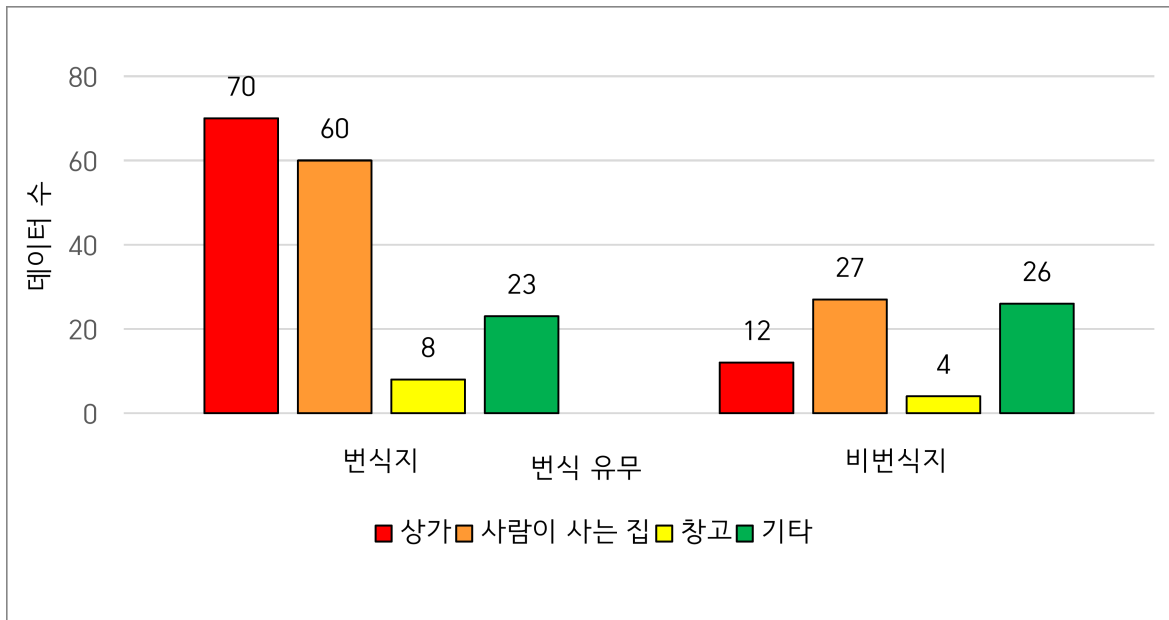


그림 2. 번식/비번식 등지가 있는 건물의 종류

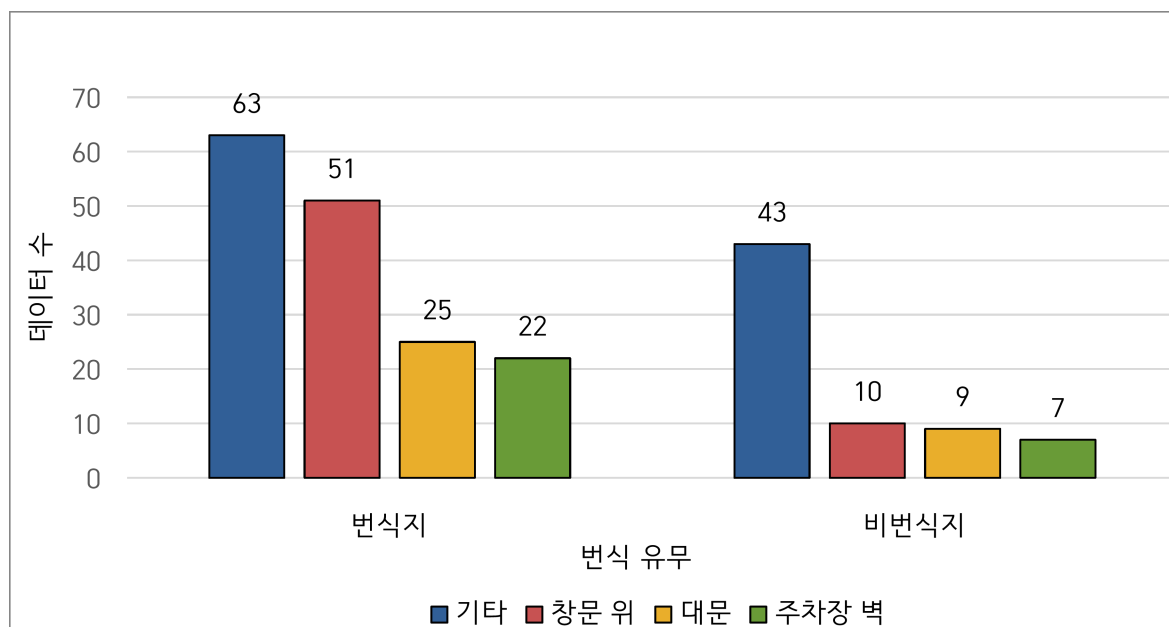


그림 3. 번식/비번식 등지의 위치

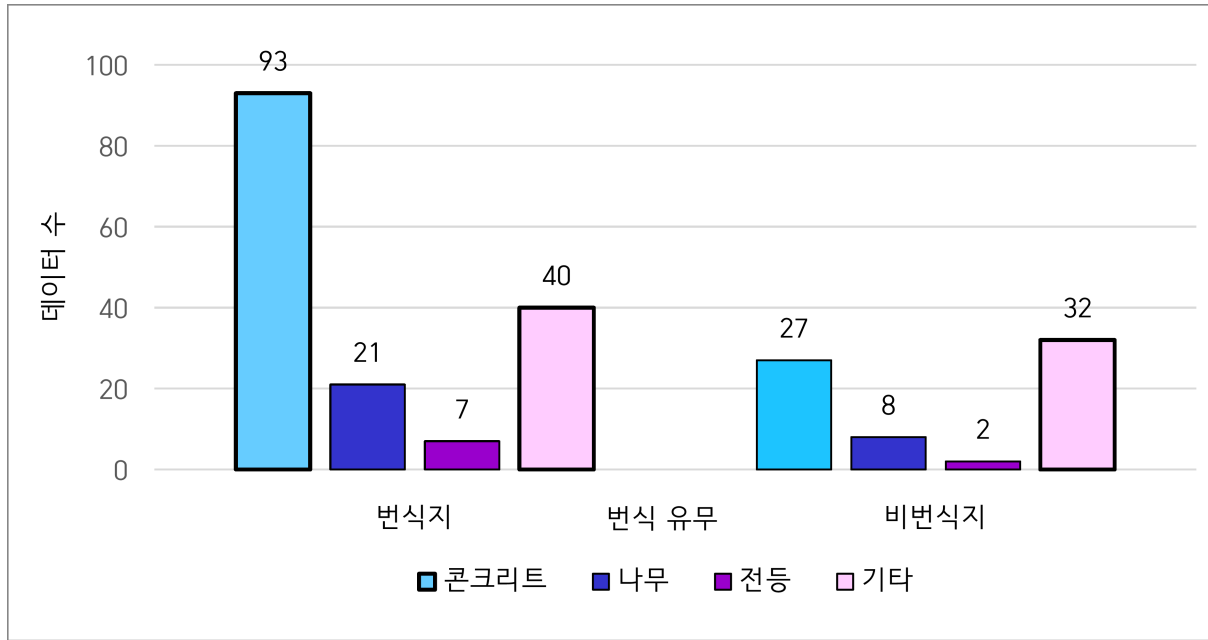


그림 4. 번식/비번식 등지의 부착 재질

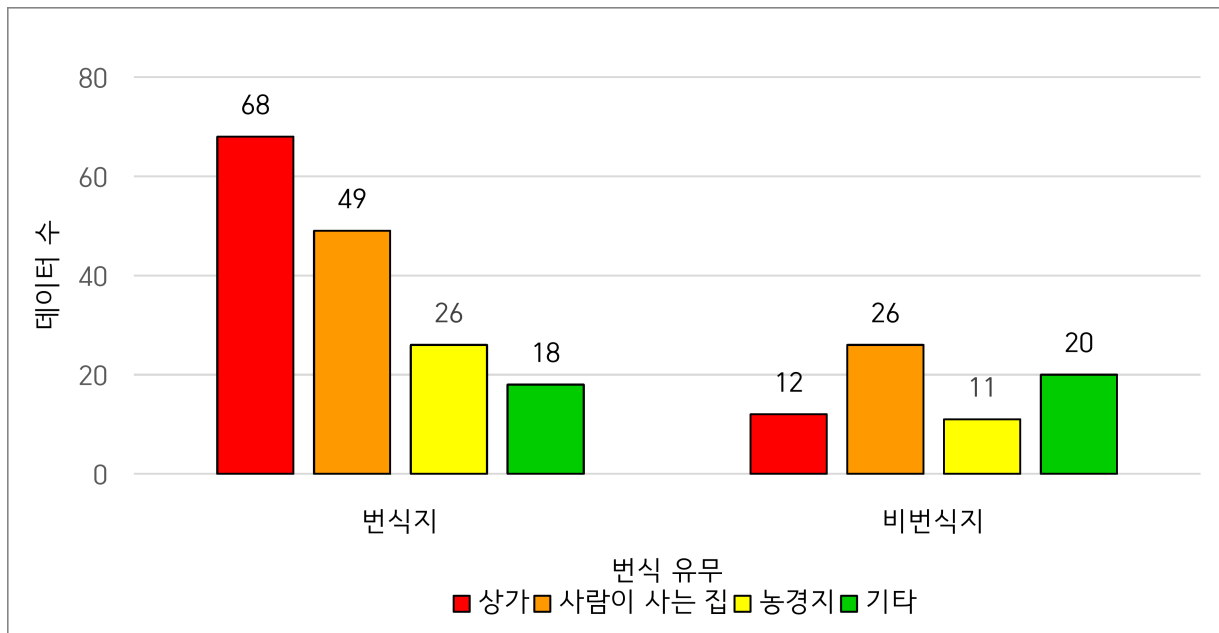


그림 8. 번식/비번식 등지의 주변 환경

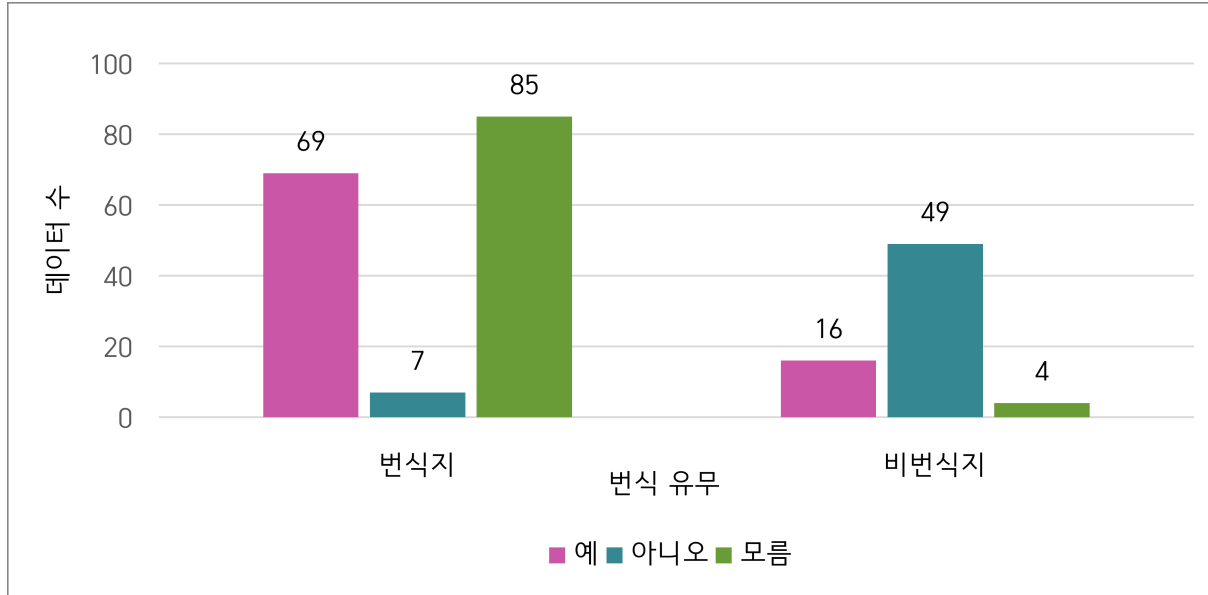


그림 9. 번식/비번식 동지의 집주인 환영 정도

(3) 제비 번식 적합 장소 예측 모델링(생물 기후 변수 기준)

제비 번식지와 상관관계가 있는 생물 기후 변수들은 연간 평균 온도, 월간 평균 온도(최대 온도-최저 온도), 가장 따뜻한 달의 최대 온도, 연간 강수량, 습한 달의 강수량이었다.

잭나이프 분석 결과 월간 평균 온도(bio2)가 제비 분포에 가장 높은 영향력을 지닌 변수임을 알 수 있었고, 그 외에 건조한 달의 강수량(bio14), 연간 평균 온도(bio1), 습한 달의 강수량(bio13), 연간 강수량(bio12), 가장 따뜻한 달의 최대 온도(bio5) 순서로 제비 분포에 영향을 주었다 (그림 7).

Maxent로 제비가 번식하기에 적합한 장소를 생물 기후 변수를 기준으로 모델링한 결과, 예측력이 AUC 0.796으로 비교적 높은 값이며, 제비가 번식하기에 적합한 장소는 수도권과 강원도, 제주도, 울릉도가 80% 이상으로 예측되었으며, 강원도의 백두대간과 경상도, 전라도는 제비가 번식하

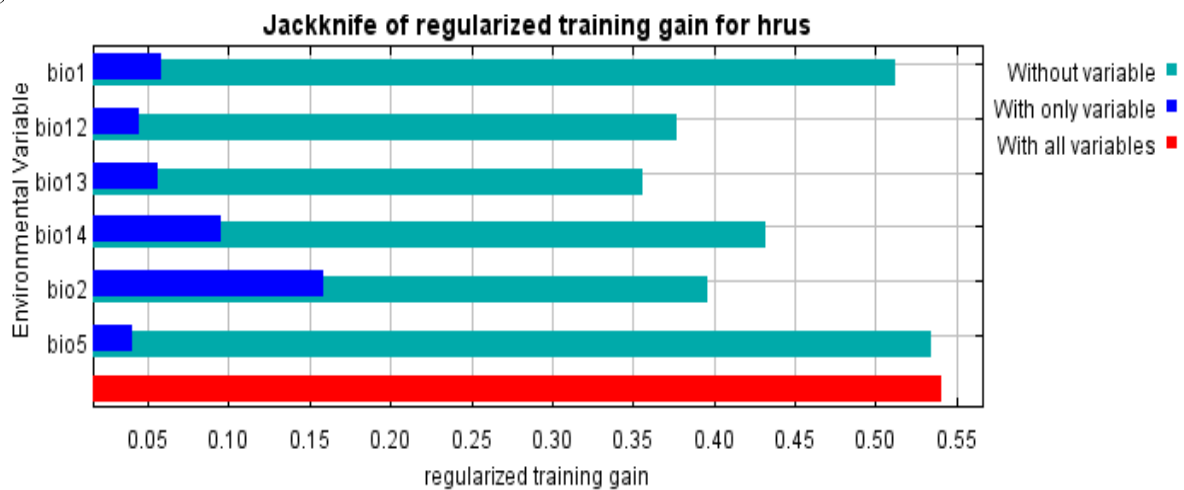


그림 7. 제비가 번식하기에 적합한 장소와 기후 변수와의 상관관계를 나타낸 잭나이프 분석 결과.

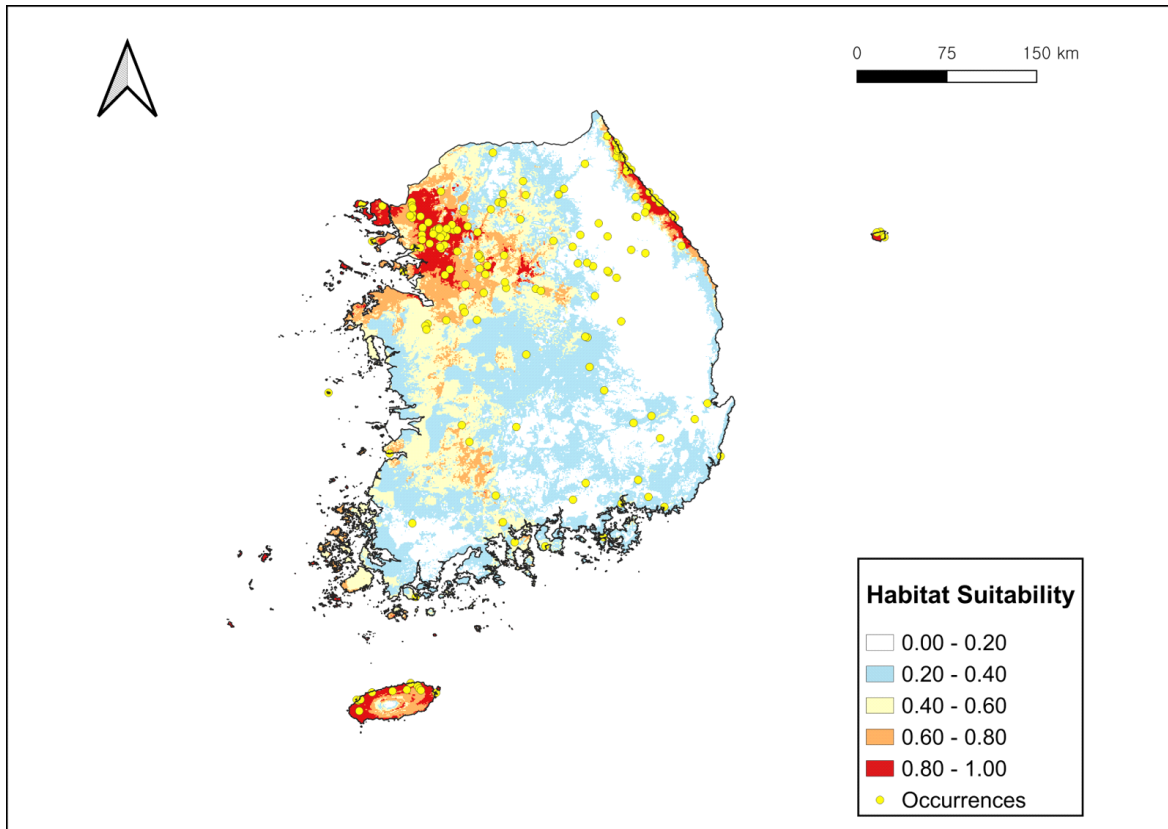


그림 8. 제비가 번식하기에 적합한 장소를 예측한 Maxent 모델링 결과.

### 3. 결론

이 연구는 국내에서 처음으로 시민과학 접근 방법을 통해 전국에 번식하는 제비 개체군의 분포를 알아보았으며, 제비의 번식지/비번식지 특징을 비교 분석하고, 국내외 최초로 제비가 번식하기에 적합한 장소를 모델링하였다.

#### 전국의 제비 번식지 분포

시민과학자들이 한해 동안 수집한 데이터는 총 515개였으며, 그 중에서 데이터의 편향(bias)과 GPS 좌표가 기록되지 않은 장소를 제외한 결과, 제비가 번식한 곳은 161개, 번식하지 않은 곳은 70개로 총 230개, 처음 수집된 데이터에서 45%를 연구에 사용할 수 있었다.

제비가 많이 번식한 지역은 수도권과 강원도, 제주도, 울릉도였다. 데이터의 편향(bias)을 제거하여도 해당 장소에서 제비의 분포가 두드러졌는데, 이는 실제로 이곳에 제비가 많이 분포하였거나, 시민과학자들이 해당 장소에서 샘플링을 많이 한 결과로 해석된다. 그러나 1km<sup>2</sup> 내의 제비 번식 좌표의 편향은 모두 제거하였지만, 지역별의 번식 좌표의 편향은 제거할 수 없었다. 따라서 추후 연구에서는 지역적인 데이터의 편향도 제거해야 할 것이다.

또한, 해당 연구에서는 경상도와 전라도에서 제비의 분포가 낮게 나타났다. 이는 제비가 분포하지 않은 것이 아니라, 해당 장소에서 데이터 수집이 되지 않은 이유로 추정된다. 추후에 해당 지역의 데이터를 추가하고, 지역별로 번식 분포를 통계 분석할 예정이다.

#### 제비 번식/비번식 등지의 특성



제비가 번식한 등지와 번식하지 않은 등지의 특징 11가지 중에서 5가지를 비교 분석한 결과, 건물의 종류와 등지 부착 재질, 등지 주변 환경이 유의미하게 다르게 나타났으며, 집주인의 환영 정도와 등지 위치는 유의미한 차이가 나타나지 않았다.

건물의 종류와 등지 부착 재질 결과를 통해서 시민과학자들이 데이터를 수집한 장소는 도심지로 추정된다. 그러나 이는 실제로 제비가 도심 환경에 적응하여 살아가고 있는 것인지, 시민과학자들이 도심지에서 데이터를 수집한 것인지 알 수 없다.

그리고 시민과학자들이 수집한 데이터를 이용하여 번식지와 비번식지의 주변 환경을 비교하는 것은 무리가 있다고 판단되었으며, 이 부분은 GIS 프로그램을 통해서 분석 해야 될 것으로 보인다. 하지만 이 연구를 통해서 제비가 번식해서 살아가고 있는 환경이 사람이 사는 장소와 일치한다는 것은 확인 할 수 있었다.

등지 위치의 결과는 예상과는 달랐다. 번식 등지의 경우, 제비가 등지 포식을 감소 하기 위해서 사람의 이동이 빈번한 대문, 주차장 벽을 선택 할 것으로 예상하였으나, 번식지와 비번식지 모두 기타, 창문 위, 대문, 주차장 벽의 순서로 들의 차이는 없었다. 이 연구를 통해서 제비가 번식 장소를 선택할 때 사람의 이동 빈도 외에도 다른 요인이 작용한 것으로 추정된다. 다른 요인으로는 물, 쉼터와 먹이 이용 가능성, 등지 파손, 소음 및 자동차의 교통량, 미기후 (Martin 1993; Drent 1975; Martin 1987; Robb et al 2008) 등이 해당 될 것이다.

집주인의 환영 정도는 집주인이 제비가 등지를 짓도록 허용 하는지(제비를 환영), 허용 하지 않는지(제비를 환영 하지 않음)에 따라서 차이가 있을거라고 예측하였다. 즉, 번식지에서는 제비가 번식하였기 때문에 제비를 환영하고, 비번식지에서는 제비가 번식하지 않았기 때문에 제비를 환영하지 않을 거라고 예상하였으나 통계적으로 유의미한 차이는 없었다. 이는 제비의 환영 여부와 관계 없이 제비가 번식하는 것을 그대로 두었거나(한국에서 제비는 행운의 상징으로 여겨짐), 제비가 번식을 해도 안해도 아무런 신경을 쓰지 않았던 것으로 추정된다. 특히, 이 연구에서는 시민과학자들이 집주인을 만나지 못하여 제비를 환영하는지, 환영하지 않는지 인터뷰 하지 못한 경우가 절반 이상을 차지했다 (번식지: 52%, 비번식지: 70%). 이 결과로 볼 때 코로나 바이러스로 인해 집주인이 시민과학자들의 인터뷰를 거절하였거나, 시민과학자가 적극적인 인터뷰를 시도하지 않았거나, 집주인이 집에 머물고 있지 않았기 때문에 인터뷰를 하지 못한 것으로 추정된다.

시민과학자들이 제비에 대한 데이터를 수집하는 플랫폼(애플리케이션)의 11가지 항목들 중에서 4가지 항목(건물 종류, 등지 위치, 등지 부착 재질, 주변 환경)에 '기타'를 표시하는 체크 박스가 있었다. 단순히 '기타'에 표시할 수 있게 되어 있을 뿐 어떤 항목들이 기타에 포함되어있는지 알 수 없었다. 따라서 애플리케이션을 담당하고 있는 동아사이언스에 '기타' 체크 박스 항목을 표시한 후, 정확히 어떤 내용인지 서술할 수 있도록 수정 및 보완 요청을 할 예정이다.

#### 제비 번식 적합 장소 예측 모델링(생물 기후 변수 기준)

제비의 번식지로 적합한 장소를 모델링한 결과, 수도권, 강원도, 제주도, 울릉도가 80% 이상으로 적합한 장소로 예측되었다. 반면, 강원도 백두대간 일대는 제비 번식지로 적절하지 않다고 예측되었는데, 이는 실제로 제비가 고산지대에 번식하지 않는다는 것을 나타낸다.

번식지 좌표와 Maxent 랜덤 포인트 10,000개를 적용시켰는데도, 경상도와 전라도는 제비가 번식하기에 20% 미만의 적합하지 않은 장소로 예측되었다. 이는 해당 지역이 제비가 번식하기에 적합하지 않은게 아니라 시민과학자들이 수집한 제비 번식지 좌표와 랜덤 포인트를 적용한 이유로 추정된다. 추후 연구에서는 좀더 이상적인 모델을 얻기 위해 Maxent의 랜덤 포인트를 사용하지 말고 참새목 또는 제비과에 속하는 새들의 위치 좌표를 적용시켜 모델링을 해야 할 것이다.

해당 모델링은 생물 기후 변수를 기반으로 제비의 번식지로 적합한 장소를 예측하였다. 추후 연구에서는 문헌 조사를 통하여 제비의 번식과 상관관계 있는 기후 변수와 토지피복도, 건물의 형태

등의 변수들을 더 추가하고, 경상도와 전라도 지역의 번식 좌표 데이터도 추가하여 모델링 할 계획이다.

### 보존에 대한 관점

이 연구는 제비가 전국에 걸쳐 분포하며 특히 제주도, 강원도, 울릉도, 수도권 일대에서 사람이 사는 장소에 밀집하여 번식한다는 것을 보여주었다. 이 결과는 보존의 관점에서 유용할 수 있는데, 제비가 사람들이 사는 곳에서 번식하고 있기 때문에 사람들이 제비의 보존을 위해 역할을 할 수 있다는 것을 의미한다.

대중들에게 제비의 생태적 이점을 이해시키며, 제비의 둥지 훼손 방지 및 고양이의 포식률을 줄이도록 교육하고, 제비의 배설물로 인한 불편을 감소시키기 위해 인공 둥지 및 배설물 받침대를 설치하도록 유도하기 위한 사회적인 소통이 필요하다.

### 고양이의 포식 방지

고양이, *Felis catus*의 전 세계 개체수는 6억 마리로 추산되며, 여전히 증가하고 있다 (The Wildlife Society 2011). 고양이는 매년 14억에서 37억 마리의 새와 69억에서 207억 마리의 포유동물을 죽이는 미국 야생동물들의 주요 포식자다 (Loss et al. 2013; (Krauze-Gryz 2018). 참새목에 속하는 개체군들은 특히 고양이와 설치류에 의한 포식에 노출된다 (Lepczyk and al. 2003). 일부 저자들은 고양이의 존재가 제비의 생식력 저하와 생식 노력율에 영향을 미친다는 것을 발견했다 (Balbontin & Moller 2015).

Lepczyk 외 연구진들은 고양이가 주인들에게 길러지는 기간 동안, 제비 포식율을 줄이기 위해 밤에 고양이들을 집안에 가두도록 교육할 필요가 있다고 제안했다. 우리나라도 많은 설치류 동물들과 고양이가 있는데, 정책 입안자들은 고양이의 개체수를 제한하기 위해 역할을 수행해야 한다. Calver 외 연구진 (2011)은 한국에서 고양이 개체수를 보다 잘 관리하고 적용할 수 있는 몇 가지 예방책을 제안했는데, 고양이를 한 가정당 2마리로 제한하거나 중성화를 의무화 하기가 이에 해당된다.

특히 사람들에게 고양이에 의한 제비의 위협 및 포식을 교육하는 것은 제비 포식율을 줄이는 데 큰 영향을 미칠 수 있다. 또한, 제비들이 번식하는 시기에만 고양이를 집안에 가두거나 제비가 고양이가 오는 소리를 들을 수 있도록 고양이 목에 소리가 나는 방울을 다는 것도 제비를 보호하는 방법이 될 수 있을 것이다.

### 대중들의 의식 상승, 둥지 훼손 줄이기

일반 대중들에게 제비의 생태, 그들의 생존에 위협을 주는 요소 또는 생태학적 혜택에 대한 인식을 높이는 것은 둥지 훼손을 줄이고, 제비를 보호하려는 의지를 생기게 할 수 있다.

제비는 우리나라 문화에서 행운의 상징으로 여겨진다. 일반 대중들에게 사람과 제비가 어떻게 함께 살아가는지에 대해 가르치는 것도 제비 둥지가 훼손되는 것을 줄일 수 있을 것이다. 게다가, 제비의 배설물과 관련된 불편함을 예방하는데 배설물 받침대를 설치하는 것은 제비를 보호하는데 쉬운 방법이 될 수 있다. 또, 일반 대중들, 정책 입안자들에게 인가나 공공건물에 인공 둥지를 설치하도록 하는 것은 제비에게 적합한 서식지 및 번식지를 제공하는 방법이 될 수 있다. 이러한 보존적인 조치는 계획 수립되기 전에 연구자와 충분한 소통을 통하여 이행되어야 한다.

### 대중들의 번식지 모니터링 참여

대중들에게 자연과 자연을 기반으로한 과학 프로젝트를 경험하게 하는 것은 보존의 책임감을 이끄는 데 성공적이었다 (Lewandowski and Oberhauser 2017; Prévot et al. 2018). 따라서 일반 대중

들을 제비 모니터링 활동에 참여시키고, 그들을 보호할 수 있다는 감정이 들도록 하는 것은 이 종을 보호하는데 도움이 될 수 있다 (Ives and al. 2018).

시민 과학 프로그램은 대규모로 데이터를 수집하는 방법이다 (Chandler et al. 2017). 제비 둥지 모니터링을 위하여 시민 과학 프로그램에 사람들을 참여시키는 것은 제비들의 번식지 위치에 대한 정보를 국가 규모에서 향상시키고, 그들의 번식 성공에 영향을 미치는 요인을 더 잘 이해할 수 있는 방법이 될 수 있다.

#### 논에 대한 생태학적 관리방안

우리나라에서 제비는 주로 날아다니는 곤충을 먹이로 하고 둥지를 지을 때 재료들을 논에서 찾는다. 따라서 곤충의 존재는 번식기의 새끼들에게 먹이를 먹이는 데 매우 중요하다.

제초제와 살충제의 사용은 곤충의 양을 줄여서 전 세계 조류 개체군에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다 (Goulson 2014). 미국 농무부(USDA 2016)에 따르면, "2012년 1 헥타르당 살충제 소비량이 1991년 1 헥타르당 사용량의 3분의 1에도 미치지 못했다" (USDA 2016) 고 가정했고, 2000년대 초반 이후 한국의 살충제 사용이 감소하고 있다고 발표했다. 나아가 1999년부터 쌀이 아닌 모든 농작물에 친환경 기술을 사용하도록 농업인에게 지급하는 '친환경농업 직불제'가 시작됐다. 이 프로그램은 농부들을 좀 더 생태적인 생산으로 전환할 수 있도록 이끌며 가능한 한 일반화되어야 한다고 주장했다.

그리고 이러한 관행이 제비 집단에 미치는 결과를 평가하기 위해 추가 연구도 수행되어야 한다.

## 감사의 글

이 연구를 후원해주시고 지원해주신 숲과 나눔과 동아사이언스, 그리고 연구에 도움을 주신 장이권 교수님, 신유철 연구원, 시민과학자분들께 감사드립니다.

## 참고문헌

- Aiello Lammens, Matthew E., et al. "spThin: an R package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models." *Ecography* 38.5 (2015): 541-545.
- Bates, Douglas, et al. "The lme4 package." R package version 2.1 (2007): 74.
- Ballbontín J, & Møller AP, "Environmental conditions during early life accelerate the rate of senescence in a short lived passerine bird". *Ecology* 96(4), 2015, 948-959.
- Bivand, Roger, et al. "Package 'rgdal'." Bindings for the Geospatial Data Abstraction Library. Available online: <https://cran.r-project.org/web/packages/rgdal/index.html> (accessed on 15 October 2017) (2015).
- COSEWIC, "COSEWIC assessment and Status Report on the Barn Swallow *Hirundo rustica* in Canada", Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, Ottawa, ON, Canada. 2011
- Chandler M, See L, Buesching CD, Cousins JA, Gillies C, Kays, RW, Tiago, P, "Involving citizen scientists in biodiversity observation. In: Walters M, Scholes RJ (eds) *The GEO handbook on biodiversity observation networks*". Springer, 2017, pp 211-237.
- DrentR, "Incubation", *Avian Biology*, Volume V, 1975, 333-420.
- Environment Canada, "North American Breeding Bird Survey", Canadian Trends Web Site, 2012, Data-Version
- Fujita G, "Nest site selection and reproductive success in barn swallows" *Strix* 1993, 12:35 - 39
- Goulson D, Ecology: "Pesticides linked to bird declines", *Nature* 511(7509), 2014, 295-296.
- Ives CD, Abson DJ, von Wehrden H, Dorninger C, Klanięcki K, Fischer J, "Reconnecting with nature for sustainability", *Sustainability science* 13(5), 2017, 1389-1397.
- Karambelkar, Bhaskar, and Barret Schloerke. "leaflet.extras: Extra Functionality for 'leaflet' Package. R package version 0.2." (2017).
- Kobori, H., Dickinson, J. L., Washitani, I., Sakurai, R., Amano, T., Komatsu, N., ... & Miller-Rushing, A. J, "Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation", *Ecological research*, 31(1), 2016, 1-19.
- Klausnitzer B, "Verstadterung von Tieren", A. Ziemsen, Germany 1989.
- Lepczyk CA, Mertig AG, Liu, J, "Landowners and cat predation across rural-to-urban landscapes", *Biological conservation* 115(2), 2004, 191-201.
- Lewandowski EJ, Oberhauser KS, "Butterfly citizen scientists in the United States increase their engagement in conservation", *Biological Conservation* 208, 2017, 106-112.
- Loss SR, Will T, Marra PP, "The impact of free-ranging domestic cats on wildlife of the United States", *Nature communications* 4, 2013, 1396.
- Liang W, Yang C, Wang L, Møller AP, "Avoiding parasitism by breeding indoors: cuckoo parasitism of hirundines and rejection of eggs", *Behavioral ecology and sociobiology*, 67(6), 2013, 913-918.
- Martin, T. E., "Food as a limit on breeding birds: a life-history perspective", *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18, 1987, 453 - 487
- Martin TE, "Nest predation and nest sites", *BioScience*43(8), 1993, 523-532.
- Muscarella, Robert, et al. "ENM eval: An R package for conducting spatially independent evaluations and estimating optimal model complexity for Maxent ecological niche models." *Methods in ecology and evolution* 5.11 (2014): 1198-1205.
- Møller A. P., "The fitness benefit of association with humans: elevated success of birds breeding indoors", *Behavioral Ecology* 21(5), 2010, 913-918.
- Møller, A. P., "Parallel declines in abundance of insects and insectivorous birds in Denmark over 22 years", *Ecology and Evolution*, 9(11), 2019, 6581-6587.
- Nebel, S., Mills, A., Mccracken, J. D., and Taylor, P. D., "Declines of aerial insectivores in North America follow a geographic gradient", *Avian Conserv*, 2014., *Ecol.* 5: 1. doi: 10.5751/ACE-00391-050201.
- Urbanek, Simon, Maintainer Simon Urbanek, and SystemRequirements Java JDK. "Package 'rJava.'" 2020.
- Osorio-Olivera, L., et al. "Ntbox: From getting biodiversity data to evaluating species distributions models in a friendly GUI environment. R package version 0.2. 5.4." (2018).
- Robb, G. N., McDonald, R. A., Chamberlain, D. E., and Bearhop, "Food for thought: supplementary feeding as a driver of ecological change in avian populations", *Front. Ecol.*

- Environ. 6, 2008, 476-484. doi:10.1890/060152.
- Ripley, Brian, et al. "Package 'mass.'" Cran R 538 (2013).
  - Safran, R. J, "Nest-site selection in the barn swallow, *Hirundo rustica*: What predicts seasonal reproductive success?", 84(11), Canadian Journal of Zoology, 2006, 1533-1539.
  - Snow, David; Perrins, Christopher M, eds, "The Birds of the Western Palearctic concise edition (2 volumes)", Oxford: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-854099-1. 1998, 1061 - 1064
  - WorldClim, "worldclim", <https://www.worldclim.org/>, (2020년 10월 25일)
  - Wickham, Hadley, et al. "dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package version 0.4. 3." R Found. Stat. Comput., Vienna. <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr> (2015).
  - "사라진 제비가 돌아오면 인간 수명 4년 연장 된다", 중앙일보, 2011년 05월 18일