

연구논문

도서생물지리학 관점에서 본 우리나라 도서지역의 조류에 관한 연구

이 상 돈

이화여자대학교 공과대학 환경공학과
(2010년 9월 15일 접수, 2010년 11월 5일 승인)

Studies of Avian Species in the Islands of Korea based on the Theory of Island Biogeography

Sang-Don Lee

Department of Environmental Science and Engineering, College of Engineering,
Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

(Manuscript received 15 September 2010; accepted 5 November 2010)

Abstract

The theory of island biogeography has influenced strongly on the conservation and management issues of species diversity in the islands. The theory has not limited to islands in the ocean, but expanded to isolated and fragmented areas in the forests and urban. This study has a rare opportunity to explore the species diversity and abundance of birds in the islands of Korea. A total of 151 islands in the west and south areas in the Korean peninsula were examined. The number of species and the area of islands were highly significant ($P < 0.000$) and the number of species and the distance from the mainland showed not so strong relationship. This indicated that bird species diversity has more influenced by the size of the islands not the distance. This can be from the study species of birds that can fly long distance, and also natural characteristics of migratory and resident status. Species-area curve showed that the z-value was 0.21 indicating the area and the bird species are strongly correlated. The long-term monitoring of bird species presence in the islands should be followed for a proper management plan.

Keywords : Avifauna, islands, migratory birds, residents, species-area curve

1. 서론

도서란 수면으로 둘러싸이고 만조시 수면위에 자연히 형성된 육지지역을 말한다. 일반적으로 도서란 사면이 바다로 둘러싸여 있는 환해성, 내륙과 사회적, 경제적, 문화적으로 멀리 떨어져 있는 격리성, 그리고 토지면적이 좁은 협소성 등의 특성을 가지고 있는 곳이다.

도서는 민간인이 생활근거를 두고 연중 계속적으로 생업을 영위하고 살고 있는 섬을 유인도, 사람이 살지 않거나 농업, 어업을 목적으로 일시적으로 거주하거나 전락상 균경만이 주둔하고 있는 섬은 무인도로 구분한다(환경부, 2003) 우리나라에는 반도라는 지형적인 특성에 의해 무인도 2,689개와 유인도 464개를 포함해 총 3,153개의 도서가 있으며, 그 중 전라남도에 1,969개, 경상남도에 432개, 인천광역시 152개로 대부분이 서해와 남해에 분포하고 있다(행정자치부, 1996). 이 중에서 큰 규모의 섬이 사람이 살지 않거나 살 수 없는 무인도로 남아 있는 곳은 찾아 볼 수 없으며, 단지 인간이 거주하기 어려울 정도로 작은 섬만이 무인도로 남아 있다.

우리나라 서남해안 도서지역에는 해양 환경적 특성으로 인하여 많은 생물종이 서식하고 있다. 그러나 인간의 활동이 증가함에 따라 야생동물의 서식지가 점차 파괴되어 지금은 인간의 손길이 미치지 않은 원시 자연의 모습을 찾아보기 어렵게 되었다. 간척사업과 주변 개발 사업, 발전소, 화학공단 및 일부 무인도에 염소방목, 희귀 동식물 채취, 쓰레기 투기 등으로 훼손이 심각하여 환경이 급속히 파괴되고 있는 실정이다. 그러나 아직까지 무인도나 육지에서 멀리 떨어져 있는 섬들은 인간이나 육상 포식동물의 영향을 적게 받아 독특하고 안정된 도서 생태계를 유지하고 있다(환경부, 2003).

도서생물지리학(Island biogeography)은 섬의 수가 많은 우리나라의 생태학 조사에서 중요한 위치를 차지하고 있으며 섬이라는 상태의 특수한 상황을 가정하고, 각 섬마다의 특이한 조건을 고려한 생태학의 한 분야이다(MacArthur and Wilson, 1967). 이 이론에 따르면 기본적으로는 섬에 서식하

는 종의 수는 섬의 면적이나 대륙으로부터의 거리, 서식지의 다양성에 따라 유의적으로 변한다고 하였다(Kadmon and Pulliam, 1995; Whittaker, 1998). 그 중 무인도서는 유인도서에 비해 인간의 간섭을 적게 받기 때문에 생태계가 비교적 안정적으로 유지될 수는 있으나, 좁은 면적과 서식지가 다양하지 못한 점 때문에 주변의 대륙이나 큰 섬에 비해서 단위 면적당 종 다양성은 낮다고 보고되고 있다(Kadmon and Pulliam 1995). 급작스런 환경 변화에 따른 생물종 집단의 파괴나 멸종의 가능성 또한 대륙이나 큰 섬에 비해 높다(Whittaker, 1995). 이러한 무인도는 희귀동·식물의 서식처이며, 통과 조류의 휴식처 및 섭식처, 그리고 조류의 번식지 등 독특한 생태계로 생태적 가치가 매우 크다. 그러나 전국 2,700여개 무인도서 중 많은 무인도서가 식생이 우수하고 철새 등 희귀동·식물의 서식지로서 중요하나 앞서 언급했던 인간의 다양한 활동으로 인해 급격히 훼손되고 있다. 자연경관이 우수하고 희귀 동·식물이 서식하고 있는 무인도서의 생태계를 체계적으로 관리하고 보전하기 위해서는 우선적으로 각 섬들에 존재하는 생물종들에 대한 조사를 실시해야 한다. 외국의 경우에는 도서생물지리학에서 파충류와 조류 등에 관한 연구(Reed, 1981; Ricklefs and Lovette, 1999), 세균류(Bell et al., 2005), 포유류(Alejandra and Gregory, 2005)에 관한 도서생물지리학 등 다양한 분류군별 연구가 이루어졌으나, 우리나라의 경우에는 많은 섬을 가지고 있고 이 섬들에 대한 생물상의 조사가 정부 및 여러 단체에 의해 광범위하게 이루어지긴 했지만, 그에 대한 생태학적 연구와 접근은 만족스럽지 못하다. 식물(임양재 외 1980, 정재민과 홍영낙, 2002)과 나비(최세웅, 2000) 및 울릉도 및 독도의 조류(이상돈, 2008)에 관한 연구만이 수행되어졌다. 따라서 본 연구에서는 우리나라 서남해안 무인도서지역에 서식하는 조류를 대상으로 섬의 지리적 환경과 종수에 관한 상관 분석을 수행하였다.

II. 연구 방법

환경부는 1998년부터 무인도서의 생태계를 체계적으로 관리하기 위하여 연차적으로 무인도서 생태 조사를 실시하고 있다. 본 연구는 2003년에 출간된 '전국 무인도서 자연환경조사'에 조사내용을 기반으로 수행하였다. 기재된 도서 중에서 조류 조사가 행해진 170개의 섬 중 조류가 발견되지 않은 19개 섬을 제외한 경기도 인천(18개), 충청도(26개), 전라도(107개)의 151개의 무인도서를 대상으로 하였다. 각 섬의 크기와 환경요인에 관한 자료들 또한 '2003 전국 무인도서 자연환경조사'의 내용을 참고하여 분석하였다. '2003 전국 무인도서 자연환경조사'에 기재되지 않은 육지로 부터의 거리, 면적은 구글어스 프로그램을 사용하여 직접 측적을 계산하였다.

151개 모든 섬에 대한 육지로부터의 거리와 종수, 섬의 면적과 종수의 상관관계를 분석하고, 습성과 이동성에 따라 종을 세분화하여 육지로부터의 거리와 종수, 섬의 면적과 종수의 상관관계를 분석하였다. 습성에 따른 분류로는 명금류, 섬금류/수금류로 나누었으며, 이동성에 따른 분류로는 철새와 텃새로 나누었다(원병오, 1993). 섬 면적, 거리, 종수의 상관관계를 나타낸 식은 Preston(1962)이 도출해 낸 식인 $S=CZ^k$ 를 따랐다. 섬의 면적, 거리, 종수는 \log 값으로 치환한 후 계산하였고, SPSS 14.0을 이용하여 통계 분석하였다.

III. 결과

본 연구에 조사된 섬들 중 전라남도의 상가치도가 880.9km²로 면적이 가장 넓었고 전라남도의 육섬이 1km²로 가장 작았다. 육지로부터 떨어진 거리에서는 전라남도의 탐섬이 115.2km로 가장 멀리 떨어져 있었고 전라남도의 죽도가 0.075km로 가장 짧았다. 조사된 조류의 종수는 경기도의 대초지도와 우도가 15종으로 가장 많았고 충청도의 석도, 전라도의 판시름도, 상섬, 소사삼도, 옥섬, 대장도가 1종으로 가장 적었다. 151개의 전체 무인도서에서 조사된 조류 종수와 섬의 면적, 육지와와의 거리와의 상관관계, 철새, 텃새에 따른 종수와 섬의 면적, 거리와의 상관관계는 Table 1에 나타내었다.

무인도서에서 발견된 모든 조류에 대한 종수와 섬의 면적, 육지와와의 거리와 종수의 상관관계는 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. 무인도서의 새의 종수와 섬 면적간의 회귀곡선식은 $y=0.2279x - 0.3795$ ($r^2=0.2525$)로 나타났고, 본토로부터 떨어진 거리와 종수간의 회귀곡선식은 $y=-0.05x + 0.8776$ ($r^2=0.018$)으로 나타났다. 즉, 전체 무인도서에서 기록된 새의 종수에 영향을 주는 요인은 섬의 면적으로 나타났으며, 본토로부터 떨어진 거리는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

반면 또 다른 분류인 이동성에 따른 텃새와 철새의 결과를 나타내었다(Fig. 3-6). 텃새의 경우 종수와 섬의 면적과의 관계는 양의 상관관계를 보이긴 하지만 유의하지 않게 나타났으나, 육지와와의 거리와의 관계에서는 양의 관계로 유의하게 나타났다. 또한 철새의 경우에는 섬의 면적, 육지와와의 거리 모

Table 1. Results of multiple regressions of the logarithm of species number on island area, distance from mainland. (N, sampling number; r², coefficient of regression)

Factor		N	r ²	F-ratio	p-value	z-value
Area	All birds	151	0.252	50.329	0.000	0.228
	resident birds	98	0.004	0.376	0.541	0.025
	migratory birds	91	0.258	31.011	0.000	0.360
Distance from mainland	All birds	151	0.018	2.732	0.100	-0.050
	resident birds	98	0.059	6.110	0.015	0.086
	migratory birds	91	0.117	11.753	0.000	-0.140

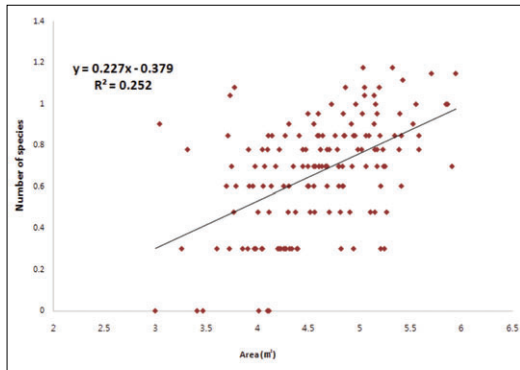


Fig. 1. Relationships between the number of species and the area(m²) of uninhabited island (log-scale)

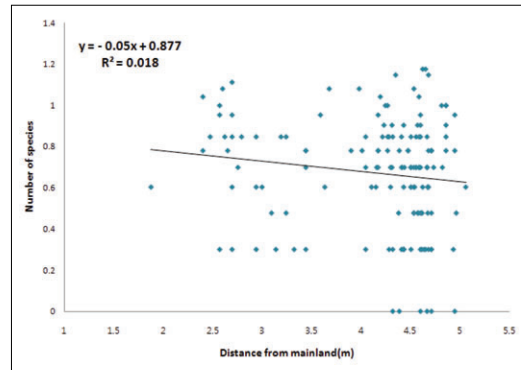


Fig. 2. Relationships between the number of species and the distance from mainland(m) of uninhabited island (log-scale)

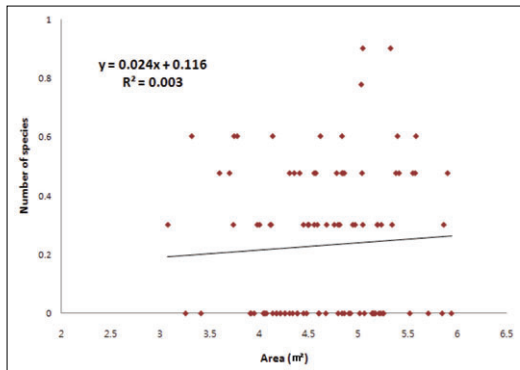


Fig. 3. Relationships between the number of species of resident birds and the area(m²) of uninhabited island (log-scale)

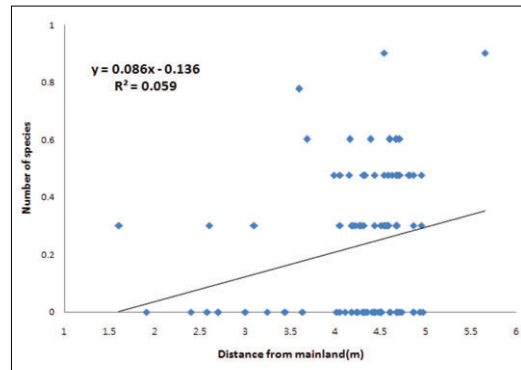


Fig. 4. Relationships between the number of species of resident birds and the distance from mainland(m) of uninhabited islands (log-scale)

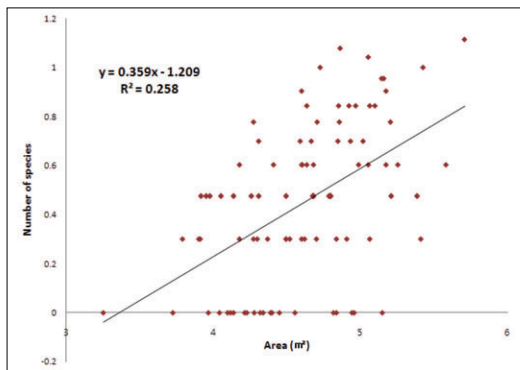


Fig. 5. Relationships between the number of species of migratory birds and the area(m²) of uninhabited island (log-scale)

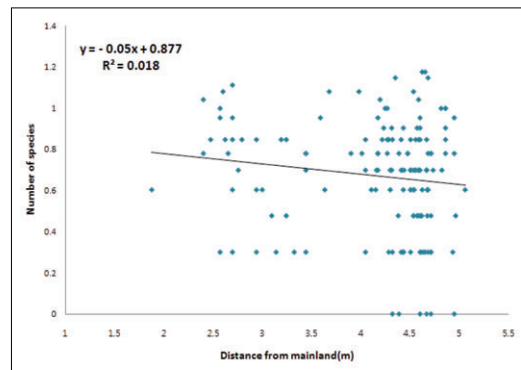


Fig. 6. Relationships between the number of species of migratory birds and the distance from mainland(m) of uninhabited islands (log-scale)

두 철새 종의 수와 유의한 상관관계를 나타내었다. 양의 상관관계를 보인 Fig. 5에서 섬의 면적은 번식기와 월동기에 이동을 하는 철새가 서식할 수 있는

중요한 요소임을 나타내는 결과라고 판단되며, 음의 상관관계를 보인 육지와 거리는 육지와 가까울수록 많은 철새가 서식함을 알 수 있었다.

IV. 고 찰

본 연구의 목적은 도서생물지리학 관점에서 151개의 서남해안 무인도서에서 관찰된 조류의 종 수와 섬의 면적, 섬과 육지와와의 거리에 따른 상관성을 알아보는 데 있다. 본 연구의 결과는 외국이나 국내 다른 분류군별 연구결과와 같은 결과를 나타냄을 알 수 있었고, 우리나라와 근접해 있고, 많은 무인도서를 보유하는 일본의 다른 지역에서 조사된 결과 (e.g. Nagasawa 1987; Dennis and Shreeve, 1997; Ricklef and Lovette 1999)에서와 같이 도서 지역의 면적과 생물 종 수는 긴밀한 관계를 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

151개의 전체 무인도서에서 조사된 조류 종수와 섬의 면적의 관계식에서 회귀곡선의 기울기가 0.228 정도로 작은 것은 격리되어 있는 섬이기보다는 대륙성에 가깝다는 것을 나타내며 일시적으로 거주하는 새가 많다는 것을 의미한다(Boecklen and Gotellia, 1984). 철새의 경우, 그 회귀곡선의 기울기가 0.360로 큰 값을 띄는 것을 보이는데 이것은 종의 이입이 본토인 우리나라에서 이루어진 경우가 멀리 떨어져 있는 대양의 섬에서 이입되는 경우보다 기울기의 값이 높게 나타날 수 있다는 이론에 따라 종 급원이 주변 도서들이나 우리나라일 것으로 판단할 수 있다. 큰 기울기 값은 동시에 육지로부터 이입되는 새의 비율이 낮다는 것을 의미하는데, 이는 Fig. 6에서 보여지는 철새의 거리와 종 수 간의 음의 상관관계를 통해 확인할 수 있다 (Hanski and Gyllenberg 1997). 이러한 예외를 제외하고는 대부분의 회귀 분석 결과에서 식 $S=CA^z$ 에서 z 값이 0.23으로 나타난 점은 Ricklefs and Lovette (1999)의 연구 0.21과 비슷한 결과 값을 나타내는 것으로 보아, 새 종수와 섬 면적은 높은 상관관계를 지닌다고 판단할 수 있다. 이렇게 섬 면적이 새의 종수를 증가시키는 현상은 섬의 면적이 클수록 새들이 넓게 퍼져나가면서 새로운 정착지를 찾는 종들이 보다 더 적합한 환경을 찾을 수 있는 확률이 상대적으로 크기 때문이라고 할 수 있다. 큰 섬에서 넓은 지역을 차지하고 있는 종의 경

우가 좁은 도서 지역에서 생활하는 종들보다 다양한 환경 변화와 방해기작에서 살아남을 확률이 크다. 즉, 섬이 클수록 지형학적으로 그리고 생물학적으로 이질성이 높아지고 이는 서식지의 다양성을 증대시키기 때문에 궁극적으로 종수를 증가시키게 된다고 추측할 수 있다.

이에 반해 종의 공급원인 육지와와의 거리는 종수에 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 한반도에서 나비 종에 대한 논문에 따르면 나비의 종수에 섬의 위도나 육지와와의 거리는 거의 영향을 주지 않는 것으로 나타났다(최세웅, 2000).

철새는 육지와와의 거리에 따른 종수의 변화가 음의 상관관계를 나타냈는데, 이는 육지와와의거리가 가까울수록 많은 철새가 서식한다는 것이다. 인근 섬이나 육지와 격리되기보다는 인접해 있는 것이 종의 급원 정도에도 영향을 미치며, 그 외 물리, 화학적인 상호작용들이 조류의 종수에 영향을 줄 것이라고 판단된다.

본 연구에서는 기존에 무인도서에 거주하거나 이주하는 조류의 종에 관한 조사 결과를 이용하여 무인도서의 조류 종수에 영향을 미치는 요인을 알아 보았다. 앞으로 본 연구에 조사와 연구를 지속적으로 추가하여, 육지와와의 거리와 섬의 면적 이외에도 무인도서의 새의 종수에 영향을 미치는 요인에 대해 도서 지리학적으로 다양하고 광범위한 방면으로 추측하고 이를 조사하여 도서 생물들을 보존하는데 효과적으로 이용되어야 한다고 생각한다. 최근 많은 섬들이 생태계가 파손되고 오염되어 가고 있는 현실에서, 우리나라와 같이 크기가 작은 섬들이 특히 많이 있는 나라에서는 섬에서 살고 있는 생물들을 보존하기 위해서는 본 연구에서 다루었던 새 이외에 기타 여러 생물을 통한 다각적인 연구가 계속적으로 이루어져 기본적인 생물상 조사부터 체계적으로 이루어져야 한다고 생각한다.

사 사

본 연구과제는 SWRRC(1-0-3), ERC(2009-

1419-1-6) 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 행정자치부, 1996, 도서통계.
- 원병오, 1993, 한국의 조류. 교학사.
- 이상돈, 2008, 독도 및 주변지역의 조류상 변화 및 보전에 관한 연구, 한국자연보호학회지, 1, 65-73.
- 임양재, 유광수, 백광수, 1980, 울릉도의 식생, 중앙대학교 기술과학연구소 논문집, 7, 1-12.
- 정재민, 홍경낙, 2002, 우리나라 무인도서의 지리 적환경과 식물의 분포 패턴 사이의 상관성 분석, 한국생태학회지, 25, 341-348.
- 최세웅, 2000, 한반도 도서지역 나비 종수에 미치는 생태학적 영향에 관한 연구, 환경생물학회, 18(2), 237-246.
- 환경부, 2003, 전국무인도서 자연환경조사.
- Alejandra C. and H. A. Gregory, 2005, Biogeography of mammals on tropical Pacific Islands, *Journal of Biogeography*, 32, 1561-1569
- Bell T., D. Ager, J. I. Song, J. A. Newman, I. P. Thompson, A. K. Lilley, C. J. van der Gast, Larger islands house more bacterial taxa, 2005, *Science*, 309, 1997-1999.
- Boecklen W. J. and N. J. Gotellia, 1984, Island biogeographic theory and conservation practice: Species-area or species-area relationships? *Biological Conservation*, 29, 63-80.
- Dennis R. L. and T. G. Shreeve, 1997, Diversity of butterflies on British islands: ecological influences underlying the roles of area, isolation and the size of the faunal source, *Biological Journal of the Linnean Society*, 60, 257-275.
- Hanski I. and M. Gyllenberg, 1997, Uniting Two General Patterns in the Distribution of Species, *Science*, 275, 397-400
- Kadmon, R. and H. R. Pulliam, 1995, Effects of isolation, logging, and dispersal on woody-species richness of islands, *Vegetatio*, 4, 1-7.
- MacArthur, R. H. and E. O. Wilson, 1967, The theory of island biogeography, Princeton University Press, Princeton NJ.
- Nagasawa S., 1987, Species-area relation for butterflies of the Japanese Archipelago (Lepidoptera), *Japanese Journal of Entomology*, 55, 421-428.
- Power D. M., 1972, Numbers of bird species on the California Channel Islands, *Evolution*, 26, 451-463.
- Preston E. W., 1962, The canonical distribution of commonness and rarity, *Ecology* 43, 185-215, 410-432.
- Reed T. M., 1981, The number of breeding landbird species on British islands, *Journal of Animal Ecology*, 50, 613-624.
- Ricklefs, R. E. and I. J. Lovette, 1999, The roles of island area per se and habitat diversity in the species -area relationships of four Lesser Antillean faunal groups, *Journal of Animal Ecology*, 68, 1142-1160.
- Whittaker, R. J., 1998, *Island Biogeography: Ecology, Evolution and Conservation*.

