

# 우리나라 보호지역의 보존에 대한 도서생물지리학과 서식처 분획화 이론의 적용<sup>1</sup>

김용식<sup>2</sup> · 마이클 모운더<sup>3</sup>

## The Application of Island Biogeography and Habitat Fragmentation Theory to the Conservation of Protected Areas in Korea<sup>1</sup>

Yong-Shik Kim<sup>2</sup>, Michael Maunder<sup>3</sup>

### 요 약

우리나라에 있는 보호지역의 보존 및 관리에 대한 제반 문제의 해결을 위한 한 접근방법으로 도서생물지리학과 서식처 분획화 이론의 적용에 대한 검토를 하였다. 최근 생물적 다양성의 파괴와 함께 급격히 증가하고 있는 보호지역 내 자연 서식처에 대한 적절하고 신속한 조치가 필요하며, 이러한 요구에 부응하여 우리나라 보호지역의 효과적인 관리를 위한 제반 검토를 하였다. 우리나라의 식물상은 주로 인간의 간섭에 의해 계속 변화할 것이다.

다양한 내용의 위협에 처해 있는 우리나라 보호지역의 보존과 관리에 대한 이의 바람직한 해결을 위해서는 결과적으로 동, 식물상 또는 집단이나 종 등의 개별적인 접근이 아닌 종합적인 접근방법을 필요로 하고 있다. 이러한 접근 방법은 서식처, 종 및 집단의 관리에 대한 위협의 종류, 유효성과 잠재성 등을 종합적으로 평가할 수 있기 때문이다.

우리나라 보호지역의 보존전략에 대한 도서생물지리학과 서식처 분획화 및 주변부효과 이론 등의 적용은 현존의 서식처 패치에 대한 격리 및 분획화 등의 역동적인 관계에 대한 이해를 보다 용이하게 해주게 될 것이다. 또한 이러한 접근방법은 우리나라 식물상의 분포특성 및 현상에 대한 제반 지식에 기초를 둔 식물의 보존책의 하나로 이는 우리나라의 보호지역의 보존에 대한 보다 합리적인 접근방법이 될 것이다. 또한 이러한 적용을 기초로 하여 최소활성화집단의 규모 등의 개념 도입은 식물과 서식처 보존의 보다 바람직한 해결을 위한 종합적인 한 방법이 되리라 생각된다.

### ABSTRACT

The application of island biogeography and habitat fragmentation theory to protected area management in Korea is discussed. The accelerating destruction and degradation of natural habitats, with the

1 접수 1992년 6월 15일 Received on June 15, 1992

2 경북 경산시 대동 영남대학교 농축산대학 College of Agriculture & Animal Science, Yeongnam University, Kyongsan, 712-749, Republic of Korea

3 영국 런던 리치먼드 왕립 큐 식물원 Conservation Unit, Living Collections Department, The Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, Surrey TW9 3AB Great Britain

\* 본 연구는 한국과학재단과 British Council의 연구비지원을 받아 수행되었음 This research was funded by the K.S.E.F. and British Council, 1992

associated erosion of biodiversity, demands and urgent response and a critical review of attitudes to protected area management. The flora of Korea will continue to change in both distribution and status in response to these man induced changes.

The conservation and management of ecosystems, because of the variety of threats and the varying levels of biodiversity to be conserved, requires an integrated approach. Such an approach assesses the variety of threats, prevalent and potential, and responds with a strategy combining habitat, species and population management.

The application of island biogeography, habitat fragmentation and edge effects theory to conservation strategies in Korea will assist in the understanding of the dynamic relationships between the isolation, degradation and fragmentation of surviving habitat patches. The application of such approaches is discussed with recommendations made for the adoption of an increasingly scientific approach to plant conservation based upon a knowledge of the conservation status and distribution characteristics of the Korean flora. Such data combined with demographic studies on topics such as Minimum Viable Population Size will allow an integrated approach to plant and habitat conservation to progress.

## 서론

오늘날 지구환경이 직면한 생물학적 다양성의 감소는 이미 심각한 수준에 이르게 되었다(USA-ID, 1992). 현재 국제적인 관심은, 각국간의 이해관계 때문에 난관은 많이 있으나, 최근 Rio의 UN-CED를 통하여 이러한 생물학적 다양성의 유지를 최대한 보존하기 위한 효과적인 방법의 모색과 국제적인 협력관계를 증진하기 위한 통로를 개척하는데 심혈을 기울이고 있다(Fisk, 1992).

환경에 대한 인간의 이용이 증가할수록 앞으로 이용가능한 자연군집내 전체적인 서식처의 양은 감소하게 되며, 이미 잔존해 있는 서식처도 점차 Fragmented(이하 분획이라 칭한다) 되게 된다. 이에 따라, 많은 동식물의 자연적 서식처는 일종의 조그만 도서(Island)로 분획하게 된다. 결과적으로 이러한 분획의 현상은 보다 큰 규모의 서식처가 원래의 서식처와는 달리 규모가 작은 많은 수의 Patch로 전환될 때에 발생하게 되며(Wilcove et al., 1986), 이렇게 분획된 보존지역은 보호 및 유지관리에 많은 인력과 비용이 소요된다(Soule, 1986).

원래 조류나 포유류의 집단에 주로 적용되어 연구가 많이 진행되었으나, 식물집단의 경우 동물의 예에 비하여 그리 많지 않은 도서생물지리학 이론은 ① 종-면적관계, ② 고립효과 및 ③ 종의 대체(Turnover) 등의 세가지 내용이 중요한 개념이라는 것을 고려할 때에, 이러한 개념들은 서식처 분획의 발전과정을 이해하는데 도움이 될 것이다. 서식처의 분획은 주로 인간에 의한 영향을 크게 받고

있으며, 종의 수는 면적의 규모가 감소함에 따라 줄어들 것이라는 그간의 연구결과를 전제로 할 때에 도서생물지리학 이론의 적용은 점차 증가하고 있는 서식처 분획의 이해를 위해 필요하리라 믿는다. 분획이란 결국 연속성의 파괴를 의미하기 때문에 분획개념은 생태계내의 기능상 연속성이 중요한 지역에 대하여 적용이 가능할 것이며, 따라서 자연보존지역의 효과적인 운영에 도움이 될 것이다. 한편, 도서생물 지리학의 이론과는 달리 경관 생태학은 분획의 크기와 형태를 비교적 크게 강조하고 있다는 점에서 그 차이가 있다고 하겠다.

본 논문은 현재 갈수록 파괴되어 가고 있는 우리나라의 생물적 다양성 보존 및 자연보전지역의 보존, 계획, 설계 및 운영관리를 위한 적용을 목적으로 도서생물지리학(Island Biogeography)과 Habitat Fragmentation(이하 서식처 분획화라 칭한다)의 이론을 소개하여, 앞으로 보다 합리적인 자연보존지역의 관리를 도모하는데 그 목적이 있다.

## 1. 도서생물지리학

### (1) 기본 개념

일반적으로 일정지역에 생육하는 종수는 면적의 규모에 따라 증가한다는 내용(Preston, 1962; Williams, 1964)의 도서생물지리학은 일찌기 Darwin(1859)과 Wallace(1869, 1880)등의 연구를 시작으로 최근에 이르기까지 많은 학자(Carlquist, 1974; Lack, 1976; Williamson, 1981; Browne, 1983)들이 도서지방에 대한 생물학적 수도(Abun-

dance)와 산포특성을 규명하고자 하는 시도에 근원을 두고 있다. Darlington(1957)에 의한 서식처와 파충류간의 연구에 근본적인 영향을 받은 MacArthur & Wilson(1963)은 도서동물지리학의 평형설을 주장한 바 있으며, 이들의 이론은 도서생물지리학 발전의 계기가 되었다고 볼 수 있다. 이보다 한발 앞서 Preston(1962)은 ① 대양의 도서 또는 대륙간에 이입한 결과, ② 종의 정규분포에 대한 가설, ③ 종의 절멸과 진화간의 균형 등의 세가지 내용으로 평형설을 생각한 바 있다. 아울러 MacArthur & Wilson(1963, 1967)은 “한 집단내 개체의 사망율은 이들의 출생을 혹은 생물상내 종의 멸종률과 같다”라고 정의한 바 있다. Simberloff(1972)는 도서생물지리학의 이론을 지질학적 시간에서의 지구적 진화의 한 결과라기 보다는 지역적이고 단기적인 하나의 생태학적인 결과라는 개념으로 파악하기도 하였다.

MacArthur & Wilson(1967)은 도서생물지리학의 이론을 발전시키기 위하여 ① 보다 큰 도서는 보통 더 많은 종을 보유한다는 종-면적관계

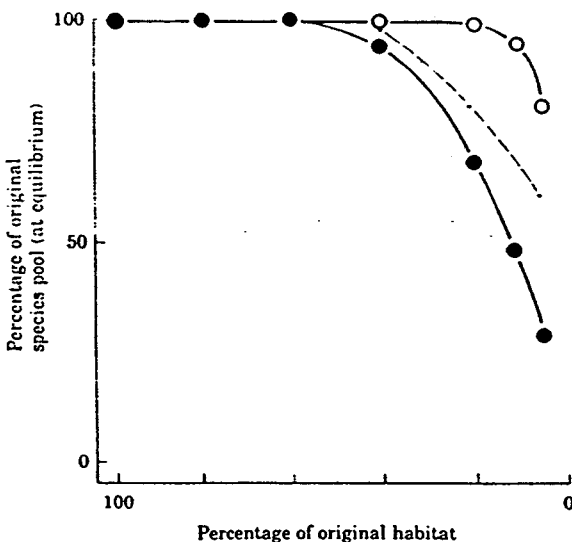


Figure 1. The number of species remaining in each species pool as fragmentation proceeds. Closed circles show the pool of species with large area requirements and low vagility. Open circles show the species with less stringent area requirements. The small dots connected by the dashed line depict the proportion of the first pool that would be present when the habitat is minimally fragmented. (McLellan et al., 1986.)

(species-areas relationships), ② 보다 멀리 떨어져 있는 도서는 일반적으로 보다 적은 종을 보유한다는 격리효과(isolation effects) 및 ③ 한 도서가 colonized 되었을 때 멸종하게 될 종을 대체하는 것으로 보이는 종의 대체(species turnover) 등 세가지의 경향을 보고한 바 있다. 이들의 중심 이론은 한 도서에 있어서 종의 평형을 이루기 위한 개체수는 인근의 대륙으로부터 유입된 종수의 증가와 종의 대체로 인한 도서의 지역적인 멸종간의 평형에 있다(Figure 1). 따라서 도서생물지리학의 이론은 유입률은 본토와의 거리에 따라 변화하며, 멸종률은 첫째로는 면적과 둘째로는 거리에 따라 변화할 것이라는 경향에 대한 것이다. 이들은 또한 ① 유입의 감소는 한 도서내의 종수를 감소시킬 것이다, ② 모든 다른 조건들이 동등하다면, 한 도서에 있어서 종은 보다 높은 멸종율을 보일 것이다, ③ 평형상태에 있는 종은 본토와의 거리가 멀수록 증가할 것이다, ④ 평형상태에 있는 종수는 작은 도서에 있어서는 거리에 따라 증가할 것이다, ⑤ 대체율은 보다 근거리에서 있는 도서일 수록 증가될 것이다 등의 내용을 예측한 바 있다. Williamson(1981)은 이러한 내용을 기초로 하여 도서생물지리학 이론을 ① 평형설, ② 대체율 및 ③ 종-면적 곡선 등의 세가지 내용으로 요약하여 구분한 바 있다.

## (2) 종-면적, 격리효과 및 종의 대체(Turnover)

종-면적관계식은 일반적으로 어떤 서식처에 있어서 면적이 넓은 지역은 좁은 지역보다 더 많은 종을 보유한다는 관찰을 일반화 한 것으로 대부분의 지역에 적용가능한 가장 적합한 모델로 알려져 있다(Connor & McCoy, 1979).

$$\text{즉, } S = cA^z \text{ 또는 } \log S = \log c + z \log A$$

(S : 종수, A : 면적, c, z : 상수)

그러나 자연보전지역의 설계시 이 내용을 적용할 경우에는 다음의 네가지 사항을 고려(Margules et al., 1982)해야 할 것이다. 즉 ① 도서생물지리학 이론의 종-면적 관계와 평형설은 종 풍부도의 최대화에만 목적을 두고 있다는 점이며, ② 다양한 서식처는 결코 한 가지 패턴으로만은 구성되어 있지 않은 각 서식처에 대한 이질성의 개념이며, ③ 도서생물지리학의 평형설에 기본개념을 둔 어떠한 보전에 대한 적용도 이 이론자체가 비현실적이라는 일부의 지적이 있으며, ④ 만일 평형설이 사실로 인정된다 하더라도 실제의 도서와 서식처 도서(habitat island)와는 차이가 있다는 점 등이다.

Preston(1962)은 한 지역이 주변으로부터 고립되게 되면 육지와 연결되어 있는 지역보다는 종수가 더 적어지게 되는데, 이는 주변지역으로부터의 이입이 어렵기 때문이라고 보았다. 이는 특히 동물상의 경우에 뚜렷한 경향을 보이는 것으로 파악하였다.

종의 대체란 어떠한 한 도서가 균체화되었을 때에는 새로 이주해 온 종은 멸종하게 될 종을 대체하게 된다는 의미이다. 이 종의 대체율은 하등의 종일수록 더 높은 것으로 알려져 있다(Schoener, 1983).

(3) 보존에 대한 적용

도서지방의 생물지리학을 연구하는 주 목적은 첫째로 종-면적관계, 산포의 과정 및 경쟁에 관한 연구를 하기에 아주 좋은 장소가 되고 있으며, 둘째로는 종의 풍부도(species richness) 및 생물상의 다른 특성들을 예측하는데 있었다(Buckley, 1982).

도서생물지리학 이론은 기본적으로 대양에 있는 도서지방의 동식물상을 대상으로 하고 있지만, 내륙에 있는 산정, 호수 또는 주변의 지역으로부터 격리된 숲과 같이 도서와 유사한 지역의 동식물의 분포와 보존에 관한 적용에 널리 응용되고 있다.

도서생물지리학 이론을 보존문제에 대한 적용을 암시한 사람은 Preston(1962)으로 그는 서식처가 일단 격리되면, 지역의 규모, 종 풍부도 및 다양성에 따라 새로운 평형상태에 도달할 때까지는 원래 자생하던 종수는 감소할 것이라는 주장이다. 한편 규모가 큰 보전지역은 종의 상실이 적을 뿐 아니라 그 속도도 매우 느린 것으로 알려져 있다.

도서생물지리학이론을 자연보존과 관련시켜 연구한 논문은 Simberloff & Abele(1976a, b), Pielou(1979), Soule & Wilcox(1980), Frankel & Soule(1981), Williamson(1981), Brown & Gibson(1983) 및 Diamond(1984) 등이 있다. 이들의 내용은 주로 ① 보전지역은 가능하면 넓을수록 좋으며, 개체수가 많을 수록 좋다, ② 보전지역은 가능하면 주변의 생태적 균집과 접촉범위가 넓을수록 좋다, ③ 보전지역은 인접의 지역과 격리가 되지 않도록 예방조치가 필요하다 등의 세가지 내용으로 요약할 수 있다.

도서생물지리학의 이론중 보전지역의 설계전략과 관계지어 가장 관심이 되고 있는 내용은 평형설과 종-면적 관계로서 다음의 세가지 측면(Margules, et al., 1982)이 주고 고려되고 있다. 즉

① 규모가 작은 지역에 비하여 거대한 단일 규모의 보전지역이 가지는 장점, ② 보전지역의 체계상 가장 바람직한 공간의 배열 및 ③ 가장 적합한 보전지역의 형태 등에 관한 것이다. Figure2는 이러한 보전지역의 배열형태를 도식적으로 나타낸 것이다. 자연보전지역을 적절한 계획을 통하여 바람직한 서식처 보존의 가치를 달성하고 생물적 다양성을 영속적으로 유지할 수 있도록 해야 한다는 점(Noss, 1983; Harris, 1984; Franklin & Forman, 1987)에서 특히 우리나라의 경우처럼 보전지역의 지정에 있어서 획일적인 등고도 또는 행정구역 중심으로만 구역이 지정되어 보존을 위한 관리를 하고 있다는 점을 비추어 볼 때에 앞으로 이에 대한 더욱 많은 실질적인 연구가 수행되어야 할 것으로 판단된다.

도서생물지리학 이론은 처음부터 자연보전지역의 설계와 결부시켜서 연구가 시작된 것은 아니었으며, 그 당시에는 현재 자연보전 지역의 보존에 대한 중요한 개념 중의 하나가 된 주변부 효과를 고려에 넣지 않았던 문제점이 있었다(Laurance, 1991). 따라서 특정보호지역에 대하여 본 이론을

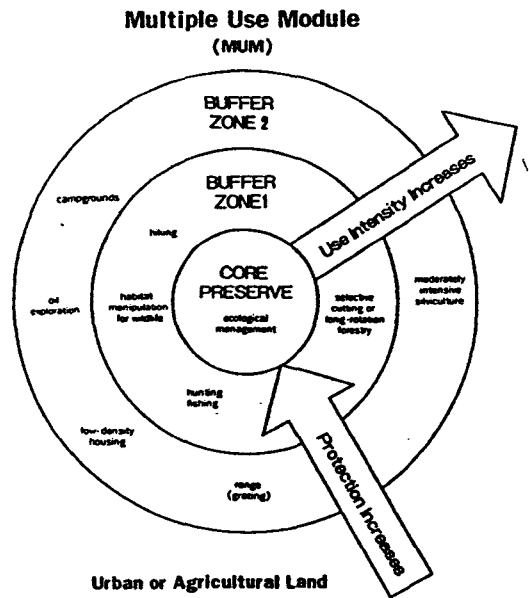


Figure 2. A multiple-use-module (MUM), modified from Harris (1984). An inviolate core preserve is surrounded by a gradation of multiple-use buffer zones. Intensity of use increases as one moves outward through the buffer zones, while intensity of protection increases inward.

적용시키고자 할 때에 주연부 효과를 동시에 고려한다면 보다 합리적인 보존을 위한 해결책을 구할 수 있을 것이다. 특히 이는 우리나라와 같이 인간의 간섭이 매우 심하고, 그 규제가 비교적 어려운 현실에 놓여 있는 경우처럼 점차 주연부의 길이나 깊이가 연장되고 있는 추세를 놓고 볼 때에 그 중요성은 더욱 크다고 하겠다.

## 2. 서식처 분획화

### (1) 기본 개념

서식처의 보존은 생물적 다양성의 보존과 함께

오늘날 보존생물학의 주요한 관심사가 되고 있다 (Wilcox & Murphy, 1985). 예를 들면 미국의 Yellowstone 국립공원과 같이 생태학이 발전되기 이전에 국립공원으로 지정된 경우에는 이러한 서식처 보존의 개념과 국립공원 지정 등 자연보존의 개념은 다른 것이었다. 왜냐하면 그 당시 국립공원의 지정목적은 주로 야생동물의 보호가 주 목적이었으며, 더구나 공원의 지정 당시 생태학적인 개념에 의한 입지의 선정기준 및 유지관리 등은 전혀 생각할 수가 없었다. 서식처의 보존에 관한 문제의 제기 이후 주로 인간의 영향에 의한 생태계의 파괴에 따른 결과라 할 수 있다.

Table 1. Different Components of Habitat Fragmentation and Examples of How They may Influence Population Dynamics.

| Main Component                            | Habitat Change  | Consequences for Population Dynamics  |
|---|---|---|
| Distance-area or population-level effects | Reduced connectivity, insularization, increased interfragment distance          | Directly affecting dispersal, reduces the immigration rate  |
|   | Reduced fragment size, reduced total area                                       | Directly affecting population size, increases the extinction rate   |
| Landscape or community-level effects      | Reduced interior-edge ration  | Indirectly affecting mortality and production through increased pressure from predators, competitors, parasites and disease                 |
|   | Reduced fragment-matrix ratio<br>Reduced habitat heterogeneity within fragments | Indirectly affecting population size through reduced carrying capacity within the fragment  |
|   | Increased habitat heterogeneity in surrounding matrix                           | Indirectly affecting mortality and production through increased carrying capacity of predators, competitors, etc. in the surrounding matrix |
|   | Loss of keystone species from the habitat                                       | Indirect effect through disruption of mutualistic guilds or food webs   |
| Landscape or community-level effects      | Reduced interior-edge ratio   | Indirectly affecting mortality and production through increased pressure from predators, competitors, parasites and disease                 |
|   | Reduced fragment-matrix ratio   |   |
|   | Reduced habitat heterogeneity within fragments                                  | Indirectly affecting population size through reduced carrying capacity within the fragments   |
|   | Increased habitat heterogeneity in surrounding matrix                           | Indirectly affecting mortality and production through increased carrying capacity of predators, competitors, etc. in the surrounding matrix |
|   | Loss of keystone species from the habitat                                       | Indirect effect through disruption of mutualistic guilds of food webs   |

서식처의 분획화를 생각하기에 앞서, 분획(Fragmentation)이란 전체로부터 떨어져 나와 주변으로부터 고립된 불안정한 한 부분이라고 정의할 수가 있다(Rolstad, 1991). 연속적인 분획의 개념인 자연경관의 영속적인 보존은 점차 심각한 과제가 되고 있는 생물학적 다양성의 상실에 대한 우려를 고려할 때에 자연보전의 가장 중요한 요소 중의 하나가 되고 있다(Wilcox & Murphy, 1985). 분획화(Fragmentation)를 통한 일련의 격리 과정은 도서화(Insularization)로 규정된 바 있다(Wilcox, 1980). 한편 분획화가 이미 발달된 특정 생태계의 규모와 종수와의 일정한 관계가 성립되는 것으로 보고되고 있다(Usher, 1987)는 점에서 이는 기본적으로 도서생물지리학의 개념적인 틀에 그 기초를 두고 있다(MacArthur & Wilson, 1967; Burgess & Sharpe, 1981).

서식처 분획화는 분획의 크기, 분획내 서식처의 이질성, 주변의 서식처 및 주변효과 등과 같은 내재된 많은 요인을 포함한 복잡한 한 과정으로써 이해해야 할 것이며(Wilcox & Murphy, 1985; Wilcove *et al.*, 1986), 서식처 분획화의 주요 내용은 Table 1과 같다(Rolstad, 1991).

(2) 집단에 대한 서식처 분획화의 효과

자연보전지역의 보존에 있어서 특정한 종이나 집단의 보존 필요성은 보존생물학(Conservation Biology)의 주요한 관심사가 되고 있다는 사실은 널리 알려져 있다(Norse *et al.*, 1986; Soule, 1986). 우리는 자연생태계의 복잡한 과정의 하나로 진행되는 서식처의 분획에 대한 구조를 이해할 필요가 있다. 특정한 서식처내 야생동식물의 종이나 집단은 필연적으로 내, 외부의 영향을 받고 있으

며, 생태계가 분획됨으로 인하여 발생하는 미기후의 변화와 격리(Saunders *et al.*, 1991) 및 유전변이에 의한 변화(Templeton *et al.*, 1990)가 주요한 관심사로 되고 있다. 도서생물지리학이나 서식처의 분획 이론은 해당 자연보전지역의 구조를 이해하거나, 해석에 적용이 가능하다는 점에서, 서식처 분획화에 대한 더욱 정확한 이해와 해석에 관한 지식이 필요하다.

모든 야생동식물의 종은, 물론 생물군집의 한 일원이고, 따라서 이들의 생존은 야생상태에서 연속적인 군집의 존재 즉 군집과 서식처가 양호한가 등의 환경요인에 따라 영향을 받게 된다(Bradshaw & Doody, 1978). 서식처란 일련의 연속적인 집합체로 구성되어 있는 거대한 한 몸체로 본다면, 이러한 연속체가 외부의 어떠한 간섭을 통하여 방해받을 경우에, 서식처 내부의 동적인 구조를 아주 빠르게 또는 천천히 변화시키기 때문에 그 변화의 양상은 매우 복잡한 편이다.

분획화된 서식처로 구분된 조직체는 다음과 같은 두 가지 문제에 직면하게 되는데, ① 남아있는 분획은 생존공간의 제공과 산포기회를 충분히 제공할 수 있는 크기의 규모인가? ② 주변으로부터의 영향은 무엇인가? 등의 내용이며, 이 문제는 현재 M.V.P.(Minimum Viable Population) 및 주변부 효과 등의 내용으로 많은 연구가 진행되고 있다.

(3) 보존에 대한 적용

자연생태계에 대한 인간의 영향이 더욱 증대될수록 분획화는 더욱 급속도로 진행될 것이다. 이러한 분획화는 종의 멸종속도를 더욱 가속화 시킬 것으로 보고되고 있으며, 향후 25년 이내에 백만종이

Table 2. Implications of Different Scales of Habitat Dispersion to Various Attributes of Fragments and Fragmented Landscapes.

|   | Dispersion   |                                       |
|---|--|---------------------------------------|
|   | Geographical (----)                                | Structural                            |
| Size (m <sup>2</sup> ) :                | large : 100  | small : 10                            |
| Isolation :                             | Usually medium to large                            | usually small                         |
| Boundary gradient :                     | steep  | shallow                               |
| Impact of extrinsic disturbance :       | confined to edge and up to a few hundred meters in | throughout                            |
| Vulnerability to functional disruption: | medium to small                                    | medium to large                       |
| Scale of organism affected :            | large generalist to medium specialist              | medium specialist to small specialist |
| Advantages for conservation :           | usually has intact interior                        | usually of greater to tal extent      |

Source : Lord & Norton, 1990.

상의 동식물이 멸종될 것으로 예측되고 있다(Ehrlich & Wilson, 1991; Solbrig, 1991). 지리적 분획화는 전통적인 분획화의 개념이 되어 왔으며, 보존에 대한 이 이론의 적용이 매우 광범위하게 논의 되어 왔다. Table 2는 분획화에 대한 4가지의 중요한 보존측면을 도식화한 것이다.

서식처에 대한 분획화의 주요한 영향은 연속적인 서식처의 상실과 깊은 관련이 있으며, 이러한 서식처의 상실은 궁극적으로 분획화의 규모와 관련이 있다(Lord & Norton, 1990). 어떤 일정한 규모의 분획화에서의 서식처의 상실과 격리는 organism-specific으로 고려될 수 있으나, 주연부 효과의 물리적인 영향은 분획화 자체의 특성과는 독립적이다. 이러한 지리적 분획화에 있어서 주연부 효과의 영향은 분획 내부로 500미터에서(Laurance, 1991), 수백미터까지 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(Wilcove *et al.*, 1986). 아울러 주연부효과와 관련하여 고립된 보존지역이나 분획 내에 포함된 원래의 서식처의 양을 예측할 수 있는 방법의 하나로 Core-Area Model이 제시된 바 있으며, 이는 Simulation결과 규모나 형태에 관계없이 그 정확도는 99% 이상인 것으로 알려지고 있다(Laurance & Yensen, 1991). Laurance(1991)는 격리된 자연보존지역의 크기는 최소한 2,000-4,000ha 이상은 되어야 한다고 보고하였다.

### 3. 도서생물지리학과 서식처 분획화 이론의 보존에 대한 적용

#### (1) 생물적 다양성의 유지와 보존지역 설계

인위적인 유지관리를 통한 생물적 다양성의 보존은 종과 서식처간의 상호작용을 고려해야 하기 때문에 매우 복잡한 문제이기도 하지만(Danielson, 1991), 생물적 다양성을 유지하는 최선의 방법은 기존의 서식처를 적극적으로 보존해야 하는데 있다. 이러한 관점에서 볼 때에 서식처 분획화와 매우 관계가 깊은 생물적 다양성은 자연보존지역의 보존전략 수립시 가장 주요한 고려사항 중의 하나가 되고 있다. 보존에 대한 생물학적 이론의 적용이 점차 증가하는 경향을 놓고 볼 때에, 이 내용에 대한 정확한 이해가 필요하다. 1984년에 처음으로 서식처 분획화라는 용어의 사용이 시작된 이래 서식처 분획화는 우리나라 보호구역의 경우 ① 서식처의 상실과 ② 도서화 현상이라는 두가지 관점에서 접근하는 것이 바람직할 것이다.

현재 우리나라에서 개발과 과도한 이용에 따른

서식처의 분획화가 점차 심해짐에 따라 서식처가 받게 될 위협의 가능성은 크게 ① 식생단위(구조)가 파괴될 가능성이 높고, 식생의 크기가 줄어들고 보다 세분화되며, ② 분획화가 진행됨에 따라서 상호간의 교류가 중단되고, 이입자원이 상실되며, ③ 서식처 패치(habitat patch)간의 이입이 중단되는 등의 세가지 내용으로 예측할 수 있다. 분획화가 진행(발전)될수록 집단의 규모는 보다 세분화된다. 따라서 이는 주연부의 발달과 함께 동물상의 변화, 식생 및 미기후의 변화 및 종자발아에 영향을 미치는 등 여러가지의 변화를 예측할 수가 있으며(Wilcove *et al.*, 1986), 이 중에서 동물상이 가장 큰 영향을 받게 되는데, 그 이유는 동물은 대체적으로 몸집이 크고, 먹이구조의 필요 때문이다. 따라서 비교적 멸종위기에 있는 척추동물의 경우는 대부분 서식처의 분획화에 의한 결과라고 볼 수 있다. 그러나 식물의 경우 동물과는 달리 가장 큰 영향을 받게 되는 요소는 주연부 효과이다. 이는 식물의 생장에 있어서 기상적인 영향을 많이 받기 때문이다(Table 3). Ranney(1977) 및 Wales(1972) 등의 연구에 의하면 주연부 효과에 의한 식생의 변화는 삼림내부로 10-20m까지 영향을 미치며, Wilcove(1985)는 식물보다는 동물의 경우 더 많은 영향을 받고 있는 것으로 보고한 바 있다.

자연보존지역의 보존전략에 있어서, 가장 중요한 고려사항은 한 지역내의 모든 종을 모두 동등하게 취급해서는 안되며, 보존전략의 초점은 다양한 인간활동에 의해 위협을 받거나 받고 있는 종과 서식처를 대상으로 해야 할 것이다. 또한 대상지역의 생물적 다양성을 최대한으로 함과 동시에 생태계의 기능을 유지하는 것이 중요하며, 보다 적절한 설계를 통하여 경관을 바람직한 서식처로서의 가치와 생물적 다양성을 유지할 수 있도록 해야 할 것이다(Noss, 1983; Harris, 1984; Franklin & Forman, 1987).

#### (2) 최소집단의 규모

Shaffer(1981)는 최소집단에 대한 정의에서 격리되어 있는 가장 작은 규모의 집단이 어떠한 서식처에서 최소한 100년동안 주변으로부터 가해질 수 있는 ① demographic stochasticity(집단구조와 breeding success), ② 환경 stochasticity(포식자, 경쟁 및 병) 및 유전적 stochasticity(유전자 부동에 의한 유전변이의 상실, 근친교배 및 Founder effect) 및 ③ 자연적 stochasticity(산화, 가뭄 및 홍수) 등의 요인으로부터 99% 이상 살아남을 수 있

Table 3. Classes of Edge-related Changes

| Class                        | Description of Changes  |
|------------------------------|---|
| Abiotic                      | Temperature<br>Relative humidity<br>Penetration of light<br>Exposure to wind  |
| Biological :<br>First order  | Elevated tree mortality (standing dead trees)<br>Treefalls on windward margin<br>Leaffall<br>Flourish of plant growth near margins<br>Depressed bird populations near margins<br>Crowding effects on refuge birds |
| Biological :<br>Second order | Increased insect populations (e.g., light-loving butterflies)   |
| Biological :<br>Third order  | Disturbance of forest interior butterflies, but increased population of light-loving species<br>Enhanced survival of insectivorous species at increased densities (e.g., tamarins)                                |

Source : Lovejoy, et al., 1986.

는 가능성이 있는 집단의 규모를 어떠한 종의 최소 집단으로 규정한 바 있다. 이상의 세가지 요인 중 유전적 요인은 최소집단의 규모를 규정하는데 있어서 그리 중요한 요인이 되지 못한 것으로 발표되고 있는 바, 그 이유는 유전적 요인은 환경의 변화에 대하여 극히 제한적으로 영향을 받기 때문인 것으로 알려져 있다(Berry; 1971, 1983).

(3) 자연보전지역과 격리

분획화를 다루기 위한 가장 기본적인 개념은 도서생물지리학의 증수는 항상 균형을 이룬다는 데에 두고 있다(Preston, 1962; MacArthur & Wilson, 1967; Burgess & Sharpe, 1981).

자연보전지역의 격리와 이의 부적절한 규모는 궁극적으로 종의 상실을 유도하는 것으로 널리 알려져 있다. 이는 주로 동물상에 관한 내용이 많으며, 특히 면적의 규모가 작을수록 종의 멸종 가능성이 높은 것으로 알려지고 있다. 이러한 점에서 도서생물지리학과 서식처 분획화 이론의 적용에 대한 보다 많은 연구가 진행될 것으로 보인다. 따라서 자연보전지역의 설정에 있어서 위의 세가지 내용에 대한 충분한 검토가 필요하리라 생각된다. 왜냐하면, 우리나라의 경우 특히 천연기념물로 지정된 대부분의 식물집단의 경우 군집이 차지한 지역만 보호대상이 되고 있는 현실에 비추어 볼 때에, 자연보전지역의 가장 중요한 내용인 연속성의 지속을 고려한다면, 오히려 인접의 집단과 고립상태만 만들어 주는 셈이 되기 때문이다.

자연보전지역의 설정에 있어서 가장 중요한 내

용은 어떻게 하면 특정 대상의 종들이 영속적인 특성을 영위하는가 하는데 있다. 이러한 내용은 앞서의 서식처 분획화 및 최소집단의 규모와 깊은 관련이 있다. 따라서 자연보전지역의 설정에 있어서 가장 중요한 내용 중의 하나는 주변의 집단으로부터 영향을 최소화하기 위하여 어떠한 방법으로 완충지역(Buffer zone)을 설정하는가에 있다. 따라서 완충지역의 설정은 공원지역의 권역을 설정하는 토지이용계획상 가장 중요한 개념의 하나가 되고 있다.

현재 가장 보편적으로 이용되고 있는 방법의 하나인 생물권 보존구역의 개념도인 Figure 2는 격리의 가능성을 최소화할 수 있어서 현재 전세계적으로 이 개념이 널리 적용되고 있다. 이러한 개념은 우리나라의 국립공원 또는 도립공원의 예치림 용도지구의 설정이나 이에 따른 적절한 관리가 매우 불충분한 경우를 비추어 볼 때에 이 개념에 입각한 충실한 관리의 도모가 필요하다고 생각된다.

한편 이상의 주장들은 보존지역을 하나의 도서로 간주하여 접근한 방법인데 비하여, 반대의 의견도 있어서 도서와의 뚜렷한 제반 환경차이 때문에 도서생물지리학의 이론을 적용하기에는 무리라는 일부의 주장도 있다(Janzen, 1983; Zimmerman & Bierregard, 1986; Zube, 1992).

(4) SLOSS(Single Large or Several Small Reserves)

자연에 대한 훼손이 점차 심각해지고 있는 현실에 미추어 볼 때에 보존지역의 규모가 점차 소규모



로 지정되고 있다. 이렇게 비교적 면적이 좁은 보존지역은 주연부의 면적증가에 따른 보호유지에 비용이 많이 소요될 뿐만 아니라, 그 지역내 동식물상의 동적인 구조에도 많은 영향을 미치게 된다.

보존구역의 규모와 관련하여 현재 가장 관심의 대상이 되고 있는 개념중의 하나는 Single Large, or Several Small Reserves(SLOSS)이다. 현재 IUCN의 세계보전전략(World Conservation Strategy)의 한 내용으로 채택(IUCN, 1980)된 바 있는 이 개념은 보존을 위하여 면적규모가 작은 지역을 여러개 만드는 것이 좋은가, 아니면 큰 규모의 것을 하나만 만드는 것이 효율적으로 이상적인가 하는 내용이다. 일반적으로 단일규모의 넓은 보존지역은 여러 개의 좁은 보존지역보다 더욱 많은 종을 보유할 수 있다고 보고되고 있으나(Wilson & Willis, 1975; Diamond & May, 1976; Gilpin & Diamond, 1980), 이 내용에 관해서는 실제 적용에 대하여 많은 논란이 있어 왔다(Simberloff & Abele, 1976a, b; Blouin & Connor, 1985). 생물지리학적인 주요개념 중의 하나인 종-면적간의 관계는 이론주장의 배경이 보존을 전제로 하지 않았었기 때문에, 실제로 적용하기에는 너무 모호하다는 주장도 있다(Simberloff & Abele, 1976a, b; Diamond, 1976; Terborgh, 1976; Whitcomb *et al.*, 1976; Jarvinen, 1982).

#### (5) 앞으로의 과제

자연보존에 있어서 가장 어려운 문제 중의 하나는 종이란 무한하게 존재할 수는 없기 때문에, 궁극적으로 모든 종은 언젠가는 결국 멸종할 수 밖에 없으며(Raup & Septoski, 1984), 장소에 따라서는 도서생물지리학 이론의 근본배경인 종-면적 관계가 서로 상반될 수도 있다(Helliwell, 1976). 따라서 이 문제는 앞으로 더 많은 자료의 수집과 함께 검토를 해야 하리라 믿는다.

도서생물지리학이나 서식처 분획의 이론 모두가 면적의 규모를 매우 중시하고 있기 때문에 이의 적용에 대한 문제점을 해결하기 위해서 최근 동물상의 보존에 대하여 적용이 시작된 최소활성집단(M.V.P.: Minimum Viable Population)에 대한 연구가 식물상에도 똑같이 적용이 가능할 수 있을 때까지, 앞으로 이 분야에 대한 연구의 진전이 필요하다고 생각된다(Samson, 1983). 즉 최소활성집단의 개념은 다음과 같은 몇 가지 이유에서 중요하다. 첫째로 규모가 작은 집단은 큰 집단보다도 유전자 부동이나 근친교배를 통하여 더욱 급격하

게 유전변이를 상실하는 것으로 알려져 있으며(Franklin, 1980; Frankel & Soule, 1981), 둘째로 규모가 작은 집단은 큰 집단과 비교하여 예측할 수 없는 환경의 급변 등으로 인한 종의 멸실(Stochastic extinction) 가능성이 보다 높다는 점이며(Shaffer, 1981), 마지막으로 각 종들은 각기 고유의 적정 생존공간범위가 다르다는 점이다(Diamond, 1975). 또한 도서생물지리학의 개념에서 고려되지 않았으며, 동시에 서식처 분획이론을 보다 발전시킬 수 있는 중요한 내용이 되고 있는 환경의 차이에 따른 주연부 효과에 대해서도 더욱 많은 자료의 축적이 필요하리라 생각한다.

마지막으로 보전지역의 보전에 있어서 어떠한 경우이든 일정한 보존지역의 범위설정이 필요한데, 위의 두가지 이론을 기본으로 하여 현재 논란이 되고 있는 생물학적 경계선과 행정적인 경계선(Legal and biotic boundaries)에 대한 오류를 극복하기 위한 합리적인 연구가 매우 필요하리라 생각한다(Newmark, 1985; Schonewald-Cox & Bayless, 1986). 이러한 내용은 현재 우리나라에서 자연보전지역으로 지정되어 있는 지역이 거의 대부분 보호대상이 되는 특정의 종만을 대상으로 하여 지정된 것이 대부분이며, 전반적인 보전지역의 범위도 거의 대부분 행정적인 경계선을 위주로 하였거나 등고도를 중심으로 일률적으로 지정된 곳이 많기 때문이다. 따라서 각기 고유한 상태에 있는 보전지역의 보전을 위하여 다양한 접근 방법에 의한 합리적인 지정범위의 설정이 앞으로의 보존문제에 대한 시행착오를 줄이는 한 첩경이 될 것이다.

## 인용문헌

- Berry, R.J. 1971. Conservation Aspect of the Genetical Constitution of Populations. In Duffey, E. & A.S. Watt (eds.). *The Scientific Management of Animal and Plant Communities for Conservation*. pp. 177-206. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Berry, R.J. 1983. Genetics and Conservation. In Warren, A. & F.B. Goldsmith (eds.). *Conservation in Perspective*. pp. 141-156. John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, England.

- Blouin, M.S. & E.F. Connor. 1985. Is There a Best Shape for Nature Reserves? *Biological Conservation* 32: 277-288.
- Bradshaw, M.E. & J.P. Doody. 1978. Plant Population Studies and Their Relevance to Nature Conservation. *Biological Conservation* 14: 223-242.
- Brown, J.H. & A.C. Gibson. 1983. *Biogeography*. The C.V. Mosby Company, St. Louis, Mo.
- Browne, J. 1983. *The Secular Ark: Studies in the History of Biogeography*. Yale University Press, New Haven, Ct.
- Buckley, R. 1982. The Habitat-Unit Model of Island Biogeography. *Journal of Biogeography* 9: 339-344
- Burgess, R.C. & D.M. Sharpe (eds.). 1981. *Forest Island Dynamics in Man-dominated Landscapes*. Springer-Verlag, New York
- Burgman, M.A., H.R. Akcakaya & S.S. Loew. 1988. The Use of Extinction Models for Species Conservation. *Biological Conservation* 43: 9-25.
- Carlquist, S. 1974. *Island Biology*. Columbia University Press, New York.
- Connor, E.F. & E.D. McCoy. 1979. The Statistics and Biology of the Species-Area Relationship. *American Naturalist* 113: 791-833
- Danielson, B.J. 1991. Communities in a Landscape: The Influence of Habitat Heterogeneity on the Interactions between Species. *American Naturalist* 138(5): 1105-1120.
- Darlington, P.J. 1957. *Zoogeography: The Geographic Distribution of Animals*. John Wiley & Sons, New York
- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. John Murray, London.
- Diamond, J.M. 1975. The Island Dilemma: Lessons of Modern Biogeographic Studies for the Design of Natural Reserves. *Biological Conservation* 7(2): 129-146.
- Diamond, J.M. 1976. Island Biogeography and Conservation: Strategy and Limitations. *Science* 193: 1027-1029.
- Diamond, J.M. 1984. 'Normal' Extinctions of Isolated Populations. In Nitecki, M.H. (ed.). *Extinctions*. pp. 191-246. The University of Chicago Press, Chicago.
- Diamond, J.M. & R.M. May. 1976. Island Biogeography and the Design of Natural Reserves. In May, R.M. (ed.). *Theoretical Ecology: Principles and Applications*. pp. 163-186. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Ehrlich, P.R. & E.O. Wilson. 1991. Biodiversity Studies and Policy. *Science* 253: 758-762.
- Fisk, D.J. 1992. After UNCED. *Systematics & Conservation Evaluation*, London, June 17-19, 1992.
- Frankel, O.H. & M.E. Soule. 1981. *Conservation and Evolution*. Cambridge University Press, London.
- Franklin, I.A. 1980. Evolutionary Change in Small Populations. In Soule, M.E. & B.A. Wilcox (eds.). *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*. pp. 135-149. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Mass.
- Franklin, J.F. & R.T.T. Forman. 1987. Creating Landscape Patterns by Cutting: Ecological Consequences and Principles. *Landscape Ecology* 1: 5-18.
- Gilpin, M.E. & J.M. Diamond. 1980. Subdivision of Nature Reserves and the Maintenance of Species Diversity. *Nature* 285: 567-568.
- Harris, L.D. 1984. *The Fragmented Forest*. University of Chicago Press, Chicago. 211 pp.
- Helliwell, D.R. 1976. The Extent and Location of Nature Conservation Areas. *Environmental Conservation* 3: 255-258.
- IUCN. 1980. *World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development*. Gland, IUCN.
- Janzen, D.H. 1983. No Park is an Island: Increase in Interference from Outside as

- Park Size Decreases. *Oikos* 41: 402-410
- Jarvinen, O. 1982. Conservation of Endangered Plant Populations: Single Large or Several Small Reserves? *Oikos* 38: 301-307.
- Lack, D. 1976. *Island Biology: Illustrated by the Land Birds of Jamaica*. University of California press, Berkeley.
- Laurance, W.F. 1991. Edge Effects in Tropical Forest Fragments: Application of a Model for the Design of Nature Reserves. *Biological Conservation* 57(2): 205-219.
- Laurance, W.F. & E. Yensen. 1991. Predicting the Impacts of Edge Effects in Fragmented habitats. *Biological Conservation* 55: 77-92
- Lord, J.M. & D.A. Norton. 1990. Scale and the Spatial Concept of Fragmentation. *Conservation Biology* 4(2): 197-202.
- Lovejoy, T.E., R.O. Bierregaard, Jr., A.B. Rylands, J.R. Malcolm, C.E. Quintela, L. H. Harper, K.S. Brown, Jr., A.H. Powell, G.V.N. Powell, H.O.R. Schubart, & M.B. Hays. 1986. Edge and Other Effects of Isolation on Amazon Forest Fragments. pp. 257-285. In Soule (ed.) *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*, Sinauer.
- MacArthur, R.H. & E.O. Wilson. 1963. An Equilibrium Theory of Insular Zoogeography. *Evolution* 17: 372-387.
- MacArthur, R.H. & E.O. Wilson. 1967. *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Margules, C., A.J. Higgs & R.W. Rafe. 1982. Modern Biogeographic Theory: Are There Any Lessons for Nature Reserve Design? *Biological Conservation* 24: 115-128.
- Newmark, W.D. 1985. Legal and Biotic Boundaries of Western North American National Parks: A Problem of Congruence. *Biological Conservation* 33: 197-208.
- Norse, E.A., K.L. Rosenbaum, D.S. Wilcove, B.A. Wilcox, W.H. Romme, D.W. Johnston & M.L. Stout. 1986. Conserving Biological Diversity in Our National Forests. Washington, D.C. : The Wilderness Society.
- Noss, R.F. 1983. A Regional Landscape Approach to Maintain Diversity. *BioScience* 3: 700-706.
- Noss, R.F. 1987. Protecting Natural Areas in Fragmented Landscapes. *Natural Areas Journal* 7(1): 2-13.
- Pielou, E.C. 1979. *Biogeography*. John Wiley & Sons, New York.
- Preston, F.W. 1960. Time and Space and the Variation of Species. *Ecology* 41: 611-627.
- Preston, F.W. 1962. The Canonical Distribution of Commonness and Rarity. *Ecology* 6: 88-97.
- Ranney, J.W. 1977. Forest Island Edges-Their Structure, Development, and Implication to Regional Forest Ecosystem Dynamics. EDFB/IBP-77-1. Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tenn.
- Raup, D.M. & J.J. Sepkoski. 1984. Periodicity of Extinctions in the Geologic Past. *Proceedings of National Academy of Science* 81: 801-805.
- Rolstad, J. 1991. Consequences of Forest Fragmentation for the Dynamics of Bird Populations: Conceptual Issues and the Evidence. *Biological Journal of the Linnean Society* 42: 149-163.
- Samson, F.B. 1983. Minimum Viable Populations-A Review. *Natural Areas Journal* 3: 15-23.
- Saunders, D.A., R.J. Hobbs & C.R. Margules. 1991. Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology* 5(1): 18-32
- Schoener, T.W. 1983. Rete of Species Turnover Decreases from Lower to Higher Organisms: A Review of the Data. *Oikos* 41: 372-377.
- Schonewald-Cox, C.B. & J.W. Bayless. 1986. The Boundary Model: A Geographical Analysis of Design and Conservation of Nature Reserves. *Biological Conservation* 38: 305-322.
- Shafer, C.L. 1990. *Nature Reserves: Island*

- Theory and Conservation Practice. Smithsonian Institution Press. 189 pp.
- Shaffer, M.L. 1981. Minimum Population Sizes for Species Conservation. *BioScience* 31: 131-134
- Simberloff, D.S. 1972. Models in Biogeography. In Schopf, T.J.M. (ed.) *Models in Paleobiology*, pp. 160-243. Freeman, Cooper, San Francisco.
- Simberloff, D.S. & L.G. Abele. 1976a. Island Biogeography Theory and Conservation Practice. *Science* 191: 285-286
- Simberloff, D.S. & L.G. Abele. 1976b. Island Biogeography and Conservation: Strategy and Limitations. *Science* 193: 1032.
- Solbrig, O.T. 1991. Biodiversity: Scientific Issues and Collaborative Research Proposals. MAB Digest 9. UNESCO, Paris.
- Soule, M.A. (ed.). 1986. *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland, Sinauer, MA. 584 pp.
- Soule, M.A. & B.A. Wilcox. 1980. Conservation Biology: Its Scope and Its Challenge. In Soule, M.E. & B.A. Wilcox (eds.). *Conservation Biology: An Evolutionary Ecological Perspective*, pp. 1-8. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Mass.
- Templeton, A.R., K. Shaw, E. Routman & S. K. Davis. 1990. The Genetic Consequences of Habitat Fragmentation. *Annals of the Missouri Botanic Garden* 77: 13-27.
- Terborgh, J. 1976. Island Biogeography and Conservation: Strategy and Limitations. *Science* 193: 1029-1030.
- USAID. 1992. Tropical Forestry & Biological Diversity. USAID Report to Congress 1990-1991. USAID, Washington, D.C. 56 pp.
- Usher, M.B. 1987. Effects of Fragmentation on Communities and Populations: A Review with Applications to Wildlife Conservation. In *Nature Conservation: The Role of Remnants of Native Vegetation*, pp. 103-121. (eds.) Saunders, D.A., G.W. Arnold, A.A. Burbidge & A.J.M. Hopkins. Surrey Beatty & Sons Pty Limited.
- Wales, B.A. 1972. Vegetation Analysis of North and South Edges in a Mature Oak-Hickory Forest. *Ecological Monograph* 42: 451-471.
- Wallace, A.R. 1869. *The Malay Archipelago: The Lands of the Orangutan, and the Birds of Paradise*. Harper, New York.
- Wallace, A.R. 1880. *Island Life, or the Phenomena and Causes of Insular Faunas and Floras*. Macmillan, London.
- Whitcomb, R.F., J.F. Lynch, P.A. Opler, & C.S. Robins. 1976. *Island Biogeography and Conservation: Strategy and Limitations*. *Science* 193: 1030-1032.
- Wilcove, D.S. 1985. *Forest Fragmentation and the Decline of Migratory Songbirds*. Ph.D. Dissertation, Princeton University, Princeton, N.J.
- Wilcove, D.S., C.H. McLellan & A.P. Dobson. 1986. Habitat Fragmentation in the Temperate Zone. In Soule, M.E. (ed.). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*, pp. 237-256. Sinauer Associated., Sunderland, Mass.
- Wilcox, B.A. 1980. *Insular Ecology and Conservation*. In Soule, M.E. & B.A. Wilcox. (eds.). *Conservation Biology: An Evolutionary - Ecological Perspective*, pp. 95-117. Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Mass.
- Wilcox, B.A. & D.D. Murphy. 1985. Conservation Strategy: The Effects of Fragmentation on Extinction. *American Naturalist* 125: 879-887.
- Williams, C.B. 1964. *Patterns in the Balance of Nature and Related Problems in Quantitative Ecology*. Academic Press, New York.
- Williamson, M.H. 1981. *Island Populations*. Oxford University Press, Oxford.
- Wilson, E.O. & E.O. Wilis. 1975. Applied Biogeography. In Cody, M.L. & J.M. Diamond (eds.). *Ecology and Evolution of Communities*, pp. 522-534. (Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Mass).

Zimmerman, B.L. & R. Bierregarrd. 1986. Relevance of the Equilibrium Theory of Island Biogeography and Species-Area Relations to Conservation with a Case from Amazonia. *Journal of Biogeography* 13: 133-143.

Zube, E.H. 1992. No Park is an Island. IVth World Congress on National Parks and Protected Areas. Plenary Sessions and Sympogium Papers p. 229-235. Caracas, Venezuela. 10-21 February, 1992.