韓國環境復元技術學會誌 21(5)：29～37(2018)
J. Korean Env. Res. Tech. 21(5)：29～37(2018)
DOI：https://doi.org/10.13087/kosert.2018.21.5.29
ISSN 1229-3032

전국자연환경조사 자료를 이용한 생물다양성 정량화의 적정공간단위 연구*

이경일[1)] · 황진후[1)] · 장래익[2)] · 류지은[2)] · 전성우[1)]

[1)] 고려대학교 환경생태공학과 · [2)] 고려대학교 환경GIS/RS센터

Study on the Appropriate Spatial unit to Measure Biodiversity Using National Ecosystem Survey Data*

Lee, Kyung-Il[1)] · Hwang, Jin-Hoo[1)] · Jang, Rae-Ik[2)] · Ryu, Ji-Eun[2)] and Jeon, Seong-Woo[1)]*

[1)] Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University,
[2)] Environmental GIS/RS Center, Korea University.

ABSTRACT

Biodiversity refers to the diversity of organisms originating from all sources, including terrestrial ecosystems, aquatic ecosystems, and complex ecosystems and it is considered to be the standard of the area to be preserved and protected. So The Importance of environmental assessment for biodiversity conservation is increasing and International efforts to quantify biodiversity and to develop indices have been made, but there are insufficient researches on the use of biomass databases and their quantification in Korea. In this study, the biodiversity map was constructed using the 3rd National Ecosystem Survey Mammal Data with three spatial units(Administrative Area, 1:5,000 index map, hexagonal lattice). and the difference of map constructed by spatial unit was suggested to help research on quantification and evaluation of biodiversity in the future. As a result of the study, biodiversity index for the same area varied according to the spatial unit and overall average and standard deviation were different too. Therefore it is necessary to utilize appropriate spatial unit considering the suitability and purpose of quantification rather than using specific unit. It also showed the necessity of establishing a standard for biodiversity index as a result of comparative analysis with ecosystem and nature map. Based on this research, comprehensive efforts should be made for the sustainable development

* 본 결과물은 환경부의 재원으로 환국환경산업기술원의 “훼손 유형별 생태복원사업 모델 개발 및 평가 체계 구축 사후관리 기술개발” 지원을 받아 연구되었습니다. (과제번호: 2018000210006)

First author：Lee, Kyung-il, Division of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University, Tel : +82-2-3290-3543, E-mail : leedake@korea.ac.kr

Corresponding author：Jeon, Seong-Woo, Division of Environmental Science & Ecological Engineering, Korea University, Tel : +82-2-3290-3043, E-mail : eepps_korea@korea.ac.kr

Received：30 August, 2018. **Revised**：24 October, 2018. **Accepted**：23 October, 2018.

of the country through further research and institutional improvement for quantification and evaluation of biodiversity, set standards.

Key Words : *Biodiversity, Shannon index, National ecosystem survey, Ecosystem and nature map*

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

생물다양성이란 육상생태계 및 수생태계와 이들의 복합생태계를 포함하는 모든 원천에서 발생한 생물체의 다양성을 말하며, 종내 · 종간 및 생태계의 다양성을 포함하는 의미이다(환경부, 2017). 생물다양성은 생태우수지역의 기준으로, 생물다양성 우수지역(Biodiversity hotspot)은 개발위주의 정책으로 인한 무분별한 개발로 현재 또는 중장기적으로 위협이 될 만한 지역의 판단 및 보전 우선순위의 기준이 되며, 나고야의정서에 의해 생물자원이 국가 소유의 주권으로 인정됨에 따라 세계 각국은 생물다양성 증진 및 지속가능한 이용을 위해 노력하고 있다(Myers et al, 2000; Orme et al, 2005; 김지연 등, 2014; 이동근 등, 2014; 오일찬 등, 2015).

생물다양성 보호 및 증진을 위해선 해당지역에 대한 종 조사자료 구축 및 적절한 방식을 통한 생물다양성 정량화를 실시하고, 환경영향평가와 같은 제도, 보호계획에서의 활용으로 이어지는 것이 중요하다. 생물다양성 정량화를 위한 기존의 연구를 살펴보면 Morris et al,(2014)의 경우 독일 초지를 대상으로 P.lanceolata 식물과 공생균류 종 자료를 이용하여 shannon index 또는 simpson index 등의 다양성지수 도출 및 비교분석을 실시하였다. 연구결과 초지이용방식에 따른 생물다양성은 simpson's evenness를 제외한 생물다양성 지수들에서 비슷하게 정량화 되었으며, 그중 shannon index가 가장 유의한 결과를 보였다. Condit et al,(2005)의 경우 태국, 에콰도르, 카메룬 등 열대림 식생을 대상으로 기 구축된 식물 종 자료를 활용하여 지역별 종수인 알파다양성을 비교하여 대륙별 조사지역의 강수량, 모양 및 넓이에 따른 종 다양성 및 유전적 다양성의 차이를 확인하였고, Dauda et al,(2017)는 파키스탄의 Uchali 습지를 대상으로 2011년부터 2013년도 1,2월 조류 종에 대한 조사를 point count method를 통해 실시하고, 년도 별 습지 지역의 조류 다양성을 shannon index를 활용하여 비교하였고, 생태계 보존을 위한 적절한 생물다양성 측정방법의 중요성을 강조하였다. Beazley et al,(2005)는 캐나다의 Nova Scotia지역을 대상으로 자연환경자료 및 기 구축된 생물종 조사 자료를 활용하여 보호지역에 대한 보호계획 구축 시 생물다양성을 고려하는 방법을 제시하였다. 국내에서는 김태욱 등(2013)이 운문산 지역일대에 대한 포유류 종 조사를 2년 동안 실시하고, 조사결과를 활용하여 고도, 환경에 따른 포유류 풍부도, shannon index를 활용한 생물다양성을 분석하였다. 분석결과 비교적 고도가 높고 단조로운 환경을 제외하고는 생물다양성 지수가 1.3 이상으로 나타났고, 운문산 지역일대가 우수한 생태계를 유지하고 있는 것으로 판단하였다.

제도적 측면을 살펴보면 2006년 브라질회의(COP8)에서 생물다양성 협약(CBD; Convention on Biological Diveersity)은 국제환경영향평가학회의 협조하에 생태계의 부정적 영향을 미치는 사업을 계획하거나 시행할 경우 환경영향평가 제도에 생물다양성에 대한 고려사항들을 적용하도록 권고하고 있다(권영한 등, 2006). 현재

호주, 미국 등 선진외국에서는 환경영향평가를 실시할 때 생물다양성을 중요항목으로 간주 및 활용 하고 있으며, 영국의 경우 전략환경영향평가 및 지속가능성평가를 위해 다양한 공간적 위계(spatial scales)에 따른 생물다양성을 평가하는 것을 목표로 하고 있다(오일찬 등, 2015).

국내에서도 환경영향평가서 작성 시 대상지역의 읍·면·동 단위 생물다양성 조사를 통해 자연생태환경을 파악하는 등 생물다양성 정량화 및 제도적 활용을 위해 노력중이나 이를 위한 지역별 생물 종 데이터베이스 구축 및 생물다양성 평가연구는 미흡한 실정이다(구미현 등, 2012; 오일찬 등, 2015). 현재 국내 생물 종 다양성 연구에 가장 적합한 자료 중 하나로 자연환경보전법 제30조 및 제31조에 근거하여 생물다양성 및 생태계 물리환경에 대한 현황파악을 위해 지침에 의거한 표준화된 방법으로 시행되는 환경부의 전국 자연환경조사 자료가 존재한다(김지연 외, 2012; 환경부, 2012). 하지만 생물다양성 평가연구의 미흡으로 자료의 특성파악 및 활용에 대한 연구 또한 미흡한 실정이고, 생물다양성 보전을 위한 환경성 평가에 대한 중요성은 증가하고 있어 전국 자연환경조사 자료를 활용한 생물다양성 정량화 적절한 방법에 대한 연구가 필요한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 전국자연환경조사 자료 및 세 가지 공간단위를 활용하여 생물다양성 정량화 지도를 구축 및 비교분석을 실시하여 공간단위별 차이를 제시하고 추후 생물다양성 정량화 및 평가연구에 도움이 되는 것을 목적으로 한다.

II. 연구 대상지 및 재료

1. 연구 대상지

본 연구의 대상지역인 대한민국 충청남도 보령시로 서해안에 위치하고 있으며 총 면적은 569.31㎢, 56.19%의 농림지역, 31.93%의 관리지역, 6.28%의 자연환경보호지역, 5.60%의 도시지역으로 용도지역이 구성되어 타 도시들보다 자연환경보호지역 비율이 높고 자연환경이 잘 보전되어 있다고 판단된다. 제3차 전국자연환경조사 포유류 조사 결과 멸종위기포유류 II급에 해당하는 삵(Prionailurus bengalensis)을 비롯한 고라니(Hydropotes inermis), 너구리(Nyctereutes procyonoides), 멧토끼(Lepus coreanus) 등 총 13종이 발견되었다.

2. 연구 재료

본 연구에서는 shannon index 도출을 통한 생물다양성 지도 구축을 위해 보령시 포유류 자료를 활용하였다. 제3차 전국자연환경조사 보령시 일대의 포유류 조사는 2009년 9월, 10월에 실시되었고 대상지역을 17.3㎢면적의 격자단위로 나눠 포유류상이 가장 잘 파악될 수 있는 경로를 따라 이루어졌다(환경부, 2006; 환경부, 2009). 포유류는 소속 생태계 내의 최상위 소비자로서 식물, 파충류, 조류 등 다양한 먹이를 포식함으로써 동식물 개체군을 조절하는 역할을 하며, 포유류의 종 다양성은 해당 생태계의 안정성 및 기능성을 판단할 수 있는 근거가 된다(Rabinowitz and Walker 1991; Magige and Senzota 2006; 김태욱 등, 2013; 김지연 등, 2014). GIS를 통해 보령시 포유류분포 확인 결과 총 17종 569개체수가 확인되었다.

3. 분석 공간단위

생물다양성지도 구축을 위한 공간단위는 크게 격자단위와 행정구역으로 나누었고, 격자단위에 해당하는 틀은 1:5,000도엽격자, 1:5,000도엽과 같은 면적인 6㎢의 육각형격자를 이용하였다. 1:5,000도엽의 경우 기존 제 3차, 4차 전국자연환경조사에 활용되는 기본 조사단위인 1:25,000도엽을 25등분한 틀로서 기존 종 조사 자료를 활용한 더 좁은 지역별 생물다양성 평가 및 지도구축에 적절할 것으로 판단되고, 같은 면적의 육각형 격자의 경우 모양의 특성상 생물분산모델링

Table 1. Materials for Biodiversity map

Division		Explanation	Reference
species data	3rd National Ecosystem Survey(NES)	• mammals within the boundaries of boryeongsi(17species 569individual) • core species of ecosystem composition criteria for determining ecosystem safety	• MOE, 2009 • Kim *et al*, 2014
spatial unit	grid unit	• 1:5,000 index, hexagonal lattice 6㎢ size • survey unit of 3rd, 4th NES, ecosystem and naturez map	• Birch *et al*, 2007 • MOE, 2012
	administrative unit	• administrative unit of boryeong-si • survey unit of 1st NNES, Environmental Impact Assessment(EIA)	• MOE, 2012 • Oh *et al.* 2015

이나 생태계의 표현 등 생태학적 측면에서 더 적절한 형태라는 기존의 연구결과를 참고하여 활용하였다(birch *et al*, 2007; 환경부, 2012). 행정구역은 최소행정구역인 행정동과 행정리를 복합시킨 틀을 이용하였는데, 행정구역은 제1차 전국자연환경조사의 공간단위이자 환경영향평가서 작성을 위한 조사단위로 격자단위에 비해 상대적으로 자연적인 지도구축에 적절할 것으로 판단된다(환경부, 2012; 오일찬 등, 2015).

Ⅲ. 연구 방법

1. 연구 흐름

본 연구에서는 먼저 보령시를 대상으로 제3차 전국자연환경조사 포유류 자료 및 세 가지 공간단위를 활용하여 shannon index를 도출하고 생물다양성 지도를 구축하였다. 구축 후 지도별 shannon index의 기술통계 비교분석, 생태자연도와의 비교분석을 통해 현 종 조사 자료를 활용한 생물다양성 정량화 시 공간단위에 따른 차이를 확인하고 적합성을 평가하였다. 공간단위를 활용한 shannon index도출 및 생태자연도를 활용한 비교분석은 ArcGIS 10.4 프로그램을 활용하였고 shannon index추출결과에 대한 기술통계 분석은 SPSS Statistics24를 사용하였다. Figure 1은 본 연구의 방법에 대한 전반적인 과정을 나타내는 흐름도이다.

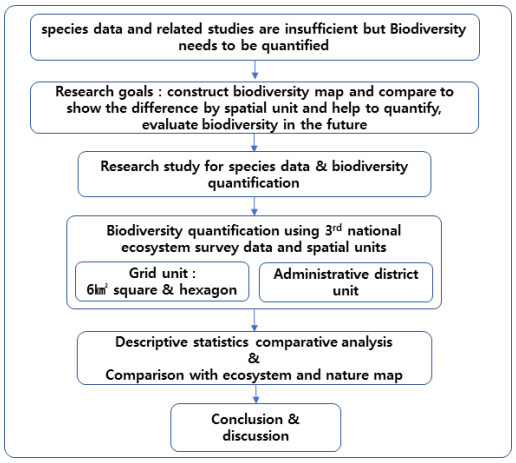

Figure 1. research goal and method

2. shannon index 도출

shannon index는 Claude Shannon(1949)이 제안한 지수로 종 다양성을 나타내기 위해 흔하게 사용되는 지표이며 값이 증가할수록 예측에 대한 불확실성이 높아져 대상지역의 종 다양성 또한 높다는 것을 의미한다(Spellerberg *et al*, 2003; Magurran, 2004). 기존 종 조사 관련연구에서 조사지역의 종 다양도를 계산하기 위해 활용되고 있는 지수이며 구축 식은 다음과 같다(김태욱 등, 2013; 조삼래 등, 2014).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (식)$$

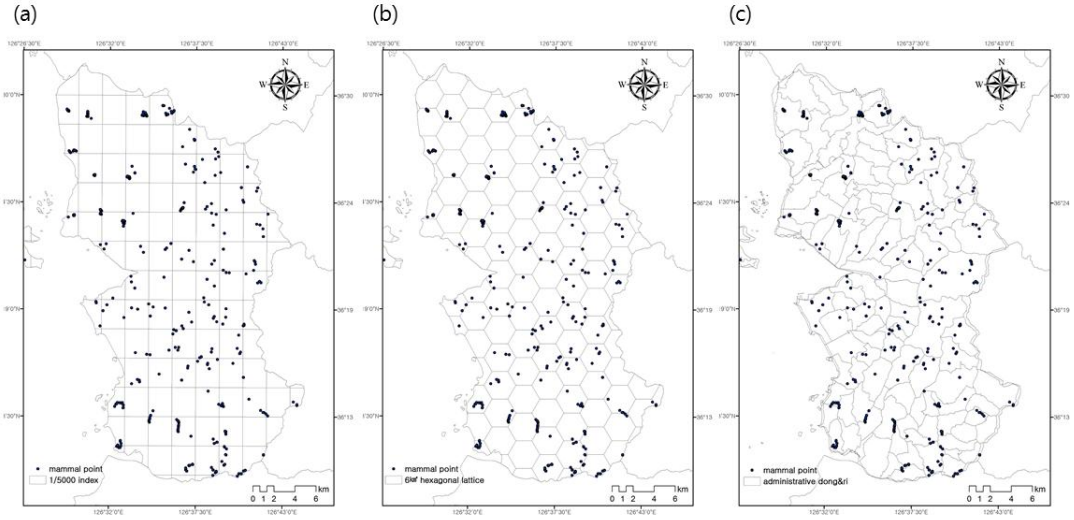

Figure 2. mammal distribution of each spatial units

이때 H'는 도출된 shannon index를 의미하고 pi는 전체 N개의 개체 중 i종에 해당하는 n개의 개체의 비율(ni/N)을 의미한다. 각 공간단위별 포유류자료의 분포를 확인하고 위 식을 통해 각 격자 및 행정구역별 shannon index를 도출하여 생물다양성 지도를 구축하였고, 생태자연도와의 비교분석을 위해 세 등급으로 구분하였다. 등급구분은 내츄럴 브레이크(natural breaks)방법을 활용하였는데 이 방법은 계급 내 분산을 최소화하고, 계급간 분산을 최대화함으로써 데이터 집합을 서로 다른 구간으로 분류시키는 방법 중 하나이다(Jenks, 1967; 이진효 외, 2016). Figure 2는 각 공간단위별 포유류 조사 자료의 분포를 보여준다.

3. 공간단위별 생물다양성지도 평가

생물다양성 정량화를 위한 공간단위별 평가를 위해 세 공간단위별 shannon index값에 대한 기술통계 결과 비교 및 생태자연도를 활용하여 비교분석하였다. 기술통계는 데이터의 대푯값, 산포도, 분포의 형태 등으로 데이터의 특성을 파악하는 것으로 본 연구에서는 각 공간단위별 격자 또는 행정구역의 활용 정도, 구축된 shannon index의 최대값, 최소값, 평균값, 표준편차를 비교하였고 분석은 SPSS Statistics 24프로그램을 활용하였다(이희연 & 노승철, 2012).

생태자연도는 전국자연환경조사 결과를 기초로 작성되는 지도로서 산・하천・내륙습지・호소(湖沼)・농지・도시 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치, 자연성, 경관적 가치 등에 따라 등급화하여 자연환경보전법 제34조의 규정에 의하여 작성된 지도를 말한다(환경부, 2017).

1등급, 2등급, 3등급 및 다른 법률의 규정에 의하여 보전되는 지역인 별도관리지역으로 구성되며, 이중 1・2등급 지역이 생태적, 생물다양성 측면에서 보전가치가 있는 지역을 의미한다. 2016년 기준 보령시 생태자연도 1등급지역의 면적은 약 45.384㎢, 2등급 지역은 260.585㎢, 3등급지역과 별도관리지역은 각각 260.495㎢, 2.8458㎢로 나타났다. 본 연구에서는 2016년 보령시 생태자연도 1,2등급 지역과 각 공간단위별 생물다양성 지도에 도출된 1,2등급 지역의 면적 및 중복면적을 확인하여 지도별 구축결과의 차이 및 공간 활용정도를 비교・분석하였다. 분석은 ArcGIS 10.4프로그램을 활용하였으며 Figure 3은 보령시 생태자연도 등급분포를 나타낸다.

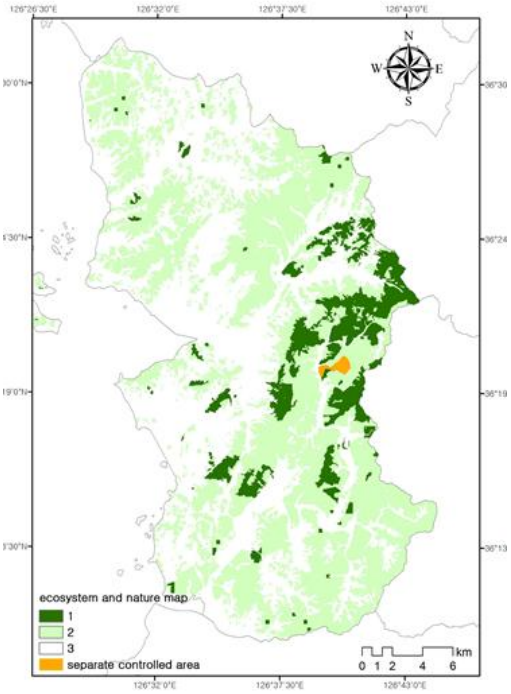

Figure 3. 2016 ecosystem and nature map of boryeong-si

IV. 연구결과

1. 생물다양성지도 구축 결과

세 공간단위를 활용하여 구축한 생물다양성 지도의 분석결과는 Table 2와 같다. 1:5,000도엽 활용 시 총 142개의 격자 중 84개가 활용되어 59%의 활용률을 보였으며 구축된 shannon index의 최대값은 1.609, 평균값은 0.524, 표준편차는 0.5644를 보였다. 같은 면적의 육각형 격자를 활용한 결과 활용정도는 총 151개 중 89개인 59%로 같았으나 최대값은 1.792, 평균값은 0.8369, 표준편차는 0.5327로 1:5,000도엽보다 상대적으로 높은 값을 보였다. 동&리로 구성된 행정구역 공간단위의 경우 총 111개의 행정구역 중 79개가 활용되었으며 shannon index의 최대값은 2.211, 평균값은 0.7878, 표준편차는 0.5877로 가장 높은 공간 활용도 및 최대값을 보였다. Figure 4는 공간단위별 shannon index 도출결과이며 빈 공간은 포유류가 분포하지 않는 곳이다(Table 2).

2. 생태자연도 활용 비교분석

생태자연도 1,2등급 지역과의 비교를 위해 각 공간단위별 shannon index값에 따른 생물다양성 1,2등급지역 계산 결과 1:5,000도엽의 경우 1등급 면적은 242.38㎢, 2등급 면적은 136.12㎢으로 나타났다. 육각형 격자의 경우 1등급 면적은 151.15㎢, 2등급 면적은 188.4㎢, 행정구역의

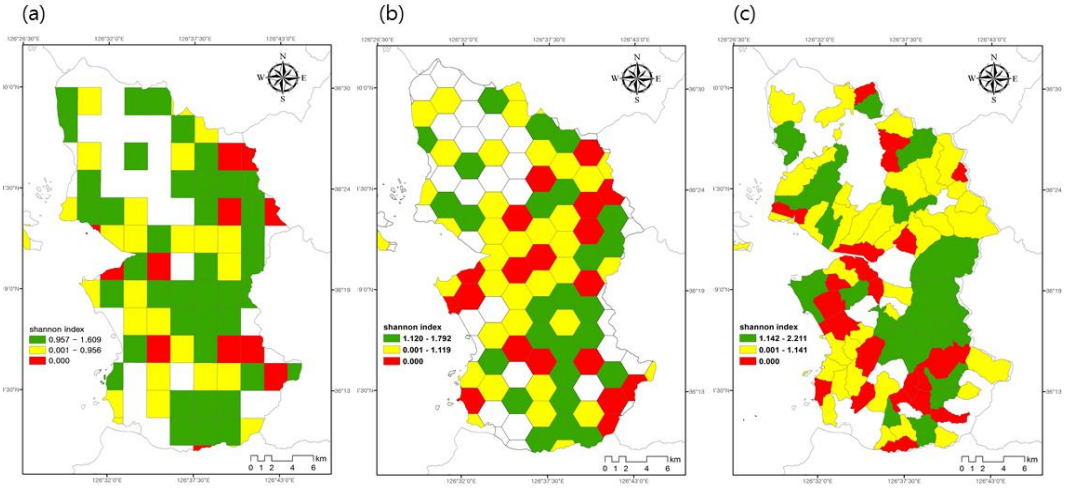

Figure 4. results of shannon index derivation for each spatial units

Table 2. descriptive statistics analysis results of shannon index for each spatial units

Division	n/N (%)	Minimum value	Maximum value	Average	Standard deviation
1:5,000 index	84/142 (59%)	0.00	1.609	0.524	0.5644
Hexagonal lattice	89/151 (59%)	0.00	1.792	0.837	0.5327
Administrative dong&ri	79/111 (71%)	0.00	2.211	0.788	0.5877

Table 3. analysis result of overlapping area with ecosystem and nature map

Division	1st grade (㎢)	overlap area/rate (㎢,(%))	utilization rate (%)	2nd grade (㎢)	overlap area/rate (㎢,(%))	utilization rate (%)
Ecosystem and nature map	45.38	-	-	260.585	-	-
1:5,000 index	242.38	25.06(55)	10.34	136.12	49.35(19)	36.25
Hexagonal lattice	151.15	14.71(32)	9.7	188.4	73.67(28)	39.1
Administrative dong & ri	125.27	16.06(35)	12.82	236.66	106.56(41)	45

경우 1등급 면적은 125.27㎢, 2등급 면적은 236.66㎢로 나타났다. 생태자연도와의 비교분석 결과 1:5,000도엽은 보령시 생태자연도 1등급 지역과 25.06㎢로 약 55%가 겹쳤고, 2등급 지역의 경우 49.35㎢로 약 19%가 겹쳤다. 육각형 격자의 경우 1등급 지역은 14.71㎢로 약 32%가 겹쳤으며 2등급 지역의 경우 73.67㎢로 28%가 겹치는 것으로 나타났다. 행정구역단위의 경우 1등급 지역은 16.06㎢로 35%가 겹쳤고, 2등급 지역의 경우 106.56㎢로 41%가 겹치는 것으로 나타났다. 공간 활용정도는 1등급지역은 모든 공간단위가 10% 전후로 나타났고 2등급 지역의 경우 40% 전후로 1등급지역에 비해 비교적 높게 나타났다(Table 3).

V. 결론 및 고찰

본 연구에서는 제3차 전국자연환경조사 포유류자료 및 세 공간단위를 사용하여 생물다양성 지도를 구축하고 공간단위별 구축결과를 비교검토 해 보았다. 분석결과 행정구역 공간단위를 활용할 경우 생물다양성 지수의 최대값이 도출되었고, 전체 평균값은 육각형 격자를 활용할 때 가장 높게나오는 등 공간단위에 따라 동일지역에 대한 생물다양성 지수, 지역 전체에 대한 생물다양성 평균 및 표준편차가 달라지는 결과가 나타났다. 이는 환경영향평가 등 생물다양성 보전을 위한 환경성 평가에 대한 중요성이 더해가고 있는 시점에서 특정 지역에 대한 생물다양성 평가 시 평가를 위한 공간단위의 선택이 중요할 수 있다는 것을 의미한다. 하지만 기존연구사례 및 기준의 부재로 세 공간단위에 대한 직접적인 평가는 한계가 존재하고, 종 자료의 특성상 조사자, 조사 방법, 종에 따른 자료의 분포 등이 변화함에 따라 도출되는 결과 또한 달라질 수 있다. 따라서 추후 전국자연환경조사 자료를 활용한 생물다양성 정량화 시 특정 공간단위를 활용하기보단 정량화의 목적 및 용도를 고려하여 적절한 공간단위를 활용한 생물다양성 지도를 구축할 필요가 있다. 생태자연도를 활용한 비교분석 결과 생태자연도 1등급, 2등급 면적의 경우 각각 45.38㎢, 260.585㎢인 것에

비해 생물다양성 지도의 경우 모든 공간단위에서 1등급지역의 면적은 과도하게 산출되었고, 2등급지역의 경우 적게 산출되어 실제 생태자연도 등급면적과는 차이가 나는 결과가 도출되었다. 생태자연도는 기존 개발계획 수립, 환경영향평가 등에 활용하기 위해 제작된 녹지자연도의 한계점을 보완하여 식생뿐만 아니라 우수경관 및 생물다양성 등 다양한 생태적 요소들을 포함하는 지도로서 법적으로 근거 있는 면적을 표현하나, 생물다양성 지수의 경우 기준의 부재로 등급별 면적이 임의로 산출되어 나타난 결과로 판단된다. 또한 중복면적의 경우 1등급 지역은 1:5000도엽 단위, 2등급 지역은 행정구역단위가 가장 높았으나 공간 활용정도는 전체적으로 비슷하여 마찬가지고 적정 공간단위를 위한 직접적인 비교는 한계가 있어 마찬가지로 생물다양성 지수에 대한 기준마련의 중요성을 보여주는 예라고 할 수 있다.

본 연구는 종 조사 자료를 활용한 생물다양성 정량화시 적정 공간단위 선정을 기초연구로 유의미한 공간단위들을 활용하여 지역 내 생물다양성 지도를 구축하고 비교 검토하였다는 데 의의가 있다. 하지만 다른 생물 분류군, 유역 등 환경적으로 유의미하나 자료가 미흡하거나 수집의 한계로 추가적인 분석이 이뤄지지 못한 한계가 존재한다. 본 연구를 바탕으로 추후 생물다양성 정량화 및 평가, 기준마련을 위한 추가적인 연구의 실시 및 제도적 개선을 통해 국토의 지속가능한 개발을 위한 종합적인 노력이 이루어져야 할 것이라 판단된다.

References

Beazley, K. · Smandych, L. · Snaith, T. · MacKinnon, F. · Austen-Smith, P. and Duinker, P. 2005. Biodiversity considerations in conservation system planning: map based approach for Nova Scotia, Canada. Ecological Applications 15(6) : 2192-2208.

Birch, C. P. · Oom, S. P. and Beecham, J. A. 2007. Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. Ecological modelling 206(3-4) : 347-359.

Condit, R. S. · Ashton, M. S. · Balslev, H. · Brokaw, N. V. · Bunyavejchewin, S. · Chuyong, G. B. · ... and Ewango, C. E. 2005. Tropical tree a-diversity: results from a worldwide network of large plots. Biol. Skr. 55 : 565-582

Cho, S.R. · Yi, J.H. and Han, Y.D. 2014. Birds and Mammals of Mt. Seongju. Korean Journal of Nature Conservation 12(1-2) : 79-86,(In Korean with English summary)

Jenks, G. F. 1967. The data model concept in statistical mapping. International yearbook of cartography 7 : 186-190.

Kim, J.Y. · Seo. C.W. · Kwon, H.S. · Ryu, J.E. and Kim, M.J. 2012. A Study on the Species Distribution Modeling using National Ecosystem Survey Data. Korea Society of Environmental Impact Assessment 21(4) : 593-607.(In Korean with English summary)

Kim, T.W. · Kim, B.S. · Chang, M.H. · Park, S.G. · Han, S.H. and Oh, H.S. 2013. Mammal Fauna in Mt. Unmun, South Korea. The Korea Society of Environmental Biology 31(1) : 53-59.(In Korean with English summary)

Kim, J.Y. · Kwon, H.S. · Seo. C.W. and Kim, M.J. 2014. A nationwide analysis of mammalian biodiversity hotspots in South Korea. Korea Society of Environmental Impact Assessment 23(6) : 453-465.(In Korean with English summary)

Koo, M.H. · Lee. D.K. and Jung. T.Y. 2012. A Study on the Contexts of Ecosystem Services in the Policymaking Process. Journal of the

Korean Environmental Restoration Technology 15(5) : 85-102.(In Korean with English summary)

Kwon, Y.H. · Rho, T.H. · Lee, H.W. and Jung, H. R. 2006. Introduction of biodiversity items in environmental evaluation. KEI Research Report; 1-173.(In Korean with English summary)

Lee, H. Y. and Noh, S.C. 2012. Advanced Statistical Analysis: Theory and practice. Bobmunsa.(In Korean)

Lee, D.K. · Lee, M.K. and Jung, T.Y. 2014. Discuss Biodiversity as an Economy. Bomundang.(In Korean)

Lee, J.H. · Bae, I.S. · Ha, K.T. · You, S.S. · Han, K.M. · Eo, S.M. · Jung, K. · Lee, J.S. and Koo, J.Y. 2016. A Study on the Distribution Map Construction of Asbestos Buildings Owned by Seoul Using QGIS. Korea Society of Environmental Engineers 38(9) : 528-533.(In Korean with English summary)

Magige, F., & Senzota, R. 2006. Abundance and diversity of rodents at the human – wildlife interface in western Serengeti, Tanzania. African Journal of Ecology 44(3) : 371-378.

Morris, E. K. · Caruso, T. · Buscot, F. · Fischer, M. · Hancock, C. · Maier, T. S. · ... and Socher, S. A. 2014. Choosing and using diversity indices: insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. Ecology and evolution 4(18) : 3514-3524.

Ministry of Environment. 2006. 3rd National Ecosystem Survey Guideline. Ministry of Environment · National Institute of Environmental Research.(In Korean)

Ministry of Environment. 2009. Mammals in Boryeong. (In Korean)

Ministry of Environment. 2012. 4th National Ecosystem Survey Guideline. Ministry of Environment · National Institute of Environmental Research. (In Korean)

Ministry of Environment. 2017. The Ecosystem Preservation Act. (In Korean)

Myers, N. · Mittermeier, R. A. · Mittermeier, C. G. · Da Fonseca, G. A. and Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403(6772) : 853-858.

Oh, I.C. · Kwon, Y.H. and Rho, P.H. 2015. A study of Impact Assessment Considering Biodiversity Components in Korea. Korea Environment Institute. (In Korean)

Orme, C. D. L. · Davies, R. G. · Burgess, M. · Eigenbrod, F. · Pickup, N. · Olson, V. A. · Webster, A. J. · Ding, T. S. · Rasmussen, P. C. · Ridgely, R. S. · Stattersfield, A. J. · Bennett, P. M. · Blackburn, T. M. · Gaston, K. J. and Owens, I. P. F. 2005. Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. Nature 436(7053) : 1016-1019.

Rabinowitz, A. R. and Walker, S. R. 1991. The carnivore community in a dry tropical forest mosaic in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Thailand. Journal of Tropical Ecology 7(1) : 37-47.

Spellerberg, I. F. and Fedor, P. J. 2003. A tribute to Claude Shannon (1916-2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon – Wiener' Index. Global ecology and biogeography 12(3) : 177-179.