韓國環境復元技術學會誌 14(1) : 23～33(2011)
J. Korean Env. Res. Tech. 14(1) : 23～33(2011)

시흥시 군자동 일대 산림 구조의 다양성 평가

류지은[1] · 강종현[1] · 이동근[2]

[1] 국립환경과학원 · [2] 서울대학교 조경 · 지역시스템공학부

Assessment of Diversity of Forest Structure in Gunja-Dong, Siheung City, Korea

Ryu, Ji-Eun[1] · Kang, Jong-Hyun[1] and Lee, Dong-Kun[2]

[1] National institute of environmental research,
[2] Dept. of Landscape Architecture and Rural System Engineering, Seoul National University.

ABSTRACT

Habitats loss and fragmentation are major threats to biodiversity. There are various kinds of environmental assessment have been developed for various problems to solve. Yet, there are no well-developed methods for quantifying and predicting about biodiversity. To achieve a sustainable conservation for biodiversity, the structural diversity of forest must be assessed by proper indexes. This study aim to quantitatively assess the diversity of forest structure as habitats and results of the verification by bird survey for objective presentation of evidence. As a result of literature review, some indexes were selected as potential prediction tools for biodiversity; area of patch, area of core regions, shape of patch and average age of stand. The assessment results were estimated by monitoring of birds for accuracy verification and the results were almost in agreement with each others. But, 1 and 2 level of forests were showed ambiguous results. Certainly, this study was limited in some valuation indexes on landscape scale. Further studies should be considered that different environmental factors such as land use, disturbances by human and vegetation index. Also, we expect that the additional monitoring of birds should give rise to the result which is improved assessment results.

Key Words : *Biodiversity assessment, Bird, ecological indexes, conservation.*

Corresponding author : Ryu, Ji-Eun, National Institute of Environmental Research Kyongseo-dong, Seo-gu, Incheon 404-708, Republic of Korea,
Tel : +82-32-560-7557, E-mail : ulygajok@korea.kr

Received : 28 July, 2010. **Revised** : 8 October, 2010. **Accepted** : 16 February, 2011.

I. 서 론

산림은 다양한 생물의 서식처로서 생태계 유지에 중요한 역할을 해 왔지만(Lele et al., 2008; 윤기란 등, 2009), 근대 산업화 이후 개발과 산림 파편화 등(Wilcove et al., 1998; Mikael et al., 2006; Cerezo et al., 2010)에 의하여 점차 감소하여 생태계의 기반이 되는 기능을 상실하고 있다(이상화 · 강방훈, 2007). 산림 생태계는 산림의 분포와 위치, 종조성과 구조, 영급과 직경급 분포 등에 의하여 영향을 받으며(Duun, 1992; Gustafson and Crow, 1996; Lindenmayer and McCarthy, 2002), 국토의 난개발을 억제하기 위해서는 이러한 요소들의 분포나 생태계 사이의 공간적인 관계를 정확히 파악할 수 있는 통합된 평가방법이 있어야 한다(황국웅 · 박소윤, 2003).

경관생태학, 보전 생물학 등 개념을 적용한 시나리오를 이용하여 서식처, 종, 군락 등의 모델링(Ron and Kangas, 2001; Javier et al., 2006)과 관련된 연구가 지속되고 있지만, 아직까지 산림의 구조와 관련한 공간적인 정량화에 대한 연구는 미흡한 실정이다(Mikael et al., 2006).

따라서 본 연구에서는 서식지로서 산림의 구조적 다양성을 정량적으로 평가하고 조류 조사를 통하여 평가 결과를 검증하였다. 이를 근거로 다양한 생물이 서식 가능한 지역을 도출하고 보전 우선지역을 선정할 수 있는 객관적 기준을 제시하고자 한다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구에서는 그린벨트 해제로 인하여 높은 개발의 압력을 받고 있는 경기도 시흥시 일대(경향신문, 2008. 9. 30)를 대상지로 선정하였다(그림 1).

소규모 산지들의 경우 하나의 유역단위 내에서 동일한 기능으로 평가되기 때문에 종합적인 기능유형의 구분이 가능하며(최희선, 2007; 권순덕 등, 2008), 수계를 중심으로 모이는 야생동물의 특성을 표현할 수 있기 때문에(손학기 등, 2000) 평가대상지의 경계는 유역분석 방법으로 구분하였다.

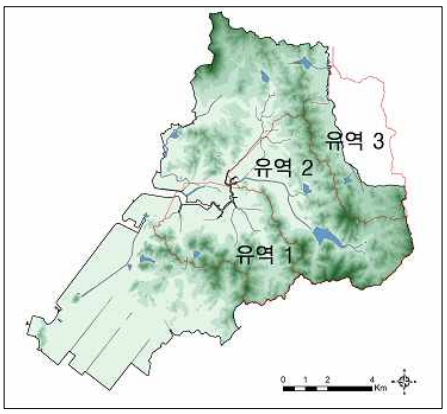

그림 1. 시흥시 일대의 연구 대상지.

산림의 구조적 다양성을 정량적으로 평가하여 산림을 등급으로 구분하고, 각 등급별 서식지로서 다양성을 검증하기 위한 방법으로 야생동 · 식물 중 이동성이 있고 비교적 환경 변화의 예측 및 관찰이 쉬운 조류(권영수, 2007)를 대상으로 현장조사를 수행하였다.

2. 연구의 방법

1) 평가지표 및 기준 선정

산림의 구조적 다양성 평가를 위한 지표 선정을 위하여 국내 · 외의 문헌을 고찰하였다. 희귀한 서식처, 종, 생물군집이 있는 대상지는 높은 가치를 지니기 때문에(강호근 등, 2009) 이를 고려하여 본 연구에서는 최종적으로 패치의 면적, 핵심지역의 면적, 패치의 형태, 패치 내 평균 임령을 평가 항목으로 도출하였다.

(1) 패치의 면적

생물이 다양한 영양물질 및 서식 환경을 제공받기 위해서는 적정 규모가 필요하기 때문에(Turner et al., 2001; 홍선기 등, 2005), 패치의 면적을 평가 요소로 선정하고 경관유형면적(CA) 지수를 이용하여 평가하였다(식 1).

경관유형면적(CA) = $\sum_{j=1}^{n} a_{ij}[\frac{1}{10,000}]$ ..... (식1)

(a_{ij} : 패치 ij의 면적(m^2))

(McGarigal and Mark, 1995)

⑵ 핵심지역의 면적

산림 가장자리에서 생물학적 풍부성은 나타나지만, 일반적으로 외부 교란이 빈번하여 외래종 및 교란에 강한 생물들이 서식하고 이들이 생태계에 부정적인 영향을 미쳐 희귀종 및 멸종위기 야생동·식물의 서식에는 적합하지 않다(Forman, 1995; Wei and Hoganson, 2005; Thomson et al., 2007).

핵심지역의 정량화와 관련된 다양한 경관지수가 있지만, 이러한 지수를 이용할 경우 임의로 동일한 패치 가장자리 폭을 설정하기 때문에 산림의 특성을 반영하기 어렵다고 판단되어, 본 연구에서는 패치의 중심부에 최대로 그릴 수 있는 원의 면적을 도출하는 방법을 이용하였다. 패치에 최대 크기의 내접원을 도출하기 위하여 유클리디안 거리의 개념(Euclidean distance)을 이용하여 다차원 항목의 최소 거리를 구하였다.

⑶ 패치의 형태

패치의 형태는 바람, 물, 영양소의 흐름, 생물의 이동 등에서 중요한 의미를 갖으며(이도원, 2001), 인간의 활동 강도와 높은 상관관계가 있다(Forman, 1995). 핵심지역과 유사한 개념으로 외부의 영향을 고려하고 있지만 기능을 예측할 수 있다는 점에서 차별화된다.

따라서 패치의 형태를 산림의 구조 평가를 위한 지표로 도출하였으며, 유사한 형태지수값을 갖더라도 서식지 면적에 따라 내부종의 서식 여부에 차이가 있기 때문에 면적을 고려한 면적가중형태지수(SHAPE AM)를 사용하였다(식 2).

면적가중형태지수(*SHAPE AM*) =

$$\sum_{j=1}^{n}\left[\left(\frac{0.25 p_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}\right)\left(\frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}\right)\right] \quad \text{..... (식2)}$$

(a_{ij} : 패치 ij의 면적(m^2), p_{ij} : 패치 ij의 둘레(m))

(McGarigal and Mark, 1995)

⑷ 패치 내 평균 임령

동일한 면적의 산림에서도 식생의 자연성, 임령 등으로 대표되는 산림의 천이과정에 따라 생물다양성에 차이가 있을 수 있다(Jan et al., 2000). 임령은 산림 천이의 정도를 의미하기 때문에 산림의 질적인 측면에서 구조적 다양성을 평가할 수 있는 하나의 요인이 된다. 환경부(2007)에서는 임상 2, 3영급 이상의 산림에 대하여 생태자연도 1등급으로 구분하고 있으며, 임령이 다양한 수목이 혼재하는 생태계가 서식지 다양성에 중요한 역할을 하기 때문에(Casperson and Pacala, 2001; Turner et al., 2001; 홍선기 등, 2005) 산림의 구조적 다양성을 유지하기 위한 질적인 측면으로 임상도의 영급을 고려하였다.

그러나, 식재림이 아닌 자연림 또는 이에 준하는 이차림일 경우, 수목의 임령이 각기 다르기 때문에 이를 패치단위로 평가하기 위해 산림 내 영급별 면적 비율로 군집분석을 실시하여 우세한 비율의 영급에 따라 최종적으로 4개의 군집으로 분류하여 등급화 하였다.

2) 평가 방법

각 지표로 평가된 도면을 중첩하여 최종적으로 경관스케일에서 산림의 구조적 다양성을 평가하였다.

지표를 이용한 평가에서는 지표 및 등급 구분의 복잡성과 모호성, 임의적 가중치의 부여 등과 같은 단점이 있기 때문에(오정학 등, 2010) 지역의 특성을 고려하여 가중치를 부여하지 않은 상대값을 도출해 등급을 점수로 합산하는 방법을 사용하였다. 평가 등급 구분은 보전가치 평가, 비

표 1. 평가 기준.

등급	범위	기타
1등급	상위 75% 이상	다양성이 낮아 개발사업 시 이용 가능한 지역
2등급	상위 50～75%	개발 완충지역
3등급	상위 25～50%	보전 완충지역
4등급	상위 25% 이내	다양성이 높아 반드시 보전해야 하는 지역

오톱 평가, 생태자연도, 토지적성평가 등에서 3～5등급으로 다양하게 부여하고 있지만(환경부, 2007; 강호근 등, 2009; 김인현 등, 2009; 오정학 등, 2010), 본 연구에서는 보전지역과 개발가능지역이 구별되므로 활용이 용이하고, 완충의 개념이 포함되는(환경부, 2008) 4개의 등급으로 평가하였다.

시흥시 내에서 보전가치가 높은 산림을 우선적으로 구분하기 위하여 평가 결과에 따라 지표별로 다양성이 낮은 산림부터 높은 산림까지 1～4등급으로 구분하였고, 등급을 점수로 환산하고 이를 종합하여 최종적으로 4개의 등급으로 평가하였다(표 1).

3) 현장검증

본 연구에서 도출된 산림의 구조적 다양성 평가 결과를 검증하기 위하여 주변 유역 내 산림들과 비교하였을 때, 파편화 비율이 높아 비교적 다양한 산림이 분포하는 유역 1을 대상으로 주변의 토지이용과 향을 고려하여 등급별 1～2개를 포함한 그림 2의 7개 산림을 대상으로 조류 조사를 실시하였다. 조사는 2010년에 여름철새와 텃새의 주 번식 시기인 5월 1～2일에 걸쳐 새벽 7시부터 해가 질 무렵까지 수행하였다. 조류 조사 시 중대백로, 흰빰검둥오리 등 수계에 의존하는 조류와 이동성이 강하고 우리나라에서 번식을 하지 않는 통과철새 및 겨울철새는 배제하였으며 숲의 내부에 의존하는 산림성 조류만을 대상으로 분석에 활용하였다.

조류조사 방법은 각 산림에서 조류의 관찰이

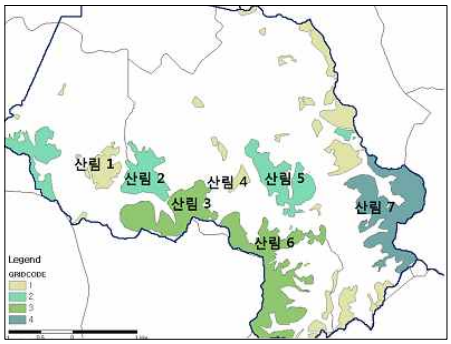

그림 2. 현장조사 대상지.

용이한 4개의 지점을 설정하여 관찰된 조류를 기록하는 방법인 Spot Census를 실시하였으며(Bibby et al., 1992), 울음소리에 의하여 확증된 개체도 포함시켰다. 관찰은 쌍안경(Swarovski 8×32)을 이용하였다. 또한, 관찰된 종 및 개체수를 토대로 종다양도(Pielou, 1966)를 이용하여 결과를 분석하였다(식 3).

$$H' = -\sum(n_i/N) \cdot \mathrm{Ln}(n_i/N) \cdots\cdots \text{(식3)}$$

(n_i : i종의 개체수 , N : 모든 종의 총 개체수)

(Pielou, 1966)

III. 결과 및 고찰

1. 평가 결과

1) 패치의 면적

유역 1에서 산림은 전체면적의 약 28%로 약 5,894,033m^{2}이고, 그 중 4등급은 약 36.9%로 3개의 유역 중 가장 적은 면적을 나타내었다. 유역 2에서 산림은 약 1,1549,004m^{2}로 유역 내 전체

면적의 약 40%이며, 그 중 4등급은 약 42.3%였다. 유역 3에서 산림은 유역 내 전체면적의 약 53.4%로 약 8,132,451m^{2}이고, 4등급은 약 53.4%의 비율을 보여 세 유역 중 비교적 넓은 면적의 산림을 보였다.

지리적 위치 특성으로 인하여 유역 1의 산림 면적이 다른 지역에 비하여 적었으며, 유역 2는 다른 지역에 비하여 파편화된 소규모의 산림 비율이 높기 때문에 다음과 같은 결과가 도출되었다(그림 3, 표 2).

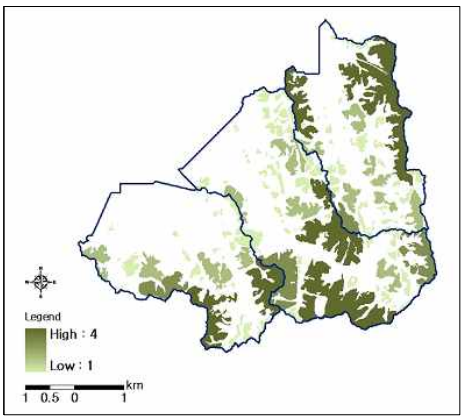

그림 3. 패치의 면적 평가 결과.

표 2. 패치의 면적 평가 결과(m^2).

등급 \ 유역	유역 1	유역 2	유역 3
1	1,382,300 (23.5%)	2,797,600 (24.3%)	1,552,000 (19.1%)
2	1,610,500 (27.4%)	2,664,000 (23.1%)	1,809,700 (22.3%)
3	718,400 (12.2%)	1,195,500 (10.4%)	424,800 (5.2%)
4	2,173,200 (36.9%)	4,874,200 (42.3%)	4,336,000 (53.4%)

2) 핵심지역의 면적

유역 1의 산림에서 4등급으로 평가된 산림 면적은 전체의 약 26.9%로 다른 지역에 비하여 가장 적은 비율을 보였으며, 유역 2에서는 약 42.3%, 유역 3에서는 약 53.4%의 분포를 보였다. 3등급으로 평가된 산림의 면적을 유역별로 비교하였을 때, 유역 1의 면적은 작지만 비율은 높게 나타났다. 이는 유역 단위로 상대적인 평가를 수행하였기에 나타난 결과이다(그림 4, 표 3).

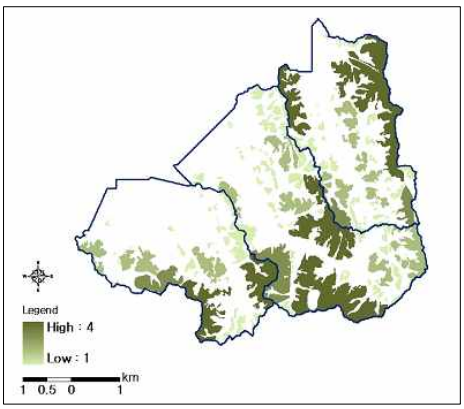

그림 4. 핵심지역의 면적 평가 결과.

표 3. 핵심지역의 면적 평가 결과(m^2).

등급 \ 유역	유역 1	유역 2	유역 3
1	1,398,500 (23.8%)	2,797,600 (24.3%)	1,463,400 (18.0%)
2	1,594,300 (27.1%)	2,664,000 (23.1%)	1,492,100 (18.4%)
3	718,400 (12.1%)	1,195,500 (10.4%)	831,000 (10.2%)
4	2,173,200 (26.9%)	4,874,200 (42.3%)	4,336,000 (53.4%)

3) 패치의 형태

유역 1은 전반적으로 다양한 형태의 산림이 분포하고 있지만, 비교적 원형을 의미하는 4등급의 산림은 약 18.9%로 다른 지역에 비하여 적어 외부지역으로부터 큰 영향을 받아 굴곡이 심한 경향을 보였다. 유역 3은 약 41%의 산림이 4등급을 나타내어 다른 유역에 비하여 생태학적으로 가장

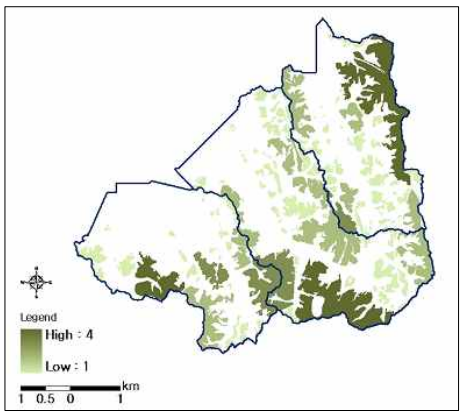

그림 5. 패치의 형태 평가 결과.

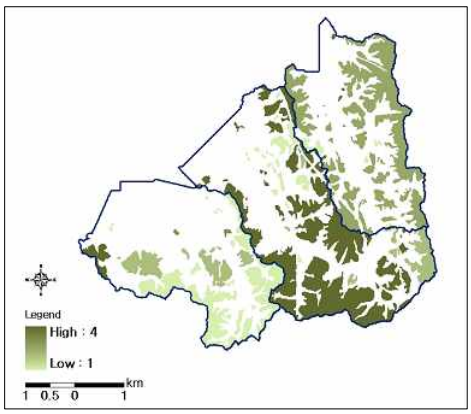

그림 6. 패치 내 평균 임령 평가 결과.

표 4. 패치의 형태 평가 결과(유클리디안 거리)(m^2).

등급 \ 유역	유역 1	유역 2	유역 3
1	1,606,300 (27.3%)	3,284,500 (28.5%)	2,280,100 (28.1%)
2	1,548,900 (26.3%)	4,217,500 (36.6%)	2,076,900 (25.6%)
3	1,619,600 (27.5%)	1,195,500 (10.4%)	424,800 (5.2%)
4	1,109,600 (18.9%)	2,834,100 (24.6%)	3,340,700 (41.1%)

표 5. 패치 내 평균 임령 평가 결과(m^2).

지역 특성 \ 유역	유역 1	유역 2	유역 3
1 영급 우세	-	6,500 (0.1%)	37,800 (0.5%)
2 영급 우세	1,649,500 (26.0%)	784,100 (6.7%)	23,200 (0.3%)
3 영급 우세	42,19,700 (66.6%)	9,682,300 (83.0%)	7,593,300 (95.5%)
4 영급 우세	58,600 (0.9%)	1,188,000 (10.2%)	293,300 (3.7%)
5 영급 우세	409,600 (6.5%)	-	-

적절한 형태인 원형의 패치 비율이 높았지만, 약 5.2%의 산림이 3등급으로 나타나 굴곡이 심한 1, 2등급의 산림 면적의 비율은 다른 지역과 유사하게 나타났다(그림 5, 표 4).

4) 패치 내 평균 임령

대상지 내에는 전반적으로 3영급의 산림이 우세하게 분포하고 있었으며 특히 유역 2에서는 약 83.0%, 유역 3에서는 약 95.5%의 비율을 보였다. 유역 1의 경우에는 북서쪽 일부 산림에서만 5영급이 409,600m^2(약 6.5%)가 분포하고 있었다.

이는 산림의 면적은 작지만 산림이 조성된 이후 장시간이 경과되어 다른 유역에 비하여 높은 영급의 산림이 많이 분포하고 있는 것으로, 이는 소규모의 산림도 높은 서식지 다양성을 보일 수 있음을 의미한다(그림 6, 표 5). 따라서 이처럼 소규모의 산림도 다양성이 높게 평가될 수 있으므로 이러한 지역은 보전지역으로 지정 및 관리하는 것이 필요하다.

5) 종합

각 평가 결과를 종합한 결과, 유역 3에서 4등급으로 평가된 산림이 전체의 약 60.9%로 세 유역 중 가장 넓은 면적을 보였다. 이것은 유역 3의 산림이 대부분 연결되어 각각의 산림 패치의 면

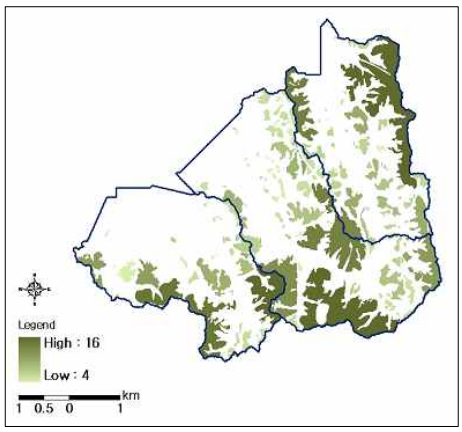

그림 7. 최종 평가 결과.

표 6. 최종 평가 결과(m^2).

등급 \ 유역	유역 1	유역 2	유역 3
1	1,311,800 (25.1%)	3,243,800 (31.6%)	95,900 (1.3%)
2	12,82,300 (24.5%)	2,451,800 (23.9%)	1,493,500 (20.8%)
3	1,666,300 (31.87%)	1,864,700 (18.2%)	1,217,100 (16.9%)
4	973,500 (18.6%)	2,703,500 (26.3%)	4,374,700 (60.9%)

적이 넓기 때문인 것으로 분석되었다. 유역 2에서는 1등급으로 평가된 산림이 약 31.6%로 세 지역 중 가장 넓은 면적의 분포를 보여 서식지로서의 다양성이 낮은 것으로 평가되었다. 유역 1에서는 3등급으로 평가된 지역이 전체의 약 31.87%로 가장 높은 면적 비율을 보였으며, 1～2등급의 지역은 유사한 면적을 보였다. 유역 1의 경우는 파편화된 적은 규모의 산림이 대부분이지만 임령을 분석한 결과 4영급이 우세한 산림도 일부 존재하고 있었다(그림 7, 표 6).

따라서, 여러 요인을 분석한 결과 생물의 서식지로서 다양성이 높게 평가된 유역 3은 생물다양성 보전을 위하여 보호되어야 할 지역으로 분석되었다. 유역 2의 경우는 1등급으로 평가된 면적이 약 31.6%로 가장 넓게 분포하고 있어 생물다양성을 높이기 위해서는 산림의 특성에 맞는 적절한 관리가 필요할 것으로 판단되었다.

2. 현장조사 결과

본 연구에서 관찰된 산림성 조류는 총 25종 541개체로 나타났으며, 개체가 많이 관찰된 조류는 박새와 까치(각각 59개체), 쇠박새(58개체), 붉은머리오목눈이(38개체), 노랑턱멧새(24개체), 큰유리새(21개체), 산솔새(20개체) 등으로 조사되었다(부록 1). 산림별로 종수를 살펴보면, 산림 7이 18종으로 가장 많았으며, 그 다음으로 산림 1, 3, 6(각각 16종), 산림 4(14종), 산림 5(12종), 산림 2(10종) 순으로 조사되었다. 산림별로 개체수를 살펴보면, 산림 7이 134개체로 가장 많았으며, 그 다음으로 산림 6(115개체), 산림 3(79개체), 산림 1(75개체), 산림 4(69개체), 산림 5(38개체), 산림 2(31개체) 순으로 조사되었다(그림 8).

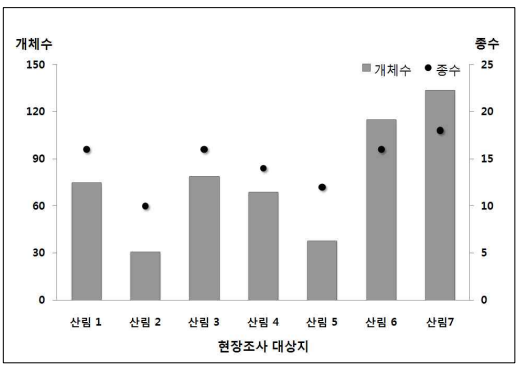

그림 8. 현장조사 대상지별 종수 및 개체수.

산림별 종다양도를 살펴보면, 4등급인 산림7이 2.65로 가장 높았으며, 그 다음으로 3등급인 산림 3과 6이 각각 2.57과 2.34로 조사되어 높은 등급일수록 높은 종다양도를 보였다. 그러나 1등급인 산림 1(2.24)과 2등급인 산림 2(2.01)를 비교하였을 때, 평가 결과와 상이한 결과가 도출되었다(그림 9).

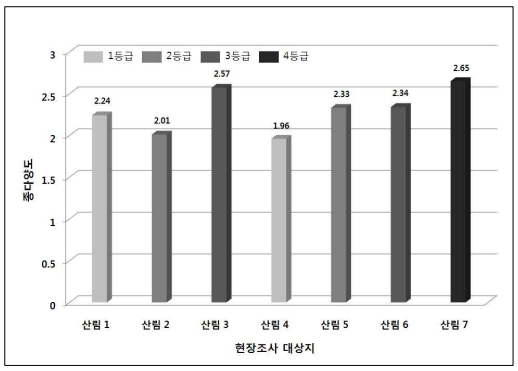

그림 9. 현장조사 대상지별 등급과 종다양도 비교.

IV. 결론 및 고찰

본 연구에서는 서식지로서 중요한 산림을 대상으로 지역 환경의 차이를 고려한 구조적 다양성을 정량적으로 평가하기 위하여 적합한 평가항목을 도출하고, 조류 조사를 통하여 이를 검증하여 보전우선지역을 도출하기 위한 근거를 마련하고자 실시하였다.

패치의 면적, 패치의 형태, 핵심지역의 면적, 패치 내 평균 임령을 지표로 선정하였으며 시흥시를 대상으로 동물의 서식 습성을 비교적 잘 반영하는 유역단위로 구분하여 평가를 수행하였다.

평가 결과는 유역별로 상대적 등급을 적용하여 1～4등급으로 구분하였으며, 각 등급별로 산림을 임의로 선정하여 이동성이 적은 산림성 조류를 대상으로 현장 조사를 수행한 결과, 평가 결과와 유사하였다. 보전 가치가 높은 4등급으로 평가된 산림 7에서 조류의 종 및 개체수 모두 가장 높게 조사되어 종다양도도 가장 높았으며, 3등급에 속하는 산림 3과 6의 경우도 종다양도가 그 다음으로 높게 나타났기 때문에 보전가치가 가장 높은 4등급의 산림과 3등급의 산림 구분은 명확하였다.

하지만, 1등급과 2등급에 속하는 산림 1의 종다양성은 2등급에 속하는 산림 2보다 높게 조사되어 1등급과 2등급의 구분이 명확하지 않았다. 이러한 이유는 산림 1의 경우 조류의 관찰이 가장 용이한 새벽에 수행되었으며, 산림 2의 경우 조림지로 단일 군락이 조성되어 있고, 대규모 주택단지가 인접해 있어서 정기적인 관리가 이루어졌기 때문으로 판단되었다.

또한, 실질적인 산림의 경계가 모호하거나, 조류의 생활에 필수적인 먹이를 제공하는 밭, 과수원 등 경작지와 인간의 이용 정도 및 간섭 정도를 나타낼 수 있는 도시취락지역의 면적과 거리 등과 같은 요인이 작용하였기 때문이며(임신재 등, 2007) 따라서 이러한 요인을 평가방법에 추가적으로 고려한 계절별 모니터링을 수행할 경우 조류에 있어서 경계 산정을 명확하게 할 수 있을 것으로 판단된다.

따라서, 조림지 또는 자연림, 다층구조 등 임분 스케일에서의 산림 구조에 따라 생물 서식공간이 다양하게 구성되고, 주변에 먹이자원을 제공하는 논, 밭, 과수원 등의 존재 여부와 개발이나 산림 관리 등 인간의 간섭 정도에 따라 조류의 서식에 영향을 주기 때문에 보다 명료한 산림 평가가 이루어지기 위해서는 추후에 산림의 건강성이나 토지이용 등 인간의 간섭을 고려한 연구가 진행되어야 할 것이다.

인 용 문 헌

강호근 · 박미란 · 박태권 · 김홍래 · 이상은. 2009. 환경친화적인 도로건설을 위한 생물서식처 보전가치 평가 및 지도화. 대한환경공학회 611-618pp.

경향신문. 2008. 9. 30. 그린벨트 추가 해제 서민주택 공급.

권순덕 · 장광민 · 설아라 · 정주상. 2008. 공유림 분포패턴을 고려한 유역단위 산림기능평가. 한국임학회지 91(1) : 71-76.

권영수. 2007. 생태자연도 작성을 위한 조류 서식지 평가기준 개선방안. 연구보고 10(1) : 49-55.

김인현 · 오규식 · 양희범. 2009. 토지적성평가

지표의 개선방안 연구 -평가체계 Ⅱ를 중심으로-. 한국GIS학회지 17(2) : 201-212.

손학기 · 김원주 · 박종화. 2000. GIS 공간유형분석 모형을 이용한 경관 규모의 생태계 평가기법. 한국GIS학회지 8(2) : 233-241.

오정학 · 권진오 · 유주한 · 김경태. 2010. 도시숲 평가를 위한 경관생태학적 모형개발. 한국환경생태학회지 24(2) : 178-185.

윤기란 · 박미영 · 김귀곤. 2009. 보전가치평가를 통한 도시 내 산림지역의 관리방안 연구. 지역개발연구 41(2) : 69-85.

이도원. 2001. 경관생태학 : 환경계획과 설계, 관리를 위한 공간생리. 서울대학교 출판부.

이상화 · 강방훈. 2007. 화성시 건달산의 산림식생 구조 분석. 한국환경복원녹화기술학회지 10(5) : 51-57.

임신재 · 이주영 · 강정훈. 2007. 광릉 지역 활엽수 천연림과 도로 주변의 서식지 구조와 조류군집 특성. 한국환경생태학회지 21(1) : 47-54.

최희선. 2007. 물순환형 생태도시를 위한 유역차원의 습지조성 입지선정에 관한 연구 -환경생태계획 적용방안을 중심으로. 서울대학교 박사학위논문.

홍선기 · 강신규 · 강호정 · 노태호 · 이은주. 2005. 경관생태학 : 이론과 응용. 라이프사이언스 21-44pp.

환경부. 2007. 4. 전국 생태 · 자연도 고시.

환경부. 2008. 국토환경평가지도 백서 2001-2008. 35pp.

황국웅 · 박소윤. 2003. 지속가능한 토지이용을 위한 경관규모 생태계평가기법 연구. 한국지리정보학회지 6(1) : 78-84.

Alexis, C., P. Susana and S. R. Chandler. 2010. Landscape-level impact of tropical forest loss and fragmentation on bird. Ecological modelling, 221 : 512-526.

Bibby, C. J., N. D. Burgess and D. A. Hill. 1992. Bird census techniques. Academic Press, New York. 257pp.

Casperson, J. P., and S. W. Pacala. 2001. Successional diversity and forest ecosystem function, Ecological Research, 16 : 895-903.

Dunn, P. 1992. Long-term biological resource and threat monitoring of Hawaiian natural areas. Produced for the Hawaii department of land and natural resources division of forestry and wildlife by the nature conservacy of Hawaii. Honolulu, HI.

Forman, R. T. T. 1995. Land mosaics : The ecology of landscape and regions. Cambridge. 300-321pp.

Gustafson, E. J., and T. R. Crow. 1996. Simulating the effects of alternative forest management strategies on landscape structure. Journal of environment management, 46 : 77-94.

Jan, B., S. G. Nilsson, A. Franc and P. Menozzi. 2000. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. Forest ecology and management, 132 : 39-50.

Javier, S., J. H. Justribo, F. Garcia, J. Retamar, C. Rabadan and J. C. Atienza. 2006. Habitat-suitability modelling to assess the effects of land-use changes on Dupont's lark Chersophilus duponti : A case study in the Layna Importnat Bird Area. Biological conservation, 128 : 241-252.

Lindenmayer, D. B., and M. A. McCarthy. 2002. Congruence between natural and human forest disturbance : a case study from Australian montane ash forests. Forest ecological management, 155 : 319-335.

McGarigal, K., and B. Mark. 1995. FRAGSTAT : spatial pattern analysis program for quantifying, landscape structure. USDA forest Service, General, Technical report PNW-GTR-

351. Pacific northwest, Research Station, Portland, Oregon. 86-103pp.

Mikael, G., Balfors and Mortberg. 2006. Biodiversity in environmental assessment-current practice and tools for prediction. Environmental impact assessment review, 26 : 268-286.

Lele, N., P. K. Joshi and S. P. Agrawal. 2008. Assessing forest fragmentation in northeastern regions (NER) of India using landscape matrices., Ecological indications, 8 : 657-663.

Pielou, E. C. 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity : It's use and misuse. The American Naturalist, 100(914) : 463-465.

Ron, S., and J. Kangas. 2001. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. Landscape and urbanplanning, 55 : 79-93.

Thompson, M. E., S. M. Kahlenberg, I. C. Gilby and R. W. Wrangham. 2007. Core area quality is associated with variance in reproductive success among female chimpanzees at Kibale National Park, Animal behavior, 73 : 501-512.

Turner, M. G., R. H. Gardner and R. V. O'Neill. 2001. Landscape Ecology in Theory and Practice, Springer-Verlag New York, Inc.

Wei, Yu and H. M. Hoganson. 2005, Landscape impacts from valuing core area in national forest planning, Forest Ecology and Management, 218 : 89-106.

Wilcove, D. S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips and E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperilled species in the United States. Bioscience, 48 : 607-15.

부록 1. 현장조사 대상지별 조류상

Scientific name	Korean name	birds observed in seven areas							Total	Mig.[1)]
		1	2	3	4	5	6	7		
Falco tinnunculus	황조롱이				1				1	Res
Phasianus colchicus	꿩	3	5	3	4	1	14	8	38	Res
Streptopelia orientalis	멧비둘기	1	1	4	20	3	18	8	55	Res
Otus scops	소쩍새	1			1			2	4	Res
Dendrocopos kizuki	쇠딱다구리	1	2	4		2	1	10	20	Res
Dendrocopos major	오색딱다구리			3			1	1	5	Res
Picus canus	청딱다구리	1		4	1	1	2	5	14	Res
Hypsipetes amaurotis	직박구리	20	2	10		6	13	18	69	Res
Phoenicurus auroreus	딱새	1		1					2	Res
Turdus dauma	호랑지빠귀	1			1	2	1		5	SV
Turdus hortulorum	되지빠귀							6	6	SV
Paradoxornis webbianus	붉은머리오목눈이	6		2	20	4	2	4	38	Res
Phylloscopus coronatus	산솔새	11	4	3				2	20	SV
Ficedula zanthopygia	흰눈썹황금새				1				1	SV
Cyanoptila cyanomelana	큰유리새	2		10			1	8	21	SV
Aegithalos caudatus	오목눈이			3	4	2	4	4	17	Res
Parus palustris	쇠박새	2	3	10	10	7	10	16	58	Res
Parus ater	진박새	2							2	Res
Parus major	박새	13	10	9	3	4	10	10	59	Res
Sitta europaea	동고비				1				1	Res
Emberiza elegans	노랑턱멧새	8		4		4	4	4	24	Res
Passer montanus	참새		1		1				2	Res
Garrulus glandarius	어치			1			5	7	13	Res
Pica pica	까치	2	2	8	1	2	25	19	59	Res
Corvus macrorhynchos	큰부리까마귀		1				4	2	7	Res
Total	Species	16	10	16	14	12	16	18	25	
	Individuals	75	31	79	69	38	115	134	541	
	Biodiversity index	2.24	2.01	2.57	1.96	2.33	2.34	2.65	2.72	

1) Res(Resident, 텃새), SV(Summer visitor, 여름철새).