

지속가능한 자연생태계 보전을 위한 평가지표 체계구축¹

유주한² · 정성관^{3*} · 오정학⁴

Construction of System on Assessment Indicators for Conservation of Sustainable Natural Ecosystem¹

Ju-Han You², Sung-Gwan Jung^{3*}, Jeong-Hak Oh⁴

요 약

본 연구는 지속가능한 자연생태계를 객관적이고 합리적으로 평가할 수 있는 지표군을 구축함으로써 국토 및 자연 환경 보전의 기초자료 제공과 더불어 환경정책 수립이나 입안을 위한 방향제시를 위해 수행되었다. 생물적 요인, 무생물적 요인, 질적 요인, 기능적 요인 등 4개의 평가항목을 선정하였으며, 평가지표는 밀도, 총 질소량, 헤메로비등급, 재화생산 등 56개로 추출하였다. 평가항목과 평가지표가 신뢰계수 0.6 이상으로 확인되어 설문지 설계에는 큰 문제가 없는 것으로 나타났다. 평가지표의 상관분석 결과, 생물적 요인의 경우 군도와 우점도, 무생물적 요인의 경우 토성과 방위, 질적 요인의 경우 귀화율과 자연파괴도, 기능적 요인의 경우 산사태 방지와 토양침식 방지가 높은 상관성을 보였다. 다차원 척도법에 의해 차원결정을 수행한 결과, 스트레스값은 0.042~0.133, 적합도 지수는 0.9 이상으로 나타나 통계적 문제는 발생하지 않았다. X축의 경우 생물적 요인은 구조, 무생물적 요인은 관점, 질적 요인은 구성, 기능적 요인은 대상이고 Y축은 형태, 범위, 구조, 활동으로 형성되었다.

주요어 : 생물종다양성, 환경정책, 상관성, 다차원척도

ABSTRACT

This study was carried out to offer the raw data on conservation of land and natural environment by constructing groups of indicators to objectively and rationally assess the sustainable natural ecosystem and present the direction for establishing and planning the environmental policy. There were selected that four assessment items were biotic, abiotic, qualitative, and functional factor. And there were extracted fifty-six indicators including density, total nitrogen, hemeroby degree, and goods production. As assessment items and indicators were over 0.6, the design of questionnaire showed no great problem. In the results of correlation analysis of assessment indicators, sociality and dominance was highly correlative in biotic factor, soil property and aspect in abiotic factor, naturalized and urbanized index in qualitative factor, and protection of landslide and soil erosion were too correlative. In the results of deciding the dimension by multidimensional scaling, as stress values were from 0.042 to 0.133, index of fit over 0.9,

1 접수 6월 30일 Received on Jun. 30, 2005

2 충청북도수목·산야초연구센터 Chungcheongbuk-do Research Center for Wild Plants, Cheongwon(363-874), Korea(kurodai@hanmail.net)

3 경북대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Kyungpook National University, Daegu(702-701), Korea(sgjung@knu.ac.kr)

4 국립산림과학원 산림생태과 Div. of Forest Ecology, Korea Forest Research Institute, Seoul(130-712), Korea(ojh6822@hanmail.net)

* 교신저자, Corresponding author

there no statistical problems. In case of X axis, biotic factor was structure, viewpoint in abiotic factor, composition in qualitative factor, and object in functional factor, and Y axis was shaped into form, range, structure, and activity.

KEY WORDS : BIODIVERSITY, ENVIRONMENTAL POLICY, CORRELATION, MULTIDIMENSIONAL SCALING

서론

현대 사회는 20세기에 접어들면서 인간의 욕망과 편의를 위하여 수많은 자연환경을 파괴하며 발전하여 왔다. 그 결과 국토는 난개발로 그 형태나 기능이 많이 상실되었고 그 속에 존재하는 생태계 또한 인위적 교란으로 훼손되었다.

우리나라는 산지, 습지, 초지, 사구 등 다양한 지형이 형성되어 있고 그 속에 천혜의 자연생태계가 유지되었으나 1960년대 국토개발과 함께 시행된 경제개발과 국토의 난개발로 인해 피해는 심각한 수준에 이르렀으며, 최근 각종 개발규제의 완화와 사회간접자본 확충사업으로 자연환경의 파괴는 가속화될 것이다.

자연생태계는 동·식물, 미생물 등 광범위한 생물 분류군을 보유하고 있는 유기체로서 각각의 상호작용과 그 영향력이 통합되어 표현되는 특성을 가지고 있다. 또한 건전한 자연생태계는 생산자, 소비자, 분해자의 먹이사슬이 합리적으로 형성되어 있고 다양한 동식물들이 공동체를 이루는 서식처와 같은 의미를 가지고 있다(Low and Scholes, 2002).

그리고 다양한 재화와 용역을 지속적으로 생산할 수 있는 중요한 자연자원일 뿐만 아니라 인류 생존을 위해 영구적으로 보전되어야 할 삶의 터전이며, 각종 생물들에게도 매우 중요한 환경이라고 할 수 있다. 따라서 생태적 및 환경적으로 매우 가치 있는 자원의 보고인 자연생태계를 보전하는 것은 매우 시급한 과제라고 할 수 있는데, 먼저 선행되어야 할 것이 바로 이들을 정확하고 객관적으로 평가할 수 있는 지표체계의 설정이다.

생태계 보전 및 평가지표 관련 연구를 살펴보면, 인간과 자연과의 공생지표(이동근과 윤소원, 1998), 산지개발 변수설정(김상윤과 윤여창, 1999), 산지개발 환경기준 설정(윤여창 등, 1999), 도시비오톱 평가지표(나정화 등, 2001), 내셔널 트러스트 후보지 평가 모형(유주한과 정성관, 2002), 경관생태학적 지표활용(이동근 등, 2005) 등이 수행되었다. 그러나 광범위한 자연생태계를 일부 기준이나 관점에 집중하여 연구하였기 때문에 미시적 및 거시적 평가가 통합되어 활용되지 못하였을 뿐만 아니라 여기에 사용되어야 할 적절한 지표군의 연구

수행이 활발하지 않았다고 생각된다.

따라서 본 연구의 목적은 지속가능한 자연생태계를 객관적이고 합리적으로 평가할 수 있는 평가지표군을 구축함으로써 국토 및 자연환경 보전의 기초자료 제공과 더불어 환경정책 수립이나 입안을 위한 방향제시를 위해 수행되었다.

연구 방법

1. 자료수집 절차 및 방법

평가지표의 사전 검정을 위하여 관련 전공 교수, 연구직, 대학원생 30명을 대상으로 타당성을 확인한 후 설문지를 작성하였으며, 설문지의 구성은 평가요인 4문항, 평가지표 56문항, 전체 평가요인 1문항, 응답자 속성으로 되어 있다. 평가요인의 경우 생물적, 무생물적, 질적 및 기능적 요인으로 분류하여 작성하였으며, 평가지표는 각 요인별로 세분화하여 작성함과 아울러 측정의 오류 발생을 방지하기 위해 문항수가 많은 항목의 경우 분류군별로 작성하였다. 특히 분류군별의 경우 생물적 요인은 구조, 분포, 다양성 등, 무생물적 요인은 토양과 주변의 물리적 조건, 질적 요인은 자연성, 인위적 간섭 작용 등의 특성에 따라 구분하였으며, 생태계 평가에 있어 지표의 중요도 점수를 기재하도록 하였다.

배부기간은 2004년 12월부터 2005년 1월까지 회송된 자료를 사용하였고 설문지 배부 대상에 있어서는 조경학, 임학 및 산림학, 생태학, 원예 및 식물학을 전공한 교육직과 연구직 75명을 대상으로 하였고 전자우편을 이용한 설문조사를 실시하였다.

설문항목은 최저 1점에서부터 최고 5점까지의 5단계 리커트 척도를 활용하였으며, 이는 서열척도의 성질을 가지고 있으나 수량적 분석에 사용하기 위하여 등간척도로 간주하였다.

총 75부의 설문지를 배포하였고 회송된 설문지 49부 중 응답이 불성실하거나 결측치가 있는 11부를 제외한 38부의 설문지를 활용하였다. 회수율은 50.7%로 비교적 낮게 회수되었다고 판단되나 우편조사와 같이 개별 면접이 아닌 경우는 회수율이 20~40% 정도로 낮다는

점을 감안한다면 무리가 없을 것으로 생각된다.

2. 자료분석

수집된 자료는 통계프로그램인 SPSS 10.0(SPSS Inc., 2000)에 각 평가항목별로 분리하여 코딩화하였다. 평가지표의 신뢰성 검정을 위하여 Cronbach α 계수를 이용하였고 평가지표간 상관성 파악 및 해석을 위하여 Pearson의 상관계수를 활용하였다. 또한 다차원적도법을 이용하여 각 평가지표의 사용 기준 및 차원을 파악하기 위해 포지셔닝 맵을 작성하였다. 이는 평가지표의 상대적 거리를 유클리디안 거리로 환산하여 3회 반복을 실행하여 결과를 도출하였다.

결과 및 고찰

1. 평가지표의 선정

자연생태계를 평가하기 위한 지표선정은 생물적 요인, 무생물적 요인, 질적 요인, 기능적 요인 등 4가지 평가항목으로 1차 분류하였다. 생물적 요인은 식생의 구조, 상태, 다양성을 평가하는데 주안점을 두었고 무생물적 요인은 토양과 환경적 특성이 자연생태계 평가에 미치는 영향을 확인하기 위해 선정하였다. 또한 질적 요인은

경관과 생태계의 안정성 및 건전성을 규명하기 위한 것이며, 기능적 요인은 산림이 인간과 각종 생물들에게 주는 기능성을 파악하는데 착안하였다. 이러한 지표들은 생태계와 관련된 산림생태학, 도시계획 및 경관, 임학, 생물보전학 등에서 선정하여 분류하였다. Figure 1은 지표선정을 나타낸 것이다.

생물적 요인 평가에서의 지표선정은 생태계 평가와 관리에 있어 식생구조가 중요한 변수이고 군집특성 및 군집동태 분석은 구조적 특성을 파악하는 것이 필요한데 BF1(밀도), BF2(피도), BF3(빈도), BF4(상대우점치), BF7(흉고직경), BF8(수고), BF9(수관폭), BF10(층위구조), BF14(군도), BF15(우점도)가 구조적 특성 평가에 중요 지표로 사용된다는 점에서 선정하였다(Bebi *et al.*, 2001).

생물다양성 평가는 BF5(개체수), BF6(종수), BF11(중다양성지수), BF12(종풍부도), BF13(최대중다양성지수)을 이용하였고(Martin and Cornelis, 2000; Mendoza and Prabhu, 2003) 산림 내 존재하는 식물자원 정보 획득을 위한 지표는 BF16(관속식물), BF17(특산식물), BF18(귀화식물), BF19(희귀 및 멸종위기식물), BF20(특정식물의 군락지)으로 지표를 체계화시켰다(Kapfer and Franklin, 2000).

자연생태계는 무생물적 요인과 밀접한 관련성이 있기 때문에 이와 결합된 평가가 객관적이라고 판단되어 지표를 선정하였는데 AF1(총 질소량), AF2(총 인량),

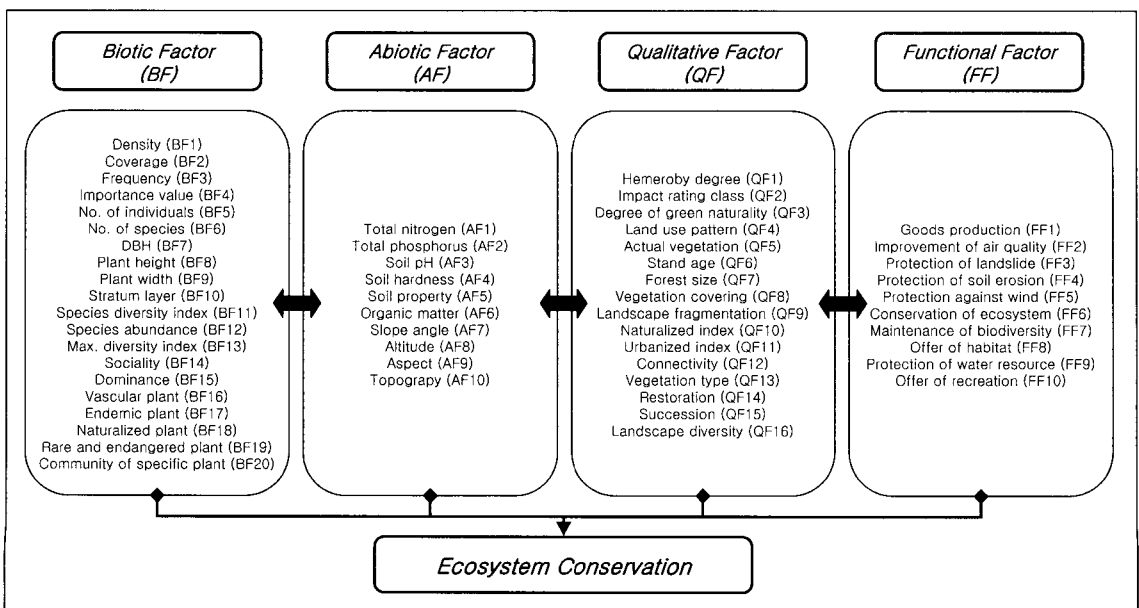


Figure 1. Classification of assessment indicators

AF3(토양산도), AF4(토양경도), AF5(토성)와 같은 토양특성과 AF6(유기물층), AF7(경사각), AF8(해발), AF9(방위), AF10(지형)인 환경적 특성을 반영할 수 있는 지표를 선정하였다(Kessler, 2001; Louw and Scholes, 2002).

산림의 경관 및 생태적 질을 판정하기 위한 질적 요인 평가의 경우 자연성 유지, 환경압 및 간섭정도의 분석을 위해서는 QF1(헤메로비등급), QF2(환경피해도), QF3(녹지자연도), QF4(토지이용형태), QF10(귀화율), QF11(자연파괴도)를 이용하였고(Blume and Sukopp, 1976; Frissel, 1977) 경관과 생태계의 안정성과 상태를 파악하기 위해 QF5(현존식생), QF6(임령), QF7(산림면적), QF8(식생피복율), QF9(경관과편화), QF12(연결성), QF13(식생형태), QF14(복원력), QF15(천이단계), QF16(경관의 다양성)이 지표군으로 도출되었다(Noss, 1990; Folke *et al.*, 1996).

산림의 기능적 요인 평가에서 있어서는 인간과 자연에 주는 공익적 기능 평가의 경우 FF1(재해생산), FF2(대기질향상), FF3(산사태 방지), FF4(토양침식 방지), FF5(방풍효과), FF9(수자원 보호), FF10(휴양과 휴식 제공)을 선정하였고(Sidle, 1992; Nowak, 1993; Glück, 2000) 생태계 유지 기능의 경우 FF6(생태계 보전), FF7(생물종다양성 유지), FF8(서식처 제공)이 중요 지표라고 생각된다(Cole and Cordray, 1991; Skole and Tucker, 1993).

2. 응답자의 속성

전문가 인구통계학적 속성을 살펴보면 성별의 경우 남자가 33명(86.8%), 여자가 5명(13.2%)로 나타났는데 전공 또는 직업특성 상 남자에 집중된 것으로 생각된다. 분야별로는 조경학 전공 12명(31.6%), 임학 및 산림학 전공 13명(34.2%), 생태학 전공 9명(23.7%), 원예학 및 식물학 전공 4명(10.2%)으로 나타났으며, 직업별로는 교육직이 21명(55.3%), 연구직이 17명(44.7%)으로 교육직이 연구직보다는 좀 더 많이 응답한 것으로 조사되었다.

3. 평가항목의 신뢰성 검정

평가항목에 대한 신뢰성 검정 결과, α 계수가 생물적 요인 0.8044, 무생물적 요인 0.7640, 질적 요인 0.7697, 기능적 요인 0.7352 및 통합요인 0.7551로 나타났다(Table 1). 평가지표의 신뢰계수도 0.8 이상으로 나타나 일반 기준인 0.6과 비교해 볼 때 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

Table 1. Reliability analysis

Factors	Cronbach α
BF	0.8044
AF	0.7640
QF	0.7697
FF	0.7352

4. 평가지표간 상관관계

자연생태계를 평가하기 위한 각 평가항목 내 지표들의 상관성을 분석하기 위해 Pearson의 상관분석을 이용하였다. 자연생태계는 내적 혹은 외적 특성이 종합적으로 조직화되어 있기 때문에 이들의 정확한 평가를 위해 지표들의 관련성 확인 단계가 필요하다. 이는 각 평가지표간 관계를 파악함으로써 지표체계 구축의 전략과 방법의 핵심자료 제공과 그에 따라 발생하는 문제점에 대한 원인 규명에 필요한 작업이라고 사료된다.

1) 생물적 요인

생물적 요인을 평가하기 위한 지표간 상관성 해석 결과, 군도와 우점도가 유의수준 0.01에서 가장 높은 0.808, 수고와 수관폭이 0.774의 상관계수를 나타냈다(Table 2).

군도와 우점도의 관계는 식물사회학적 접근방법에 주로 사용되는 것으로써 군도 1~5, 우점도 r~5로 구분되는데 수목, 초본 등에 적용하여 각 군집을 분류하는 것이다. 따라서 이들은 식물군집의 분류와 특성을 나타내며, 현존식생도 작성과 같은 것에 이용되기 때문에 관계성이 높게 나타난 것으로 생각된다. 특히 이들은 방형구 조사를 통해 자료획득이 가능한데 식생조사에 있어 매우 중요한 평가단계라 할 수 있으며, 평가지역의 우점종, 피복형태 등의 특성이 산출되기 때문에 생물적 요인에서 상관성이 높은 것으로 나타났다. 하지만 우점도와 군도는 특정 우점종을 규명하는데 치중될 수 있으며, 연구자의 주관이나 시각적 편향에 의해 측정 오류가 발생할 가능성이 있다. 따라서 정확한 평가를 위해서는 세분화된 등급을 적용한 식생의 매트릭스화나 수목 및 초본식생의 통합된 평가기법 개발이 되어야 할 것이다. 또한 인공신경망의 조직화기법을 응용한 군집분류와 같은 공학적 방법이 적용된다면 체계적이고 객관적인 평가구조가 형성될 것으로 사료된다.

2) 무생물적 요인

무생물적 요인의 평가지표에 대한 상관분석을 수행한 결과는 Table 3과 같다. 가장 높은 상관성을 보인 것은

Table 2. Correlation coefficients on indicator of biotic factor

	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6	BF7	BF8	BF9	BF10	BF11	BF12	BF13	BF14	BF15	BF16	BF17	BF18	BF19	BF20
BF1	1																			
BF2	0.669**	1																		
BF3	0.689**	0.732**	1																	
BF4	0.179	0.379*	0.385*	1																
BF5	0.482**	0.363*	0.523**	0.249	1															
BF6	0.517**	0.442**	0.331*	0.039	0.367*	1														
BF7	0.304	0.532**	0.620**	0.557**	0.298	0.227	1													
BF8	0.370*	0.468**	0.688**	0.306	0.299	0.041	0.722**	1												
BF9	0.451**	0.429**	0.640**	0.247	0.411	0.173	0.642**	0.744**	1											
BF10	0.315	0.403*	0.228	0.154	0.157	0.398*	0.399*	0.261	0.256	1										
BF11	0.081	0.235	0.136	0.383*	0.177	0.345*	0.329*	0.105	0.064	0.442**	1									
BF12	0.230	0.179	0.222	0.548**	0.401*	0.276	0.241	0.140	0.136	0.268	0.603**	1								
BF13	-0.133	-0.027	0.155	0.489**	0.049	-0.026	0.259	0.213	0.123	-0.016	0.268	0.529**	1							
BF14	0.437**	0.583**	0.656**	0.432**	0.399*	0.370*	0.516**	0.506**	0.474**	0.410*	0.297	0.370*	0.378*	1						
BF15	0.470**	0.489**	0.696**	0.415**	0.258	0.280	0.583**	0.646**	0.644**	0.269	0.067	0.228	0.263	0.808**	1					
BF16	0.430**	0.340*	0.330*	0.276	0.488**	0.280	0.361*	0.295	0.368*	0.314	0.332*	0.280	0.081	0.484**	0.398*	1				
BF17	0.357*	0.325*	0.417**	0.441**	0.474**	0.308	0.399*	0.297	0.379*	0.125	0.497**	0.484**	0.360*	0.494**	0.358*	0.670**	1			
BF18	0.274	0.306	0.285	0.023	0.044	0.248	0.230	0.255	0.288	0.125	0.123	0.030	0.257	0.395*	0.397*	0.509**	0.433**	1		
BF19	0.098	-0.186	-0.085	0.167	0.346*	0.079	0.137	0.070	0.231	0.095	0.381*	0.416**	0.296	0.148	0.110	0.408*	0.404*	0.084	1	
BF20	0.305	0.341*	0.388*	0.159	0.381*	0.151	0.408*	0.486**	0.358*	0.096	0.188	0.234	0.112	0.361*	0.277	0.484*	0.567**	0.397*	0.093	1

* Correlation is significant at the 5% level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 1% level (2-tailed)

토성과 방위로써 상관계수 0.749를 보였고 그 다음으로 높은 것은 방위와 지형이며, 상관계수는 0.743으로 조사되었다.

토성과 방위의 상관성 경우 토성은 습윤, 건조와 같은 물리적 특성을 가지고 있는데 이는 방위 즉, 동향, 서향, 남향, 북향 등에 따라 달라질 수 있다. 특히 북향과 남향은 토양수분과 토양종류 등이 달라지는데 이는 채광조건이나 강도가 다르기 때문에 발생하는 현상이라고 할 수 있다. 자연생태계는 지형에 따라 그 특성이 달라질 수 있으며, 방위에 따라라도 달라질 수도 있다. 산림에 있어서 북향의 경우 능선부 상부에는 신갈나무가 대체로 우

점하는 반면, 하부는 갈참나무, 상수리나무 등이, 남향은 소나무, 조림된 리기다소나무 등이 주로 생육하고 있다. 따라서 방위를 파악하는 것은 그 지역의 식생유형을 일차적으로 해석할 수 있기 때문에 평가에 따른 경제적, 시간적 절감효과가 기대된다. 또한 산불, 재선충과 같은 병충해 등 각종 재해에 대한 복원 및 복구 시 방위에 따른 식생형태, 토양종류를 사전 평가 및 해석함으로써 환경친화적인 복원이 용이할 것으로 사료된다. 이는 무생물적 요인에 대한 사전 파악을 통해 생물적 요인 평가에 객관적 자료를 뒷받침하는 역할을 한다고 생각된다.

Table 3. Correlation coefficients on indicator of abiotic factor

	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5	AF6	AF7	AF8	AF9	AF10
AF1	1									
AF2	0.619**	1								
AF3	0.495**	0.450**	1							
AF4	0.466**	0.561**	0.532**	1						
AF5	0.570**	0.563**	0.522**	0.681**	1					
AF6	0.119	0.332*	0.447**	0.279	0.381*	1				
AF7	0.400*	0.473**	0.456**	0.512**	0.600**	0.355*	1			
AF8	0.176	0.354*	0.461**	0.355*	0.461**	0.467**	0.459**	1		
AF9	0.512**	0.431**	0.674**	0.537**	0.749**	0.457**	0.669**	0.636**	1	
AF10	0.321*	0.495**	0.498**	0.556**	0.647**	0.544**	0.619**	0.582**	0.743**	1

* Correlation is significant at the 5% level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 1% level (2-tailed)

3) 질적 요인

Table 4는 질적 요인에 대한 평가지표간 상관성 분석을 수행한 결과로써 귀화율과 자연파괴도의 상관계수가 0.699로 가장 높았고 그 다음이 녹지자연도와 토지이용 형태가 0.624를 나타내었다.

귀화율과 자연파괴도의 관련성은 귀화식물에 대한 분포종수에 있다고 할 수 있다. 귀화율은 (귀화종수/출현종수)×100%, 자연파괴도는 (특정지역의 귀화종 총수/남한내 귀화종 총수 265종)×100%로 산출되는데(임양재와 전의식, 1980) 이들 값들은 귀화식물의 종수를 이용하여 특정지역 내 생태계의 질을 규명하는 특징을 가지고 있다. 따라서 이들의 관련성은 귀화식물 분포 종수에 의해 연관된 것으로 예측된다. 이러한 귀화식물은 한국의 비자생종으로써 능동적 혹은 수동적으로 이입되어 야생상태에서 번식하여 생존하며, 최근 외국과의 물적 교류가 활발해지면서 종수나 개체수가 증가추세에 있다고 할 수 있다. 이들은 자연생태계의 질을 급격히 저하시킬 수 있는 요인으로 작용하는데 도로 및 임도개설, 농경지 개간, 시설물 조성, 수목 식재 등의 인위적 간섭에 의해 침입하는 경우가 많다. 따라서 이들의 분포양상과 동태파악은 생태계의 질을 평가하는데 중요한 작용을 할 것으로 사료되나 현재 하천, 도시, 공단지역 등에 대한 연구가 집중되는 경향이 있어 자연생태계 내 귀화식물 분포에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 생물적 요인의 평가지표와의 연계를 통해 우점도, 군도, 상대우

점치 등을 수치화를 하여 귀화식물 분포 도면 등을 작성함으로써 자연생태계 내 침입형태를 시각화할 필요가 있을 것으로 사료된다.

4) 기능적 요인

기능적 요인의 평가지표간 상관성 분석 결과는 Table 5와 같으며, 가장 높은 상관성을 보인 것은 산사태 방지와 토양침식 방지로 0.803의 상관계수를 보였고 그 다음이 생물종다양성유지와 서식처 제공이 0.736의 상관계수를 나타내었다.

산사태 방지와 토양침식 방지에 대한 상관성을 해석해보면, 산림 내 생육하는 수목과 각종 지피식물들은 토양 내 수분을 함유하고 있는 녹색담 기능을 하고 있으며, 이들 식물의 근계가 토양을 지지하는 역할을 하기 때문에 유수에 의한 토양침식을 방지하고 있다. 또한 식생근력이 잘 발달된 지역에서의 토양은 침식이 적고 토양보전기능을 가지고 있으므로 산사태 발생 가능성이 낮기 때문에 상관성이 높게 나타난 것으로 생각된다. 그리고 산성비와 같은 대기오염에 의해 각종 성분들의 용탈된 토양은 척박하기 때문에 산사태와 같은 물리적 피해가 발생될 뿐만 아니라 식생천이나 생육에 악영향을 줄 수 있다. 또한 목재나 임산물 채취 등의 재화생산 등과 같은 행위에 의해서도 발생될 가능성이 높기 때문에 이들의 역상관을 추정하여 기능성 평가를 고려하는 것이 중요할 것으로 사료된다. 그리고 산사태나 토양침식과 같은

Table 4. Correlation coefficients on indicator of qualitative factor

	QF1	QF2	QF3	QF4	QF5	QF6	QF7	QF8	QF9	QF10	QF11	QF12	QF13	QF14	QF15	QF16
QF1	1															
QF2	0.410 [*]	1														
QF3	0.616 ^{**}	0.554 ^{**}	1													
QF4	0.517 ^{**}	0.284	0.624 ^{**}	1												
QF5	0.151	0.248	0.150	0.031	1											
QF6	0.083	-0.118	0.008	0.028	0.447 ^{**}	1										
QF7	0.071	0.386 [*]	0.207	0.004	0.192	0.197	1									
QF8	0.317	0.182	0.364 [*]	0.405 [*]	0.636	0.134	0.285	1								
QF9	0.099	0.212	0.163	0.031	0.187	0.164	0.125	0.138	1							
QF10	0.015	-0.014	0.037	0.007	0.032	0.425 ^{**}	0.271	0.360 [*]	0.116	1						
QF11	0.156	0.226	0.159	0.361 [*]	-0.015	0.345 [*]	0.154	0.411 [*]	0.086	0.699 ^{**}	1					
QF12	0.321 [*]	0.273	0.165	-0.023	0.252	0.452 ^{**}	0.163	0.236	0.369 [*]	0.273	0.401 [*]	1				
QF13	0.036	0.005	0.101	-0.048	0.111	0.407 [*]	0.390 [*]	0.228	0.214	0.530 ^{**}	0.289	0.390 [*]	1			
QF14	0.428 ^{**}	0.283	0.404 [*]	0.268	0.067	0.233	0.273	0.482 ^{**}	0.362 [*]	0.292	0.257	0.450 ^{**}	0.330 [*]	1		
QF15	-0.079	0.006	-0.093	-0.185	0.310	0.344 [*]	0.403 [*]	0.085	0.389 [*]	0.397 [*]	0.051	0.240	0.600 ^{**}	0.485 ^{**}	1	
QF16	0.118	0.251	0.253	0.422 ^{**}	0.137	0.185	0.301	0.293	0.040	0.053	0.082	-0.083	0.200	0.209	0.295	1

* Correlation is significant at the 5% level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 1% level (2-tailed)

Table 5. Correlation coefficients on indicator of functional factor

	FF1	FF2	FF3	FF4	FF5	FF6	FF7	FF8	FF9	FF10
FF1	1									
FF2	0.360*	1								
FF3	0.446**	0.623**	1							
FF4	0.479**	0.658**	0.803**	1						
FF5	0.488**	0.617**	0.565**	0.651**	1					
FF6	0.222	0.236	0.334*	0.183	0.130	1				
FF7	0.044	0.107	0.329*	0.127	0.059	0.641**	1			
FF8	-0.162	0.258	0.266	0.176	0.167	0.649**	0.736**	1		
FF9	0.448**	0.576**	0.601**	0.698**	0.540**	0.332*	0.120	0.288	1	
FF10	0.425**	0.271	0.427**	0.371*	0.313	0.312	0.406*	0.317	0.561**	1

* Correlation is significant at the 5% level (2-tailed)

** Correlation is significant at the 1% level (2-tailed)

것은 무생물적 요인의 방위, 토성, 경사각 등이 작용하여 자연발생될 가능성도 있기 때문에 GIS와 같은 분석도구를 활용한 산사태 예측도면 등을 작성하여 타 요인과 중첩해석함으로써 객관성과 신뢰성을 부여해야 할 것이다.

5. 평가지표의 포지셔닝

평가지표들을 이용하여 자연생태계를 평가할 시 사용기준 및 차원을 파악하고 차원 내에서 평가지표들의 위치를 확인함으로써 분포 형태와 이에 따른 특성에 의한 자연생태계 평가의 전략 수립을 위해 수행되었다. 또한 X축과 Y축의 차원명은 요인분석과 마찬가지로 지표들이 배열된 특성에 따라 부여하였는데 이는 위치와 지표 특성을 대표할 수 있는 명칭으로 명명된 것이라고 할 수 있다.

1) 생물적 요인

다차원 공간의 적합 정도와 차원수 결정을 나타내는 stress값은 0.133으로써 적합정도는 보통에 가까웠으며, 결정계수 R²과 유사한 적합도 지수는 0.925으로써 일반 기준 0.6보다 높게 나타나 적합한 것으로 수용되었다 (Figure 2).

평가지표들의 위치를 살펴보면, 밀도 (1.066, -0.669), 특성식물의 군락지 (-1.555, -0.508)에 분포하고 있는데 생물적 요인의 평가지표들의 체계 설정을 위해 x축은 구조성으로, y축은 형태성으로 명명하였고 x축의 경우 우측 방향은 단순, 좌측 방향은 복합으로 해석하였고 y축의 경우 상부 방향은 입체, 하부 방향은 평면으로 포지셔닝하였다.

단순-입체적 차원의 평가지표들은 흉고직경, 수고, 수관폭, 군도, 우점도으로써 구조적 특성 상 방형구 설정을

통한 단순 측정으로 자료 획득이 가능하다. 따라서 형태적으로 수직적인 특성을 가진 수고나 수평적 특성을 가진 흉고직경 등을 고려한 정밀 식생현황이나 입분별로 세분화된 수관투영도 작성과 더불어 GIS 등과 같은 과학적 도구에 의한 현존식생도를 바탕으로 평가전략을 수립해야 될 것이다. 이는 평가지역 내 수목의 경급분석, 구조적 속성 및 분포형태 등에 대해 필요한 지표라고 사료된다.

단순-평면적 차원을 가진 지표는 빈도, 피도, 밀도, 관속식물, 개체수, 귀화식물이 집단화되었다. 평가지역 내 관속식물을 조사하는 것은 생태계 기초 조사에서 중요한 과정으로 샘플링된 구간이나 지역을 조사하는 것이 필요하며, 이를 통해 획득되어진 식물자원 정보 중 자생식물과 귀화식물에 대한 경쟁상태를 예측함으로써 차후 평가지역의 우세종과 생태적 질을 판단할 수 있다. 특히

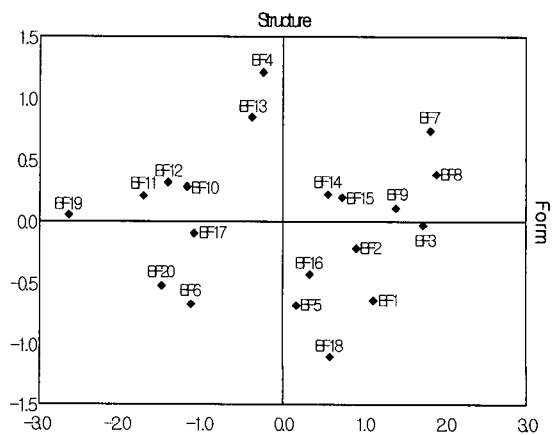


Figure 2. Positioning map of biotic factor

귀화식물 종수만을 가지고 특정 지역의 귀화정도를 단정하는 경우가 많은 데 빈도, 밀도, 피도를 이용한 생태적 지위 측정과 단위면적 당 개체수를 활용하여 자생식물과 귀화식물의 점유비율도 등을 작성함으로써 자연성 및 교란정도를 명확하고 객관적으로 확인할 수 있어 생태계의 건전성을 파악하는데 유용한 실측자료가 될 수 있다고 판단된다.

특산식물, 특정식물의 군락지, 종수는 복합-평면적 차원으로 명명하였다. 특산식물은 생물지리적 고립성 등에 의해 나타나는 것으로(Cowling and Samways, 1995) 지역적 형질 발현이 특수하기 때문에 희귀 및 멸종 위기식물과 마찬가지로 중요한 식물자원이다. 따라서 특산식물 종수를 활용하여 고유성 정도=(특산식물 종수/전체 출현종수)×100%, 고유성 유지율=(특정지역 내 특산식물 종수/남한 내 특산식물 종수)×100% 등의 공식을 활용하여 수치화시키는 것이 과학적 평가를 위해 유리할 것이다. 또한 환경부 및 산림청 보호종, 식물구계학적 특정종 같은 특정식물의 군락지는 순위나 등급이 부여된 자료와 군락지 면적 또는 기타 환경요인 등을 가중치로 적용함으로써 점수화된 분포도면 작성에 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

상대우점치, 최대종다양성지수, 종풍부도, 종다양성 지수, 희귀 및 멸종위기식물, 층위구조는 복합-입체적 차원으로 해석하였다. 복합적 측면의 경우 상대우점치 등은 중간 세력권, 종구성의 다양성 등을 복합적으로 파악하여 평가지역의 건전성, 안정성 등을 진단하는 것이고 희귀 및 멸종위기식물의 보전을 위해서는 지형, 주변 식생, 간섭요인 등을 복합적으로 판단하여 등급이나 완충지대 설치 등을 실행할 수 있다(Tompson *et al.*, 2001) 고 사료된다. 또한 입체적 측면의 경우 층위구조와 같이 다층의 종구성, 층위별 세력권 양상 등을 분석하는데 필요하다. 특히 희귀 및 멸종위기식물의 출현이나 분포는 생태학적 토지분류의 가치나 등급 설정 및 조정에 영향을 주는데 NNR(National Nature Reserve)이나 SSSI (Sites of Special Scientific Interest)와 같은 생물보전 가치 설정(Freeman, 1999)에 주목표가 될 것이며, 무생물적 요인과 결합하여 GIS, RS와 같은 도구를 이용한 잠재적 생태계 형태를 추정할 수 있는 중요지표이다. 따라서 평가지역 내 개발 및 보전지역이 세분화된 토지이용계획 수립에 활용될 수 있으나 생태학적 건전성을 등급화시킨 중첩도면이 활용되어야 자연생태계를 지속가능하게 보전할 수 있을 것이다. 종다양성과 종풍부도는 유전자, 종의 서식처 등 다중범위 특성이 있고 경관의 다양성과 연결되며, 경관 파편화 지역을 보전 및 관리하는데 핵심역할을 하기 때문에 경관계획과 연계된 이용성이 기

대된다.

2) 무생물적 요인

Figure 3은 무생물적 요인의 평가지표들에 대한 포지셔닝을 나타낸 것으로서 stress값은 0.110, 적합도 지수는 0.940으로 통계적으로 유의한 것으로 판단되었다. 평가지표의 좌표를 살펴보면, 총 질소량 (0.647, -1.156), 지형 (-0.906, 0.455)로 설정되었다.

x축은 지표의 관점, y축은 범위로 설정하였고 x축의 경우 우측 방향은 미시적, 좌측 방향은 거시적이며, y축의 경우 상부 방향은 상위, 하부 방향은 하위로 해석하였다.

미시-상위적 차원의 지표는 경사각과 토성으로 확인되었는데 능선부나 계곡 사면의 경사각의 대소에 따라 사면붕괴 등과 산사태 발생에 대한 예측 또는 저감방안을 확립할 수 있으며, 그 지역의 토양의 물리성과 같은 토성을 파악함으로써 임도와 같은 인위적 시설물의 안전성 문제를 검토할 수 있다. 특히 임도는 산림 내 생태계에 부정적 영향을 미치나 산불 진화나 산림 관리를 위해서는 필수불가결한 것이기 때문에 사전 정밀 평가를 통해 인위적 훼손을 최소화해야 할 것이고 이를 적절히 활용하여 붕괴 등을 사전 예방하여 재시공에 따른 물리적 피해를 방지할 수 있기 때문에 주변 생태계를 지속가능하게 보전할 수 있다고 사료된다. 따라서 이들 지표군은 사면안정 해석 및 붕괴의 사전예측 등과 같은 토목공학적인 평가에 활용될 수 있을 것이라고 생각된다.

미시-하위적 차원에 있어서는 토양경도, 총 인량, 총 질소량이 설정되었다. 토양 고결화가 심한 지역은 각종 무기영양분이 빈약하고 토양미생물의 활동이 적기 때문에 식생구성이 단순화되는 경향이 있다(유주한과 정성관, 2005). 특히 산림 내 답압에 의해 고결화가 진행된 지역에서는 썩과 같은 생존력이 강한 종들만이 우점함으

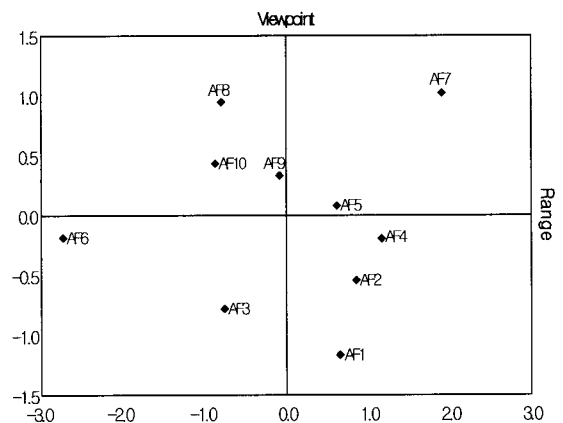


Figure 3. Positioning map of abiotic factor

로 인해 종다양성이 저하되기 때문에 생물다양성과 연계하여 해석해야 될 것이다. 또한 총 인량, 총 질소량은 유기물층과 관련성이 있는 지표로서 부식질이 많은 지역에서 이들의 수치가 높고 이로 인한 에너지 흐름이 원활하기 때문에 식생의 생육이 양호하다고 할 수 있다. 따라서 토양경도 등의 미시-하위적 지표군을 목본과 초본이 통합된 정밀 현존식생도와 같은 생물적 자료를 중첩하여 식생토양도면 등과 같은 것을 작성하는 것이 무생물적 요인 평가가 보다 더 합리적일 것으로 판단된다.

거시-하위적 차원의 경우 유기물층, 토양산도가 포지셔닝 되었는데 유기물층이 많은 지역은 토양이 안정되어 있고 다양한 식생종 구성이 형성되어 있기 때문에 (Grigal, 2000; Sukopp, 2004) 생태적으로 건전한 지역이라고 할 수 있다. 토양산도 또한 적정 산도를 유지할 경우 생태적으로 안정된 지역인데 최근 대기오염에 따른 산성비의 발생빈도가 높아지기 때문에 산성화 발생이 우려되고 이러한 산성화는 각종 원소들의 용탈에 따라 토양이 척박해진다. 따라서 토양산도와 같은 토양의 이화학적 특성을 거시-하위적 측면에서 고려하되 식생이나 종구성과 같은 생물적 요인도 결합하여 장기 모니터링 등에 이용될 수 있다고 사료된다.

거시-상위적 차원은 해발, 지형, 방위가 설정되었다. 이들은 식생의 구성, 형태 등에 영향을 줄뿐만 아니라 토양의 이화학적 특성과의 연결되기 때문에 중요한 요소이다. 따라서 이들은 평가지역의 소단위 조사 시의 경우 점적 측정도 수행해야 하며, 대단위 조사 시에는 GIS, RS와 같은 분석도구를 활용하여 각종 환경요인들과의 중첩 분석한 종합 생물환경지도 개발 등이 필요할 것으로 판단된다.

3) 질적 요인

Figure 4는 질적 요인의 평가지표를 포지셔닝한 것으로 stress값은 0.113, 적합도 지수는 0.938로 나타났다. 좌표는 헤메로비등급의 경우 (1.753, -0.605), 경관의 다양성은 (-0.857, -2.118), 복원력은 (0.006, -0.076)으로 조사되었다.

차원의 설정은 x축의 경우 구성, y축은 구조로 명명하였으며, x축의 경우 우측 방향은 단순, 좌측 방향은 다양이고 y축의 경우 상부 방향은 단일, 하부 방향은 복합으로 설정하였다.

단순-단일적 차원은 귀화율, 자연파괴도, 식생피복, 녹지자연도가 포지셔닝 되었다. 귀화율과 자연파괴도는 귀화식물의 종수를 통해 분석하는데(임양재와 전의식, 1980) 이는 식물상 중 귀화식물의 분포를 양적으로 표현한 것이다. 또한 식생피복과 녹지자연도는 기존 현

황에 대한 자료이다. 하지만 이들은 식생의 질을 판단할 수 있는 기준이 될 수 있기 때문에 타 자료와 통합적인 고려를 해야 할 것이다. 즉, 기존 녹지자연도와 같이 목본 위주보다는 억새군락과 같이 단일 군락이 형성된 초원, 다양한 초본류가 자생하는 계곡부 등 세분화하여 정교한 녹지자연도 재사정을 통해 질적 평가를 구체화시켜야 할 것이다.

단순-복합적 차원의 경우 복원력, 환경피해도, 토지이용형태, 헤메로비등급으로 설정되었다. 구성적 차원에서는 환경압과 교란에 의한 생태적 건전성, 그에 따른 토지형태와 원 상태로의 복원과 같이 단편적 개념으로 인식되나 인위적 교란이나 간섭 등에 의한 환경피해와 토지이용에 따른 생태적 건전성을 나타내는 헤메로비등급, 천이에 의한 자체 복원력 등은 다양한 환경요인들이 복합적으로 작용한다. 따라서 인위적 교란과 그에 따른 생태계의 변화를 상기 지표군을 바탕으로 생태적 토지분류도 개발 등이 요구되어진다.

다양-복합적 차원의 경우 천이단계, 경관파편화, 현존식생, 경관의 다양성이 포지셔닝 되었는데 천이단계는 나지에서 초본, 양수림, 극상림 등 다양한 식물종들이 복합적으로 변화하면서 기후나 토양조건에 부합되게 균형을 이룬 상태로 진행되는 것이다(Odum, 1969; Bazzaz, 1975). 경관파편화는 식생의 단절과 그에 따른 생태계의 물질흐름의 중단과 같이 복합적으로 작용한다 (Malanson and Cramer, 1999). 현존식생과 경관의 다양성은 현재 생육하는 식생과 그로 인해 형성되는 다양한 경관을 나타낸 것으로써 타 지표나 요인들과 복합적으로 작용하기 때문에 생태적 및 시각적 질을 고려한 경관 평가나 계획에 응용되어야 합리적인 평가나 조사가 이루어질 수 있다고 생각된다.

다양-단일적 차원에서는 연결성, 식생형태, 임령, 산

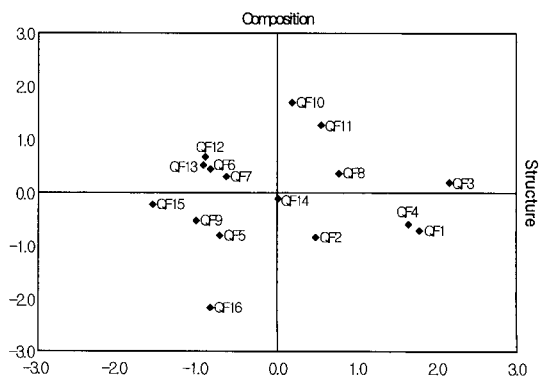


Figure 4. Positioning map of qualitative factor

립면적이 위치하고 있다. 식생의 연결성과 형태는 수종에 따른 형상과 그에 따른 수관선의 연결, 수치화된 임령과 산림면적 등은 구조적 차원에서는 단일 개념이다. 그러나 구성적 차원에서는 다양한 수종들과 그들이 생육하는 지형에 의한 형태와 연결성, 그에 따른 시각적 질을 나타내는 스카이라인 등은 생태적 질과 더불어 다양한 요인들과 결부된 경관계획 등에 활용될 수 있고 다양한 수종의 임령과 많은 지역에 분포하는 산림면적을 해석하여 산림관리계획 등에 활용될 수 있다. 따라서 보전의 핵심 전략과 방안 수립 시 상기 지표들은 다양-단일적 차원에서 사용될 수 있다.

4) 기능적 요인

Figure 5는 기능적 요인에 대해 포지셔닝한 것으로서 stress값은 0.042로 2차원 분석 정도가 좋은 것으로 나타났고 적합도 지수는 0.993으로 높게 관찰되었다. 지표의 좌표는 재화생산이 (1.993, -0.601), 휴양 및 휴식제공 (0.041, -0.617)이다. 차원 설정에 있어서는 x축의 경우 대상, y축은 활동으로 명명하였고 x축의 우측 방향은 인간, 좌측 방향은 생물, y축의 상부 방향은 수동, 하부 방향은 능동으로 설정하였다.

인간-수동적 차원은 대기질향상, 토양침식방지, 산사태방지, 방풍효과로 묶었는데 토양침식과 산사태는 수목의 근계, 초본근락 피복에 따른 토양안정화 등으로 토양 붕괴를 방지함으로써(Locke et al., 2002) 산림 내 인위적 시설물의 관리뿐만 아니라 인접 주거지를 보전함과 아울러 수목의 호흡작용을 통한 CO₂의 흡수와 O₂의 방출, 국지적 또는 돌발적으로 발생할 수 있는 강풍에 대한 방풍림 역할을 한다. 상기 기능들은 자연이 인간생활을 지속적으로 영위할 수 있도록 이익을 줌으로써 인간은 수동적으로 이익을 받는다. 따라서 자연생태계를 평

가함에 있어 자연중심사고도 중요하나 인간이 생활하기 위해 자연생태계를 이해하고 해석하고자 평가하는 경향이 많기 때문에 이를 인간-수동적 차원으로 평가하고자 한다.

인간-능동적 차원은 재화생산, 휴양과 휴식제공의 지표가 설정되었는데 재화생산은 임산물을 자연에서 능동적으로 획득하여 생활에 필요한 의식주를 유지할 수 있으며, 이를 지속적으로 생산하기 위해 조림과 같은 인위적 행위가 이루어진다. 또한 자연은 인간에게 휴양과 휴식을 제공함으로써 정신적 및 육체적 스트레스를 완화시키는 기능이 있으며, 인간은 이를 능동적으로 이용하여 재충전함으로써 삶의 질을 유지한다. 따라서 인간-능동적 차원은 인간생활을 능동적이고 자발적으로 유지하고자 하는 목적이 있기 때문에 휴양림, 삼림욕장, 수목원, 경제수 조림지 등에 적용가능한 지표라고 사료된다.

생물-능동적 차원은 생태계 보전, 생물종다양성 유지가 설정되었다. 생태계는 동식물과 더불어 미생물이 상호 에너지 교환 또는 흐름이 발생하는 유기체인 동시에 생물체와 무생물적 환경의 총합을 의미한다(Tansley, 1935; Malone, 2000). 이는 생물종 스스로가 능동적으로 그들의 생태계를 유지하고 있으며, 훼손될 시 천이 등의 자가회복력을 발휘하여 원 상태로 회복하고자하는 특성이 있다. 따라서 생물종 유지는 생태계를 보전하는 것이 핵심이라 할 수 있으며, 다양한 생물종을 유지할 수 있도록 자연생태계를 관리해야 할 것이다. 즉 자연생태계의 기능적 평가 시 생물-능동적 차원은 녹지축, 생태통로, 천연림 등에 초점을 맞추어 평가해야 할 것으로 사료된다.

생물-수동적 차원에 있어서는 서식처 제공, 수자원 보호가 포지셔닝 되었는데 이는 생물들이 수동적으로 생태계에서 생존에 대한 이익을 제공받고 있는데 하천의 배후 습지나 산정 혹은 산록부 습지와 같이 희귀 및 멸종 위기 동식물과 천연기념물이 다수 생육하는 지역에서 대기오염에 의한 수질 악화는 토양오염과 그에 따른 식생의 쇠퇴 등으로 생물 서식처가 훼손될 가능성이 높다. 따라서 이들 지표를 산림뿐만 아니라 습지, 하구언과 같은 물과 관련된 지역에 활용하는 것도 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 독특한 유기체를 형성하고 있으며, 생태적 및 환경적으로 가치 있는 자연생태계를 지속가능하게 보전하기 위함과 아울러 합리적인 평가지표 체계 구축을 통해 정확한 평가의 기초방법 제공에 있다고 할 수 있

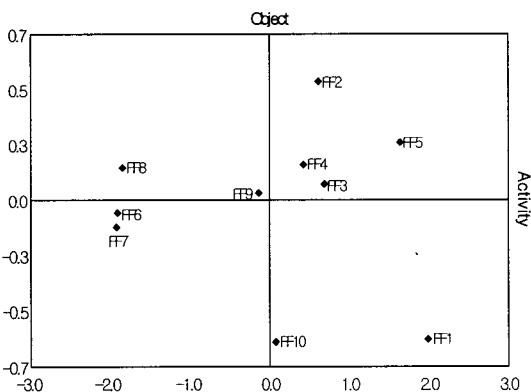


Figure 5. Positioning map of functional factor

다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

생물적 요인, 무생물적 요인, 질적 요인, 기능적 요인 등 4개의 평가항목을 선정하였고 생물적 요인에서는 밀도 등 총 20개, 무생물적 요인은 총 질소량 등 10개, 질적 요인은 헤메로비등급 등 총 16개, 기능적 요인은 재화생산 등 10개의 평가지표를 추출하였다.

신뢰성 분석 결과, 평가항목과 평가지표가 신뢰계수 0.6 이상으로 확인되어 설문지 설계에는 문제가 없는 것으로 나타났다.

평가지표의 상관분석 결과, 생물적 요인의 경우 군도와 우점도, 무생물적 요인의 경우 토성과 방위, 질적 요인의 경우 귀화율과 자연파괴도, 기능적 요인의 경우 산사태 방지와 토양침식 방지가 높은 상관성을 보였다.

평가지표를 다차원적도법에 의해 속성별 차원결정과 전락수립을 수행한 결과, 스트레스값은 0.042~0.133, 적합도 지수는 0.9 이상으로 나타나 통계적 문제는 발생하지 않았다.

생물적 요인에서 있어서 단순-입체적 차원은 식생의 수직-수평적 특성을 고려한 정밀 식생현황, 임분별 수관 투영도 및 GIS를 활용한 현존식생도 등에 이용될 수 있고 단순-평면적 차원은 자생식물과 귀화식물을 통해 예상우세종 또는 생태적 질을 예측할 수 있으며, 이들 개체수를 통한 점유비율도로 평가지역의 자연성 정도를 확인할 수 있다고 생각된다.

복합-평면적 차원의 경우 특산식물 중수로 고유성 정도, 고유성 유지율과 같은 생물 고유성을 해석할 수 있을 것이고 특정식물 군락지에 등급 및 순위를 부여함과 아울러 환경요인 등의 가치적 적용을 통해 점수화된 도면 개발이 요구되어진다. 복합-입체적 차원에 있어서는 희귀 및 멸종위기식물을 이용한 생태적 토지분류와 그에 따른 가치설정을 통해 잠재적 생태계 형태를 추정하는 자료로 활용될 수 있을 것이며, 종다양성과 종풍부도와 경관을 연계시킨 경관계획이 필요할 것이다.

무생물적 요인의 경우 미시-상위적 차원은 사면안정 해석 및 붕괴의 사전예측 등과 같은 토목공학적 평가에 활용될 수 있을 것이고 미시-하위적 차원은 토양경도 등의 토양특성과 목본 및 초본이 통합된 정밀 현존식생도와 같은 생물적 자료를 중첩한 식생토양도면에 활용될 수 있을 것이다. 거시-하위적 차원은 토양의 이화학적 특성과 식생이나 중구성과 같은 생물적 요인을 결합한 장기 모니터링 등에 활용이 기대되며, 거시-상위적 차원의 경우 GIS, RS와 같은 분석도구를 활용하여 각종 종합 생물환경도 개발 등에 유용한 자료가 될 것이다.

질적 요인에 있어서는 단순-단일적 차원의 경우 통합적인 고려를 통한 정교한 녹지자연도 재사정으로 평가

를 구체화시킬 필요성이 있으며, 단순-복합적 차원은 생태적 건전성을 나타내는 생태적 토지분류도 개발에 활용될 수 있을 것이다. 다양-복합적 차원은 생태적 및 시각적 질을 고려한 경관평가나 계획에 응용될 수 있고 다양-단일적 차원은 생태적 질이 고려된 경관계획 및 산림 관리계획에 사용될 수 있다고 판단된다.

기능적 요인의 경우 인간-수동적 차원은 인간과 자연 생태계를 공생의 개념으로 이해하고 해석하고자 하는 것이며, 인간-능동적 차원은 인간생활을 유지하는 기능이 있으므로 휴양림, 삼림욕장, 수목원, 경제수 조림지 등에 적용가능할 것이다. 생물-능동적 차원은 녹지축, 생태통로, 천연림 등에 활용될 수 있고 생물-수동적 차원은 생물종다양성이 높은 습지와 같은 지역에서 활용가능성이 높다고 사료된다.

차후 자연생태계 평가지표에 대해 보다 정확한 해석을 위해서는 요인분석을 통한 각 지표군의 유형화 및 다중회귀분석 등에 의한 평가모형식 선정과 평가지표간 상호영향력 예측 등을 파악해야 할 것으로 생각된다. 또한 퍼지적분, 인공신경망 등을 적용하여 언어변수의 불리성을 공학적 방법으로 극복할 필요성이 있다고 사료된다.

인 용 문 헌

- 김상윤, 윤여창(1999) 지속가능한 산지개발을 위한 토지이용계획 변수설정에 관한 연구. 산림경제연구 7(1): 63-72.
- 나정화, 류연수, 사공정희(2001) 평가지표에 의한 도시비오톱의 가치평가. 한국조경학회지 29(1): 100-112.
- 유주한, 정성관(2002) 자연자원 보전지역의 평가모형-내셔널 트러스트 후보지 선정을 중심으로-. 한국조경학회지 30(2): 39-49.
- 유주한, 정성관(2005) 충청북도 미등산수목원의 자생 초본군락 구조 및 관리방안. 한국조경학회지 33(2): 48-59.
- 윤여창, 김상윤, 권태호, 이창석(1999) 지속가능한 산지개발을 위한 환경기준 설정에 관한 연구. 한국환경영향평가학회지 8(2): 53-63.
- 이동근, 윤소원(1998) 지속가능한 도시개발을 위한 환경지표에 관한 연구 -인간과 자연과의 공생지표를 중심으로-. 한국환경영향평가학회지 7(1): 93-107.
- 이동근, 윤소원, 김은영, 전성우, 최재용(2005) 보전가치평가를 위한 경관생태학적 지표의 활용 및 적용. 한국조경학회지 32(6): 14-22.
- 임양재, 전의식(1980) 한반도의 귀화식물분포. 한국식물분류학회지 22: 69-83.
- Bazzaz, F.A.(1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystem in southern Illinois. Ecology 56: 485-488.

- Bebi, P., F. Kienast and W. Schönenberger(2001) Assessing structures in mountain forests as a basis for investigation the forest's dynamics and protective function. *Forest Ecology and Management* 145: 3-14.
- Blume, H.P. and Sukopp, H.(1976) Ökologische bedeutung anthropogener bodenveränderung. *Schriftenreihe für Vegetationskunde* 10: 75-89.
- Cole, R.P. and S.V. Cordray(1991) What should forests sustain? eight answers. *Journal of Forestry* 89: 31-36.
- Cowling, R.M. and M.J. Samways(1995) Predicting global patterns of endemic plant species richness. *Biodiversity Letters* 2: 127-131.
- Folke, C., C.S. Holling and C. Perings(1996) Biological diversity, ecosystem, and the human scale. *Ecological Applications* 6(4): 1018-1024.
- Freeman, C.(1999) Development of a simple methods for site survey and assessment in urban areas. *Landscape and Urban Planning* 44: 1-11.
- Frissel, S.S.(1977) Judging recreation impacts on wildness campsite. *Journal of Forestry* 76: 481-483.
- Glück, P.(2000) Policy means for ensuring the full value of forests to society. *Land Use Policy* 17: 177-185.
- Grigal, D.F.(2000) Effects of extensive forest management on soil productivity. *Forest Ecology and Management* 138: 167-185.
- Kapfer, J.A. and S.B. Franklin(2000) Evaluation of an ecological land type classification system Natchez Trace state forest, western Tennessee, USA. *Landscape and Urban Planning* 49: 179-190.
- Kessler, M.(2001) Patterns of diversity and range size of selected plant groups along an elevational transect in the Bolivian Andes. *Biodiversity and Conservation* 10: 1897-1921.
- Locke, M.A., K.N. Reddy, and R.M. Zablotowicz(2002) Weed management in conservation crop production systems. *Weed Biology and Management* 2: 123-132.
- Louw, J.H. and M.S. Scholes(2002) Forest site classification and evaluation: a South African perspective. *Forest Ecology and Management* 171: 153-168.
- Malanson, G.P. and B.E. Cramer(1999) Landscape heterogeneity, connectivity, and critical landscapes for conservation. *Diversity and Distribution* 5: 27-39.
- Malone, C.R.(2000) Ecosystem management policies in state government of the USA. *Landscape and Urban Planning* 48: 57-64.
- Martin, H. and J. Cornelis(2000) Towards a monitoring method and a number of multifaceted and hierarchical biodiversity indicators for urban and suburban parks. *Landscape and Urban Planning* 49: 149-162.
- Mendoza, G.A. and R. Prabhu(2003) Qualitative multi-criteria approaches to assessing indicators of sustainable forest resource management. *Forest Ecology and Management* 174: 329-343.
- Noss, R.F.(1990) Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology* 4(4): 355-364.
- Nowak, D.J.(1993) Atmospheric carbon reduction by urban trees. *Journal of Environmental Management* 37: 207-217.
- Odum, E.P.(1969) The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Sidle, R.C.(1992) A theoretical model of the effects of timber harvesting on slope stability. *Water Resources Research* 28(7): 1898-1910.
- Skole, D. and C. Tucker(1993) Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. *Science* 260: 1905-1910.
- Sukopp, H.(2004) Human-caused impact on preserved vegetation. *Landscape and Urban Planning* 68: 347-355.
- Tansley, A.G.(1935) The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 284-307.
- Thompson, S., K. McElwee and J.T. Lee(2001) Using landscape characteristics for targeting habitat conservation and restoration: a case study of ancient semi-natural woodland in the Chiltern Hills area of outstanding natural beauty, UK. *Landscape Research* 26(3): 203-223.

최종심사일 : 2005년 8월 25일 4인익명 심사필.