

다항목 매트릭스 식생평가 기법 - 식생의 자연성 평가에 대한 새로운 기법과 그 적용 -

김 종 원 · 이 은 진
계명대학교 생물학과

Multicriterion Matrix Technique of Vegetation Assessment - A New Evaluation Technique on the Vegetation Naturalness and Its Application -

Kim, Jong-Won and Eun-Jin Lee
Department of Biology, Keimyung University

ABSTRACT

A new evaluation technique, *i.e.* multicriterion matrix technique, on the vegetation assessment was proposed and compared with several techniques having been previously used in the environmental impact assessment. Four criterias and 10 subcriterias were selected for two evaluation indices such as vegetation naturalness value and vegetation class. These criterias were characterized by syntaxonomical informations of hemeroby concept and potential natural vegetation, hierarchical system between criterias, and ordinal scale of vegetation naturalness values. Vegetation naturalness values were classified into 11 ordinal levels and condensed to five vegetation classes for facilitating practical use. In the example study two sites were compared by using two indices. This technique could have useful applications for assessment of regional vegetation. A vegetation map of naturalness described by combination of two indices was proposed in order to illustrate regional vegetation naturalness.

Key words: Ecological assessment, Hemeroby classification, Multicriterion matrix technique, Naturalness value, Vegetation class.

서 론

생물다양성 (biodiversity)의 온전성을 전제로 하는 지역 생태계의 건전한 개발과 이용을 위해서는 자연생태계 구성요소에 대한 올바른 가치 평가가 선행되어야 한다. 식물종은 서식처 (habitat)의 모든 환경적 요인에 대한 총합적인 영향하에서 출현하여 생육하고 있는 생태계의 기능적 구조적 토대를 형성한다 (Becking 1957). 따라서 지역의 식물종 조성에 관한 정보로부터 그 지역의 자연생태계에 대한 기초 정보를 획득할 수 있다 (김 1993).

지역의 자연자원에 대한 잠재적 이용 (potential use)과 그 적합성 (suitability)을 판정하기 위한 생태적 평가 (ecological assessment)에서는 각 식물종 또는 유사한 생태적 범위를 가지는 식물종들로 구성된 식물군락에 대한 생물학적 가치를 고려한 질적 평가가 일차적으로 고려되어야 한다 (Spellerberg 1992). 생태계 평가는 실질적으로 정확한 정량적인 정보 획득에 의한 양적 평가가 불가능하기 때문에 객관적 평가 수단에 의한 질적 평가가 훨씬 효과적이다. 따라서 적절한 객관적 평가 수단에 의한 질적·양적 평가 속성을 동시에 내재하고 있는 사정 기준 (evaluation criteria)의 설정은 보다 올바른 생태계 평가를 가능하게 한다. 이러한 생태계 평가 기준의 설정은 대상 지

역의 식생자원 평가와 환경영향 평가에도 매우 유용하게 활용될 수 있으며, 그 지역에 대한 건전한 개발과 보전을 위한 기준을 마련하는 기초 정보를 제공하게 된다. 최근 세계는 자국의 자연관리 정책 수립을 위하여 지역의 자연성 평가 (naturalness or hemeroby assessment)에 인간간섭을 고려한 식생정보의 정량·정성적 평가를 적용하고 있다 (Koch *et al.* 1997, Koch & Kirchmeir 1997).

이러한 관점에서 본 연구는 우리 나라에서 이용 가능한 식생평가 기법의 개발과 실제 적용, 그리고 이미 제도적으로 이용되고 있는 기존의 식생평가 기법 (환경부 1995)에 대한 고찰로 이루어져 있다.

재료 및 방법

식생평가 항목의 설정과 체계

식물군락에 대한 식생자연성 (vegetation naturalness) 평가를 위하여 Multicriterion Matrix Technique (이하, MM-기법)이 고안되었다. MM-기법은 보전생태학적 군락분류학적 군락지리학 정보들을 토대로 네 가지의 평가기준 항목 (criteria)이 선정되어 이용되었다: 식생발달 기원, 지리적 분포, 중요 식물종의 현지내 생육 여부, 그리고 식물군락의 발달 기간 (Table 1). 4 개의 평가기준 항목은 그 속성에 따라 두 가지 또는 세 가지로 구분되어 모두 10 개의 소평가기준 항목 (subcriteria)으로

이루어져 있다. 평가기준 및 소평가기준 항목은 인간간섭을 고려한 논리적 체계 (hierarchical system)에 따라 식물군락에 대한 보전 가치 증가에 대응하도록 +, - 연산 처리만이 가능한 순차적 오름차순의 계급 (ordinal scale)이 부여되었다. 이것은 주어진 지역에 있어서 더 이상의 인간 간섭이 배제된다면 현재의 자연 환경 및 입지 조건 하에서 발달하게 되는 식물종 조성을 근거로 현존하는 식생자원을 평가하는 '인간간섭정도' (hemeroby, Blume & Sukopp 1976 in Koch & Kirchmeir 1997) 및 잠재자연식생 (Tüxen 1956)의 식생학 정보에 근거한다.

1. 식생발달 기원 (Development origin)

식물군락이 형성되어 발달하는 과정에서 인위적인 간섭의 유무에 의한 그 기원을 고려하여 크게 두 가지로 대별하였다: 인위적 (anthropogenic) 간섭이나 교란에 의한 식물군락의 유지 발달 또는 인위적인 영향이 배제되어 자연환경 조건 하에서 저절로 형성되어 유지되고 있는 야생상태 (wilderness)의 식물군락. 이와 같은 식물군락의 형성기원에 따른 식생평가 항목은 식생자원에 대한 자연성 (naturalness) 평가, 즉 인간간섭으로부터의 식생자원의 보전을 궁극 목적으로 하는 식생평가의 목적을 고려할 때, 평가기준 항목의 체계상 (hierarchical) 최상위로 두어야 하며, 인간 간섭에 의해 유지되고 발달되는 식생은 자연적 기원의 식생보다 낮은 순차적 계급이 부여되어야 한다

Table 1. Multicriterion evaluation matrix based on ordinal value of vegetation naturalness

Development origin		Anthropogenic (Ao)			Wilderness (Wo)				
		National (Nd)	Provincial (Pd)	Local (Ld)	National (Nd)	Provincial (Pd)	Local (Ld)		
Geographical distribution		0	1	2	3	4	5		
Monitored individual species	- (Es)	s (St)	0	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
		m (Mt)	1	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
	+ (Is)	I (Lt)	2	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
		s (St)	3	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
		m (Mt)	4	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
	I (Lt)	5	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	

Abbreviated words in a parenthesis : Ao - Anthropogenic origin, Es - Ex-situ, Is - In-situ, Ld - Local distribution, Lt - Long-term history, Mt - Mid-term history, Nd - National distribution, Pd - Provincial distribution, St - Short-term history, Wo - Wilderness origin.

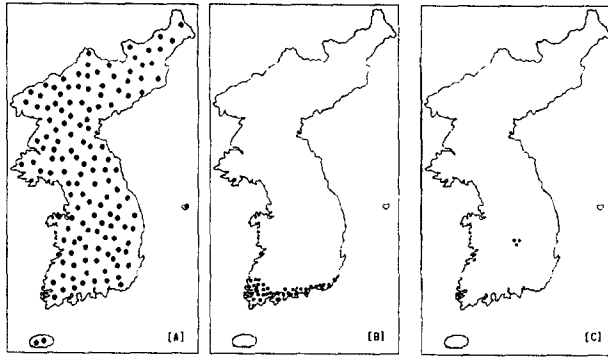


Fig. 1. Examples of distribution patterns of plant communities on a countrywide basis. The ruderal plant community such as *Polygonum aviculare-Plantago asiatica* community in (A) could be considered nationally common but the evergreen forests such as *Ardisio-Castanopsietum cuspidatae* in (B) provincially common, and the limestone formations such as *Themeda triandra* var. *japonica-Thuja orientalis* community in (C) are nationally rare because of a limited distribution in one local part of the country.

(Table 1). 쫄레꽃군락에 포함되는 대부분의 임연군락이나 담압식생의 질경이군락은 대표적인 인위적 식물군락이다.

2. 지리적 분포 (Geographical distribution)

식물군락의 지리적 수평적 공간 분포범위를 의미하며, 세 가지로 대별하였다: 전국적 (national) 분포, 지방적 (provincial) 분포, 국지적 (local) 분포 (Fig. 1). 일반적으로 국가적 수준에서 널리 분포하여 비교적 흔히 관찰되는 식물군락으로써 두 개 이상의 특정 식생대 (vegetation zone, Fig. 2)에 분포 중심지를 가지는 식물군락의 분포적 양식을 전국적 분포로 규정하였으며, 하나의 특정 식생대 (기후대)에 분포 중심지를 가지거나 인접하는 두 개의 식생대에 걸쳐서 분포하면서도 한 쪽 식생대에 편향적 분포 경향을 나타내는 식물군락을 지방적 분포 양식으로 구분하였다. 한편 석회암지역 또는 고층습원 등에서 특징적으로 관찰되는 식생형처럼 특정한 생태적 서식처에 분포 중심지를 가지는 식물군락으로써 그 분포 범위가 매우 제한적인 고유 식물군락과 특정 서식처에서 지소적으로 생육하는 식물군락의 분포양식은 국지적 (local) 분포의 사례가 된다. 그러므로 상위 평가기준항목에서 동일한 식생 발달기원이라 할지라도 국지적 분포의 식물군락은 전국적 분포의 식물군락보다 보전의 계급은 높게 부여된다.

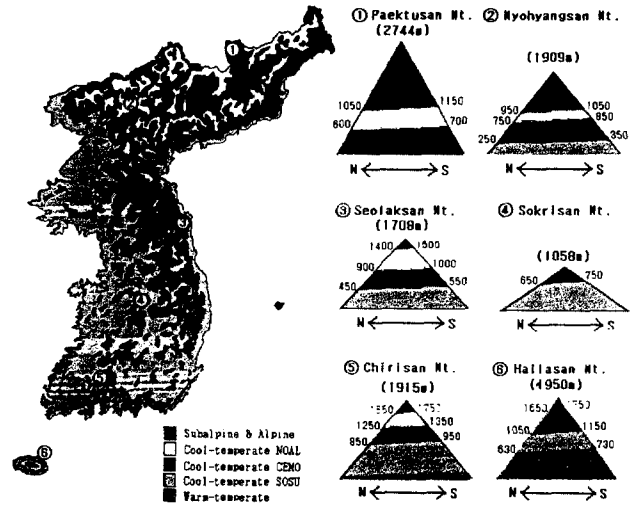


Fig. 2. Horizontal and vertical vegetation zones in the Korean Peninsula (slightly modified from Kim 1996)

3. 감시대상식물종 (Monitored individual species)

식물종의 현지내 생육에 관한 평가는 조사 대상의 식물군락 내에 종자원적 보전 가치가 높은 식물종의 혼생 유무 (-, +, Table 1)에 따라 이루어진다. 군락분류학적으로 동일한 식물군락이라 할지라도 감시대상의 식물종으로 평가되는 식물종이 포함되어 있는 식생에 대하여 그렇지 않은 식생보다 높은 계급이 부여되어야 한다. 감시대상식물종의 선발은 각 식물종에 대한 지리적 분포, 고유성, 서식처의 특이성, 번식전략 등의 네 가지 평가기준 항목 속에 아홉 가지의 소평가기준 항목에 근거하여 순차적 배열에 의한 계급을 토대로 이루어졌다 (Table 2). 이러한 식물종에 대한 평가항목의 순차적 계급은 본질적으로 상술의 식물군락에 대한 평가기법과 동일하다.

식물종에 대한 지리적 분포 (geographical distribution)는 각 식물종의 개체 수준에서 전국적, 지방적, 그리고 국지적으로 분포하는 양식에 따라 구분하였다 (Fig. 1). 식물종의 수평적 분포는 지역의 생물다양성 보전과 생태계의 기능과 구조 유지를 위한 목적으로 식물군락의 보전등급 평가 항목의 순차와 다르게 최우선적으로 고려되어야 한다. 그것은 자원적 가치 또는 생태기능적 가치가 매우 높은 식물종이라 할지라도 지리적 분포가 매우 광범위한 경우는 그 식물종의 현지내 복원에 있어서 그렇지 못한 식물종보다 유리하기 때문이다. 따라서 식물종의 현존 분포의 정보가 보다 상세하고 정확한 만큼 식생의 가치평가는 보다 유리하다. 본 연구에서는 우리나라 현존 식물자원에 대한 감시대상종의 선발을 위한 식물종명

Table 2. Multicriterion evaluation matrix of plant species

Geographical distribution			National		Provincial		Local			
Endemism (incl. endemic, subendemic & ethnobotanic)			-	+	-	+	-	+		
			0	1	2	3	4	5		
Habitat specificity	-	Ecological strategy	Clonal & annual	0	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
			Infiltration	2	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
	+	Ecological strategy	Clonal & annual	4	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
			Infiltration	6	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]

및 일부 생태적 정보를 위하여 『원색한국기초식물도감』(이 1996)을 기준도감으로 이용하였다 (김 1997).

식물종의 고유성 (endemism) 및 민족적 (ethnobotanic) 가치에 대하여, 한반도 내에 제한되어 분포하고 있는 식물종 또는 한반도가 그 분포의 중심지이면서 지리적으로 주변 지역에서도 생육분포가 알려져 있는 준고유 (subendemic) 식물종, 그리고 한민족이 전통적으로 이용해 온 식물종에 그 보전등급을 높게 부여하였다.

식물종의 서식처 특이성 (habitat specificity)은 특정 식물종이 요구하는 생태적 최적의 환경 입지를 의미하며, 생태적 입지환경의 생태적 범위 (ecological amplitude)가 좁은 식물종일 수록 서식처의 특이성이 높은 것으로 고려된다. 특히 입지의 제한 환경조건에 있어서 서식처의 주된 생태적 환경조건이 변형되었을 때 쉽게 소멸하는 인간간섭에 의한 서식처 변형에 민감한 식물종에 대하여 뚜렷한 서식처의 특이성으로 규정한다. 서식처의 지형변화에 의한 서식처의 건조현상에 의해 쉽게 사멸하게 되는 끈끈이주걱은 서식처 특이성의 명백한 사례가 된다. 본 연구에서는 특정 식생에 특징적으로 나타나는 식물종들에 대한 군락분류학적 정보를 토대로 일차적인 입지 특이성에 대한 후보 식물종으로 선별한 후에 보다 제한적이고 구체적인 서식처의 입지조건 및 식물군락의 구조적 조건을 나타내는 식물종에 대하여 서식처 특이성이 있는 것으로 규정하였다.

식물종에 대한 개체생태학적 번식전략 (reproductive strategy)은 평가 대상 식물종이 식물군락 내에서 공간 점유의 수단으로 이용되는 우선 방법에 대한 평가기준 항목으로 크게 두 가지의 소평가기준 항목으로 대별하였다: (1) 클론 (clonal) 또

는 일년생 (annual) 식물종 그리고 (2) 종자에 의한 다년생 침투 (infiltration) 식물. 본 연구에서는 후자보다 전자의 식물종에 보다 낮은 순차등급을 부여하였다. 이것은 clonal 식물종과 불안정한 입지에 생육 번영이 유리한 일년생 식물 (annual plants)이 교란된 서식처에서 훨씬 유리할 뿐만 아니라 비교적 단기간 동안 공간 점유에 유리하기 때문이다.

이와 같은 네 가지 식물종 보전평가항목을 토대로 각 식물종에 대하여 [0]~[11] 까지의 12개 보전계급이 사정되며, 두 개의 으뜸차순 계급별로 다섯 가지 (not monitoring 비감시종, general 일반감시종, principal 주요감시종, critical 특별감시종, absolute 절대감시종)의 감시대상 식물종으로 구별하여, 이 가운데 계급 [5] 이상의 식물종에 대하여 보전의 가치가 충분한 감시대상식물종 (weighted species)으로써 고려하였다 (Table 3).

식물종 보전계급 [5] 이상의 식물종은 국지적 분포양식과 서식처 특이성을 나타내는 대부분의 식물종들이 여기에 해당하며, 이러한 식물종은 지역의 개발 행위에 의해 지리적 또는 생태적인 위협종 (threatened species)으로 평가되는 감시대상의 식물자원이다. 기준 식물도감 (이 1997)에 수록된 식물종에 대한 보전계급별 감시대상종에 대한 정보는 별도의 자료 (김, 1997)에 수록해 두었다.

4. 식물군락 발달 기간 (Life history of plant community)

식물군락의 발달에 있어서 소요되는 시간적 길이는 보전생태학적으로 중요한 의미를 내포하고 있다. 그것은 식생발달 역사가 긴 식물군락의 파괴는 보다 짧은 역사를 가지는 식물군락

Table 3. Determination of weighted species based on species evaluation matrix of table 2

Conservation class		Conservation value	Conservation intensity
I	not monitoring	[0], [1], [2]	lower
II	general monitoring	[3], [4]	↑
III	principal monitoring	[5], [6]	↑
IV	critical monitoring	[7], [8]	↓
V	absolute monitoring	[9], [10], [11]	higher

보다 장구한 복원 시간이 소요되기 때문이다. 따라서 보다 긴 시간이 경과됨으로써 발달하는 천이 후기 식생 또는 독특한 입지환경에 발달하는 지속군락 (perpetual plant communities)은 보다 높은 보전등급이 부여되어야 한다. 본 연구에서는 식생지리적으로 온대삼림지역에 소속되면서 대륙성 몬순 기후의 특성을 내포하고 있는 우리나라 식생에 대하여 크게 세 가지 소평가기준 항목으로 구분하였다: 1~5 년의 단기 (short-term), 6~25 년의 중기 (mid-term), 26년 이상의 장기 (long-term).

일반적으로 터주식물군락 (ruderal plant community)은 단기, 임연식물군락은 중기, 다층의 삼림군락 또는 고층습원은 장기에 걸쳐 발달하는 식생으로 각각 구분될 수 있다.

식생의 자연성 평가와 그 속성

식물군락에 대한 식생자연성 (vegetation naturalness) 평가 매트릭스 (Table 1)로부터 식생자연도 (植生自然度, vegetation

Table 4. Vegetation classes and criterias combination with regard to vegetation conservation

Vegetation classes	Naturalness values	Criteria combination* (frequences)	Ecologically needed protection activation	Vegetation properties
[I]	[0]	Ao-Nd-Es-St (1)	Very weak	Anthropogenic and artificial vegetation ↑ ↓ Natural vegetation
	[1]	Ao-Pd-Es-St Ao-Nd-Es-Mt (2)		
	[2]	Ao-Ld-Es-St Ao-Pd-Es-Mt Ao-Nd-Es-Lt (3)		
[II]	[3]	Ao-Ld-Es-Mt Ao-Pd-Es-Lt Ao-Nd-Is-St Wo-Nd-Es-St (4)	Weak and partly selective	
	[4]	Ao-Ld-Es-Lt Ao-Pd-Is-St Ao-Nd-Is-Mt Wo-Pd-Es-St Wo-Nd-Es-Mt (5)		
[III]	[5]	Ao-Ld-Is-St Ao-Pd-Is-Mt Ao-Nd-Is-Lt Wo-Ld-Es-St Wo-Pd-Es-Mt Wo-Nd-Es-Lt (6)	Selectively obligatory	
[IV]	[6]	Ao-Ld-Is-Mt Ao-Pd-Is-Lt Wo-Ld-Es-Mt Wo-Pd-Es-Lt Wo-Nd-Is-St (5)	Selectively strict	
	[7]	Ao-Ld-Is-Lt Wo-Ld-Es-Lt Wo-Pd-Is-St Wo-Nd-Is-Mt (4)		
[V]	[8]	Wo-Ld-Is-St Wo-Pd-Is-Mt Wo-Nd-Is-Lt (3)	Very strict	
	[9]	Wo-Ld-Is-Mt Wo-Pd-Is-Lt (2)		
	[10]	Wo-Ld-Is-Lt (1)		

* Abbreviated words in the criterias combination coincide with those in Table 1.

naturalness value)는 [0]~[10]의 11개 계급으로 분류되며, 그 실제 적용과 환경영향 평가에의 응용을 위하여 크게 5개 수준 [I], [II], [III], [IV], [V]의 식생등급 (vegetation class)으로 구분하였다 (Table 4). 구분된 각 식생등급의 속성은 식생 평가기준 항목의 조합 (criteria combination)에 의하여 결정되며, 그 속성에 따라 식생에 대한 건전한 이용과 보전 (conservation)의 기준이 설정될 수 있다.

식생등급 [I]과 [V]는 인위식생 (anthropogenic vegetation)과 자연식생 (natural vegetation)으로 인간간섭 또는 교란에 대한 식생자연성의 정반대의 질적 특성을 표현하는 식생 척도이다. 식물군락 형성 기원이 인위적일 뿐만 아니라 군락 내에 감시대상 식물종 (weighted species, see Table 3)이 전혀 포함되어 있지 않는 식생은 식생등급 [I]로 사정되며, 자연 그대로 (wilderness)의 식물군락이면서 감시대상 식물종이 한 개체 이상 포함되어 있는 식생은 식생등급 [V]로 사정된다. 따라서 식생등급 [V]의 식생은 절대적인 보호 가치가 있으며, 보다 낮은 식생등급의 식생은 상대적으로 그 보호의 가치가 저감하게 된다. 한편, 식생등급 [II], [III], [IV]의 식물군락에 대한 자연성의 질적 평가와 그 보전 전략은 보다 높은 오름차순에 해당하는 소평가기준항목에 따라 선택적으로 결정할 수 있다. 예를 들면, 식생등급 [IV]에 해당하는 9개의 소평가기준항목 조합 가운데 식생자연도 [7]에 포함되는 4 개의 소평가기준항목 조합의 식물군락은 식생자연도 [6]의 식물군락보다 엄격하게 보호되어야 한다 (Table 4).

분석 자료 및 해석 수단

제안된 식생기법에 대한 사례 연구로써, 자연환경 및 사회환경적으로 뚜렷이 대비되는 두 개 지역에 대하여 Zürich-Montpellier 학파 (Braun-Blanquet 1965)의 식생조사법에 의해 획득된 식생자료를 선정하여 이들 비교 지역에 대한 식생자연성 평가를 실시하였다. 인간 간섭이 집약적이면서 지속적으로 진행

되고 있는 수도권 위생매립지 일대 (김 등 1993)와 이에 비하여 상대적으로 건전한 인간간섭에 의해 유지되고 있는 울릉도·독도지역 (김 등 1996)의 식생자료를 분석하였다 (Table 5).

두 지역의 식생에 대한 질적 비교 평가는 각 지역의 식생지수 (vegetation index = N/A; N: 식물군락의 총수 즉 식생수도 vegetation richness, A: 조사대상지역의 면적 (km²), 식생자연성 (vegetation naturalness)에 대한 Shannon-Weiner index ($D = -\sum P_i \cdot (\log_2 P_i)$, $P_i = n_i/N$; n_i : 식생자연도 계급 i 에 해당하는 식물군락 수)에 의한 식생다양도 (vegetation diversity) 분석과 스펙트럼의 작성으로 이루어졌다.

식생자연성 계급, 즉 식생자연도에 따른 식물군락 다양성의 분포 양식을 이해하기 위한 식생자연성 분포양식에 대한 스펙트럼은 "hallow curve" 모델을 이용하였다. "hallow curve"는 x-축에 식생자연도와 y-축에 각 식생자연도에 해당하는 식물군락수를 배치함으로써 해당지역 내에서 획득된 전체 식물군락에 대한 정보를 도식화할 수 있다. 일반적으로 인간간섭에 의해 교란이 빈번한 지역일수록 식생자연도가 낮은 식물군락의 빈도가 높기 때문에 "hallow curve"인 편향된 비대칭 양식을 나타내게 될 것이다 (Fig. 3).

결 과

울릉도·독도 지역과 수도권매립지 일대에 대한 식생 평가 (Appendix 참조)에서 수도권매립지 일대의 식생지수 (0.51)와 식생수도 (41)는 울릉도·독도지역의 식생지수 (0.38)와 식생수도 (28) 보다 높게 나타났지만, 식생다양도 (0.96)는 낮게 나타났다. 식생다양도가 낮게 나타나는 지역은 수도권매립지 일대처럼 보다 교란되고 파괴된 지역에 있어서 다양한 인간간섭에 의해 다양한 식물군락이 조성됨으로써 식생지수 및 식생수도가 상대적으로 높게 나타나는 반면에, 특정의 식생등급 또는 식생자연성 계급을 나타내는 특정 식물군락들에 의해 그 지역의 넓은 면적이 피복되어 있기 때문이다 (Table 6). 따라서 각 식물

Table 5. Data for present case-study

	Ulreung-do (Tok-do)	Sudokwon landfills
Location	37°30'N, 130°50'E (37°14'N, 131°52'E)	37°30'N, 126°38'E
Area	73 km ² (0.18 km ²)	81 km ²
No. of relevés	117	150
No. of plant communities	28	41
Floras	707 spp. (Lee & Yang 1981)	536 spp. (Kim <i>et al.</i> 1993)
Ecosystem	moderately altered areas and partly natural areas	severely interfered areas and partly urban areas
Sources	Kim <i>et al.</i> 1996	Kim <i>et al.</i> 1993

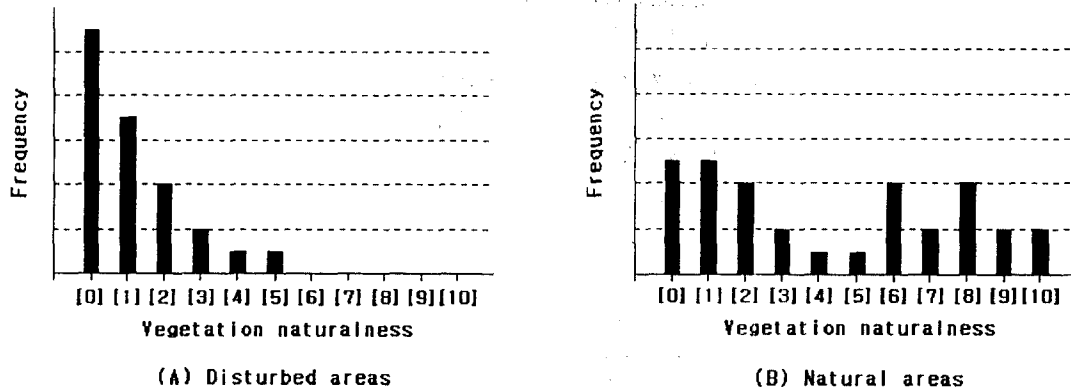


Fig. 3. Models of hallow curve based on vegetation naturalness value and frequency of plant community.

Table 6. Comparison of vegetation naturalness between two exempld areas

Areas	Vegetation			Vegetation classes				
	Index	Diversity	Richness	[I]	[II]	[III]	[IV]	[V]
Ulreung-do · Tok-do	0.38	1.71	28 (100.0%)	13 (46.4)	3 (10.7)	2 (7.1)	2 (7.1)	8 (28.7)
Sudokwon landfills	0.51	0.96	41 (100.0%)	33 (80.5)	8 (19.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)

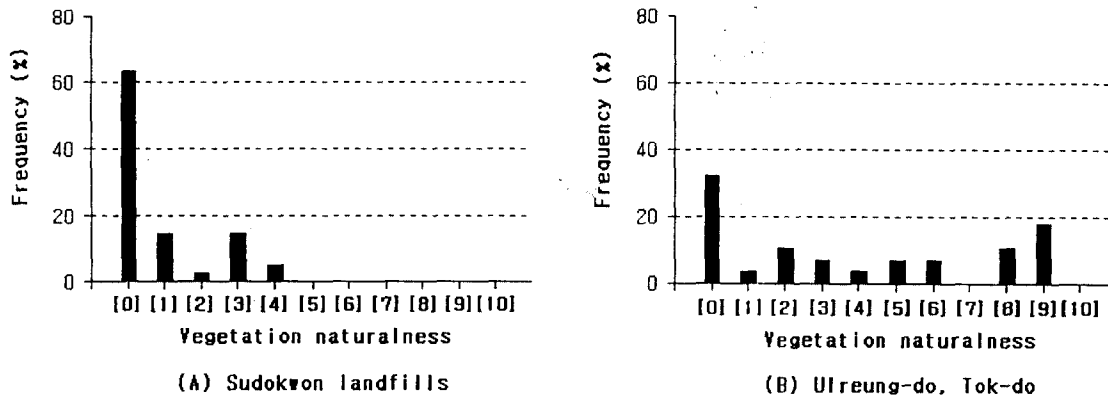


Fig. 4. Distribution of the vegetation naturalness in Ulreung-do · Tok-do and Sudokwon landfills.

군락에 대한 식생자연성 계급 또는 식생등급 판정에 의한 지역의 식생다양도 분석은 대상 지역의 중요 식생자원 발굴과 아울러 그러한 식물군락들의 보호를 위한 지역 생태계에 대한 적절한 평가 수단으로 나타났다.

이러한 식생다양도에 의한 지역의 식생 평가는 식생자연성 계급 또는 식생등급에 따른 식물군락 수로 표현되는 식생다양성 스펙트럼으로 나타낼 수 있다 (Fig. 4).

울릉도 및 독도에서 나타나는 식물군락들은 11 개의 식생자연성 계급에 고른 분포를 보여주고 있으나, 수도권매립지 일대에서는 식물군락들의 80.5%가 식생등급 [I] (식생자연성 계급

[0], [1], [2])의 집중적인 편향분포를 나타내고 있다. 이것은 빈번한 인간 간섭으로 인해 자연생태계가 심하게 파괴되고 입지가 매우 불안정하여 그에 따른 인위식생이 크게 발달하고 있는 수도권매립지 일대와 자연식생이 비교적 잘 보전되어 있는 울릉도·독도지역의 녹색질 (綠色質, vegetation quality, 김 1994a)이 극명한 차이를 보여주고 있음을 의미한다. 따라서 본 연구에서 제안된 식생자연성 계급 또는 식생등급 판정에 관한 새로운 식생평가 기법은 지역의 식생질을 평가하는 데에 매우 유효한 것으로 나타났다.

고 찰

생태계 환경영향평가 기법과 MM-기법

현재 우리 나라에서는 환경의 이용과 개발에 있어 그 파괴를 사전에 회피하거나 그 피해를 최소화 또는 저감할 수 있도록 제도적 방안으로 고안된 환경영향 평가 (Environmental impact assessment) 제도를 대상 지역의 개발에 앞서 그 지역의 총합적 환경평가 수단으로 이용하고 있다 (환경청 1989, 환경처 1991, 환경부 1995). 이러한 환경영향 평가의 구성 내용 속에 나타나는 지역의 동·식물 자원에 대한 목록, 현존식생도와 그에 따른 생산성, 녹지자연도 및 귀화식물을 등의 평가항목은 자연생태계 평가의 핵심적 역할을 담당하고 있다. 특히 정 등 (1984)의 녹지자연도 (Degree of Green Naturalness, DGN)는 지역의 개발과 보전의 기준으로써 논란의 대상이 되어왔다 (e.g. 오, 이 1994). 녹지자연도 (*sensu* Miyawaki and Fujiwara 1975)는 원래 현존하는 식생에 대한 식물사회학적 연구 결과로부터 얻어진 식물군락을 인간 간섭의 정도에 따라 그 식물군락이 가지는 자연성 (naturalness)의 정도를 등급화한 인위적·주관적 등급 (hemeroby classification)이다.

우리나라에서는 전국도에 대한 녹지자연도 (환경처 1991)를 완성하였으나, 군락분류학적 식생정보 및 군락분류학에 대한 학술적 이해의 부족과 녹지자연도 등급에 따른 개발 행위의 적법성과 등급에 대한 사정기준의 불명확성으로 말미암아 녹지자연도 적용에 많은 문제점이 내포되어 있는 것으로 밝혀져 있다 (김 1993, 1994b). 그것은 크게 네 가지로 요약되는데, 첫째로, 전국적으로 동일하게 적용되고 있는 녹지자연도 판정 등급의 해당 개요는 각 지역의 독특한 자연환경 조건하에 각기 구조를 달리하는 식물군락이 발달하는 군락분류학적 기본 정보를 결여하고 있으며, 둘째로, 임령 (林齡)에 크게 의존하는 녹지자연도 판정 기준은 식생구조 (종조성)에 근거한 식생의 잠재성에 대한 평가가 전혀 고려되고 있지 않으며, 셋째로, 동일한 녹지자연도 등급 속에도 속성을 달리하는 여러가지 식생형이 포함되어 있을 뿐만 아니라, 판정 등급의 숫자는 연산이 불가능한 정성적 기호이므로, 지역별 녹지자연도 비교를 위한 평균 산출의 비과학적인 수리 적용 등이다 (e.g. 정 등 1984, 환경처 1991). 더욱이 그러한 녹지자연도 등급을 이용하여 지구적 (global) 수준의 Miami 모델 (Lieth 1972)에 대응시킨 지역의 순생산량 및 현존량의 추정은 더욱 불가능하다. 그것은 그들간의 낮은 상관관계로부터도 이해되지만 (정 등 1984), 정성적 정보의 nominal 또는 ordinal 계급의 녹지자연도와 정량적 정보의 interval 또는 ratio 계급의 식물현존량에 대한 데이터 속성의 상

이성으로부터 정보의 혼용 (hybrid)은 불가능하다 (정 등 1984, 환경부 1995). 넷째로 녹지자연도에는 보전생물학적 정보가 포함되어 있지 않다. 동일한 녹지자연도 등급에 해당하는 식생형이라 할지라도 그 속에 포함되어 있는 식물종의 자원적 다양성은 상이하다. 결국 우리 나라에서 이용되고 있는 현행 녹지자연도는 보전생물학적 관점에서 생태계의 기능과 구조를 유지하고 생물자원의 다양성을 확보하기 위한 생물다양성 보전에 대한 평가 수단으로써 부적절하다. 유사한 식생 구조와 생태적 기능을 포함하고 있는 식물군락이라 할지라도 보전의 가치가 높은 희귀종의 생물종이 서식하고 있는 지역의 식물군락은 보전의 가치가 있는 것으로 평가되어야 하기 때문이며, 낮은 녹지자연도의 식생형이라 할지라도 그러한 식생형에만 고유적으로 또는 경관적으로 귀중한 종자원을 내포한 경우의 식생형은 충분한 보전의 가치가 내재되어 있기 때문이다.

한편 조사 대상 지역의 자연 파괴도 또는 도시화 정도를 추정하기 위하여 도시화율로써 귀화식물 (조사 대상 지역 내에서 산출되는 귀화식물종수와 총식물종수의 비)을 이용하고 있다 (임과 전 1980). 그러나 이 귀화식물율은 지역의 도시화를 나타내는 지표일 수 없다. 소위, 생태계 교란이 심한 도시 지역에 있어서는 특정 식물종 (주로 6.25 이후에 귀화한 naturalized 신귀화식물종)이 우점하여 번성하는 경우가 흔하다. 이것은 귀화식물율이 낮은 도시라 할지라도 생태계 간섭의 양식과 그 정도에 따라 특정 귀화식물종들에 의해 우점·피복되어 있을 수 있기 때문이다. 즉 '귀화식물'이란 양적 정보와 생태계 교란이란 '도시화율'의 질적 정보에 대한 정보 속성의 불일치를 의미한다. 또한 귀화식물율은 교란된 생태계 내에서도 생육하고 있는 주요 식물자원에 대한 보전생물학적 가치평가 수단으로 부적합하여 환경영향평가의 기본 목적과 정신에 부합하지 못하는 비과학적 생태계 평가 수단이다. 따라서, 현재 이용되고 있는 녹지자연도, 식물생산성 추정 및 귀화식물율은 대상 지역 자연생태계의 자연성을 판정하기에는 매우 부적합한 평가 수단으로 결론지을 수 있다.

생태계 환경영향 평가는 대상 지역의 생태계 기능과 구조에 대한 현존하는 보전생물학적 가치 및 잠재적 가치를 평가할 수 있는 평가 수단에 의하여 수행되어야 한다. 본 연구에서는 식생자원에 대한 평가 기법으로 보다 명료한 질적 평가항목 및 평가기준 설정, 그리고 평가기준의 속성에 부합하는 분석 기법으로써 식생의 자연성을 토대로 한 MM-기법에 의한 식생등급이 새로이 제안되었다. 식생등급은 기존의 녹지자연도 (환경처 1991) 및 임상도 (임업연구원 1987, 1988)보다 보전생물학적 정보 및 분석 기법의 측면에서 크게 보완되었다 (Table 7). 그러나, 식생등급 판정을 위한 식물군락에 대한 현장 조사와 식생등급에 따른 자연녹지도 (vegetation map of naturalness) 작

Table 7. Comparison of principle components for the assessment of vegetation naturalness

Assessment components of criterias	Vegetation class (present study)	Degree of green naturality (EA, 1991)	Actual vegetation classification (EA, 1989)	Forest type classification (FRI, 1987)
Species composition	++	+	+	+
Hierarchical system	++	+	+	-
Syngeography	++	-	-	-
Vegetation restoration	++	+	-	+
Plant resource	Currently economical	+	-	++
	Potential & ecological	++	+	-
Physiognomy	+	+	++	++
Naturalness scale	ordinal	nominal	none	none

Notes : ++ primarily consideration, + weakly consideration, - neglect

Abbreviations of sources: EA - Environment Administration, FRI - Forestry Research Institute.

성에는 기존의 녹지자연도 및 임상도를 이용함으로써 이미 보고된 자연지역에 대한 정보의 누락을 방지할 수 있다.

한편, 식물군락에 대한 국가적 보호 기준을 마련하기 위해 식물군락의 중요도에 대한 평가 기법의 개발을 위하여 식생학에 대한 학술적 진보와 정보 축적이 이루어져 온 일본 생태학계에서도 검토된 바가 있다 (環境廳 1980). 일본의 식물군락 중요도는 각 식생 평가 항목에 부여된 ordinal scale의 합산 평점으로 판정하고, 특정의 평점을 기준으로 식물군락의 보호기준이 제시되고 있다. 특히 大場의 식물군락 평가 기법은 식생학적 정보와 군락 속성을 고려한 측면에서 본 연구와 유사하다 (大場 1980). 그러나 식물군락의 보호를 위한 목표설정이 불명확하며, 각 평가항목에 동등한 계급을 부여한 일본의 식물군락 평가 기법은 MM-기법의 평가항목에 대한 hierarchy부여와 그러한 평가항목의 매트릭스에 의한 평점 결정방법이 뚜렷한 차이점이다.

식생평가 지도

식생평가에 대한 지도화는 지역의 개발과 보전을 위한 입지도로써 보전생태학적 현장 적용을 위한 매우 중요한 과정이며, 특히 보전의 가치가 높은 식생등급의 식생에 대한 지리정보화를 위해 필수적이다. 그러나, 우리 나라와 같이 토지 이용의 역사가 길고 그에 따른 생태계에 대한 인간간섭이 집약적인 지역에 있어서는 식생등급 [V] 또는 [IV]의 식생 면적이 매우 제한되어 점 형태로 존재한다. 따라서 토지에 대한 건전한 이용과 개발의 목적을 성취할 수 있는 생태계 환경영향평가를 위해 그러한 한정된 식생자원에 대한 정보를 내재한 식생지도로써 본

연구의 식생등급을 이용한 자연녹지도 (vegetation map of naturalness)는 매우 유효하다 (김 등 1997).

자연녹지도는 구체적인 생태계평가의 목적에 따라 격자법 또는 식생형에 따라 채색된 현존식생도를 이용한 실선법에 따라 작성할 수 있으며 (Table 8), 조사 지역의 격자 또는 식생형의 단위면적 내에 있어서 피복면적이 가장 넓은 식생등급을 부여한다 (Fig. 5). 식생등급의 우측 상하에는 윗첨자 및 아랫첨자 형태로 그 단위 면적 내에서 평가된 식생자연성 가운데 최대 계급과 최소 계급을 기록한다. 이것은 비록 낮은 식생등급으로 기재된 지역이라 할지라도 그 지역 속에 존재하는 높은 식생등급의 식물군락은 보호되어야 하기 때문이다. 식생등급 [III] 이상의 식물군락을 지역의 교란 행위로부터 보호하기 위하여 자연녹지도 상에 그 지리적 위치를 기록하여 관리하여야 할 것이다.

한편, 지역의 식생정보를 도식화한 자연녹지도의 전산화는 생태계 관리 및 중요 식생자원에 대한 장기 감시망 구축을 가능하게 할 것이다. 따라서 자연녹지도의 전산화는 격자법에 의한 식생자연성 평가로 이룩할 수 있다 (Table 8). 격자법에서의 단위 면적은 생태계 환경영향평가의 목적, 토지 이용과 개발의 규모 및 성격 그리고 그 지역 내의 자연생태계 구조와 기능의

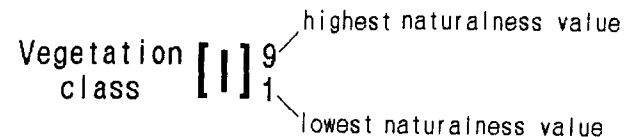


Fig. 5. Description example of vegetation class in the vegetation map of naturalness.

Table 8. Comparison of two different vegetation maps of naturalness

Base map of vegetation naturalness	Contourline map	Mesh map
Sources of a base map	Boundaries separating different vegetation types + vegetation class	Dominant vegetation type in an unit mesh + vegetation class
Different purposes	Actual use of vegetation diagnosis for environmental impact assessment	Managing and monitoring vegetation resources

Table 9. Recommended size-area of vegetation assessment

Purposes to be assessed	Area size (km ²) to be assessed	Area size (m) of assessment scale
National or regional survey	> 50	1000 × 1000
Local development	4~50	250 × 250
Others	< 4	100 × 100
Area unmodified (e.g. protected areas)		100 × 100

특성에 따라 평가 단위면적은 적절하게 선택되어야 한다 (Table 9). 국가적 수준의 식생자원 관리와 장기 감시체제의 구축에서 이러한 평가 단위면적은 컴퓨터에 의한 전산처리기능의 확대와 현장 식생조사자의 전문성에 따라 보다 소규모적으로 그리고 통일된 크기로 적용할 수 있다 (Küchler & Zonneveld 1988).

적 요

본 연구는 우리 나라에서 이용 가능한 새로운 식생평가 기법, MM-기법 (multicriterion matrix technique)의 개발과 실제 적용, 그리고 이미 제도적으로 이용되고 있는 기존의 식생평가 기법에 대하여 고찰하였다. 식물군락에 대한 식생자연성 평가를 위하여 네 가지의 보전등급 평가기준 항목과 10 가지의 소평가기준 항목이 선정되어 이용되었다. 평가기준 항목은 인간 간섭 정도 (hemeroby)와 잠재자연식생의 식생학 정보 이용, 체계적인 항목의 배열, 보전가치에 대응하는 오름차순의 계급 (ordinal scale)에 의한 식생평가 등의 특성이 강조되었다. 식생자연성 평가 매트릭스로부터 식생자연도는 [0]~[10]의 11개 계급으로, 그 실제 적용과 환경영향 평가에의 응용을 위하여 [I]~[V]의 5개 식생등급으로 구분하였다. MM-기법에 의한 두개의 지역식생에 대한 사례연구를 통하여 식생자연도 및 식생등급의 유용성이 입증되었다. 식생자연도 및 식생등급의 조합으로 한정된 식생자원에 대한 정보를 내재한 자연녹지도를 이용한 지역의 생태계 환경영향 평가 및 국가 식생자원 관리가 제안되었다.

인 용 문 헌

- 김종원. 1993. 우리 나라의 자연 환경 현황 분석 연구. 한국환경 기술개발원. 서울. 83p.
- 김종원. 1994a. 생물다양성 보전 전략으로 녹색질 평가체제에 대한 생태학적 제고. 유네스코한국위원회 · 한국생물다양성 협의회 “2000년대를 위한 생물다양성보전과 국가발전”에서, 서울. pp. 131-152.
- 김종원. 1994b. 한반도, 그 푸르렀던 산과 들, 녹색자연과 녹지 자연도를 중심으로. “94한국환경보고서”에서, 배달환경출판부, 대전. pp. 15-41.
- 김종원. 1997. Ecological Flora of Korea. (준비중)
- 김종원 · 김순득 · 정용규 · 김성준. 1993. 수도권 매립지 종합환경조사 연구보고서 (자연생태계편). 수도권 매립지 운영관리조합. 서울. 145p.
- 김종원 · 남화경 · 백원기 · 이을경 · 이은진 · 오장근 · 정용규. 1997. 식생평가지침. “제 2 차 자연환경전국기초조사”에서, 자연보존협회, 서울. pp. 259-322.
- 김종원 · 송승달 · 김성준. 1996. 울릉도 · 독도 식생에 대한 군락 분류학적 연구. 자연실태종합보고서 10: 137-202.
- 이우철 · 양인석. 1981. 울릉도 및 독도의 식물상. 한국자연보존협회 조사보고서 19: 61-95.
- 임업연구원. 1987. 전국산림자원조사요령. “산림자원조사보고서”에서, 임업연구원연구자료 34: 233-279.
- 임업연구원. 1988. 임상도.
- 임양재 · 전의식. 1980. 한반도의 귀화식물 분포. 식물학회지 23:

- 69-83.
- 오구균 · 이경재. 1994. 국립공원 개발사업 무엇이 문제인가. 덕유산국립공원을 사례로. 국립공원을 지키는 시민의 모임 · 응용생태연구회. 135p.
- 정영호, 임양재, 김태욱, 이은복. 1984. 충청남도 녹지자연도 사정에 관한 연구. 자연보존연구보고서 6: 5-180.
- 환경부. 1995. 환경영향평가. 도서출판 동화기술. 361p.
- 환경처. 1991. 녹지자연도. 서울.
- 환경청. 1989. 현존식생도. 서울.
- Becking, R. W. 1957. The Zürich-Montpellier school of phytosociology. *Bot. Rev.* 23: 411-488.
- Braun-Blanquet, J. 1965. *Plant Sociology. The Study of Plant Communities.* Hafner Publishing Company, New York and London. 439p.
- Kim, J.W. 1996. Floristic characterization of the temperate oak forests in the Korean Peninsula using high-rank taxa. *J. Plant Biol.* 39: 149-159.
- Koch, G. and H. Kirchmeir. 1997. Methodik der Hemerobiebewertung. *Österreichische Forstzeitung.* 1: 24-26.
- Koch, G., H. Kirchmeir, K. Reiter and G. Grabherr. 1997. Wie natürlich ist Österreichs Wald?-Ergebnisse und Trends. *Österreichische Forstzeitung.* 1: 5-8.
- Küchler, A.W. and I.S. Zonneveld. 1988. *Vegetation Mapping.* Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Boston, London. 635p.
- Lieth, H. 1972. Über die Primärproduktion der pflanzendecke der Erde. *Z. Angew. Bot.* 46: 1-37.
- Miyawaki, A. and K. Fujiwara. 1975. Ein Versuch zur Kartierung der Natürlichkeitsgrades der Vegetation und Anwendungsmöglichkeit dieser Karte für Umwelt-und Naturschutz am Beispiel der Stadt Fujisawa. *Phytocoenologia* 2(3-4): 429-437. Stuttgart-Lehre.
- Solbrig, O.T. 1994. The complex structure of the taxonomic system. *Biodiversity and Terrestrial Ecosystems.* pp. 7-24.
- Spellerberg, I. F. 1992. *Evaluation and Assessment for Conservation.* Chapman & Hall. London. 260p.
- Tüxen, R. 1956. Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. *Angew. Pflanzensoziologie* 13: 5-42. Stolzenau/Weser.
- 環境廳. 1980. 自然保護上留意すべき植物群落の評価に関する研究. 第2會自然環境保全基礎調査検討委員會, 植物群落評價分科會報告書. 90p.
- 大場達之. 1980. 植物群落の評価. “自然保護上留意すべき植物群落の評価に関する研究”にて, 第2會自然環境保全基礎調査検討委員會, 植物群落評價分科會報告書, 東京. pp. 20-27.

(1997년 5월 2일 접수)