

인천광역시 산지형 도시녹지의 식생구조 및 관리계획: 강화도지역을 중심으로¹

조 우²

Vegetation Structure and Management Planning of Mountain Type Urban Green Space in Incheon, Korea : a case study of Kangwhado area¹

Woo Cho²

요 약

본 연구는 인천광역시 강화도 지역의 산지형 도시녹지를 대상으로 식생구조 분석을 통한 관리방향 제시를 목적으로 하였다. 총면적 11,331ha에 대한 현존식생 분석 결과 식물군집은 19개 유형으로 분리할 수 있었는데 이 중 상수리나무군집, 소나무-상수리나무군집, 신갈나무군집 등 2차림이 전체의 92.32%(10,461ha)를 차지하고 있었다. 아까시나무림 등 인공식재림은 전체의 5.40%(612ha)로서 수도권지역 다른 도시들 보다 적은 면적을 나타내었다. 총 57개 조사구에 대한 TWINSpan에 의한 classification 분석 결과 총 7개 군집으로 분리되었는데 그것은 리기다소나무(군집 A), 상수리나무(군집 B), 소나무-상수리나무(군집 C), 상수리나무-소나무(군집 D), 소나무-서어나무-졸참나무-상수리나무(군집 E), 졸참나무-신갈나무(군집 F), 느티나무-고로쇠나무(군집 G)이었다. 강화도 지역은 온대 중부지방에서의 일반적인 천이진행단계인 소나무림에서 상수리나무림을 거쳐 신갈나무림, 졸참나무림, 서어나무림으로 생태적 천이가 진행중인 것으로 파악되었다. 토양 pH는 평균 4.17의 강산성 토양으로서 토양환경 개선을 위한 연구가 산림식생 관리계획에서 중요한 것으로 나타났다.

주요어 : 현존식생, TWINSpan, 생태적 천이, 토양환경

ABSTRACT

The purposes of this study were to investigate vegetation structure and to present management plan of mountain type green space in Kangwhado, Incheon. The actual vegetation in survey sites(11,331ha) was divided into 19 community types. It was consisted of secondary forest(92.32%) which was *Quercus acutissima*, *Pinus densiflora*-*Q. acutissima*, and *Q. mongolica* community so on. Artificial planting forest area, such as *Robinia pseudoacacia* and *Pinus rigida* forest and others, was 5.40%(612ha) and it was less than cases in other cities in the Metropolitan area. According to the classification by TWINSpan, 57 survey plots were divided into seven community types; *P. rigida*(community A), *Q. acutissima*(community B), *P. densiflora*-*Q. acutissima*(community C), *Q. acutissima*-*P. densiflora*(community D), *P. densiflora*-

1 접수 4월 29일 Received on Apr. 29, 1998

2 서울시립대학교 환경생태연구실 Lab. of Environment and Ecology, Univ. of Seoul, Seoul, 130-743, Korea

Carpinus laxiflora-*Q. serrata*-*Q. acutissima*(community E), *Q. serrata*-*Q. mongolica*(community F), and *Zelkova serrata*-*Acer mono*(community G). From this result, ecological succession trend of vegetation in this area seems to be change from *P. densiflora* forest through *Q. acutissima* forest to *Q. mongolica*, *Q. serrata*, and *C. laxiflora* forest. It was similar to the ordinary successional trend of temperate deciduous forest in middle area, Korea. In addition, this study area was showed acid soil(pH 4.17). Therefore, there is a need for managing the soil environment for effective vegetation management.

KEY WORDS : ACTUAL VEGETATION, TWINSpan, ECOLOGICAL SUCCESSION, SOIL ENVIRONMENT

서 론

오늘날 인간이 우점하고 인공 환경요소들이 상당부분을 차지하는 도시생태계는 자연생태계와는 달리 도시환경 특유의 영향을 받아 도시생태계 내에서 적응하는 생물들의 생존을 위협하였고 결국 안정성이 떨어지게 되었다. 따라서, 도시의 환경조건과 그곳에 존재하는 동식물들과의 관계를 해석하고 악화되고 있는 이들의 생존조건을 개선하며, 인간 생활의 질을 향상시키고자 하는 도시생태학이 중요한 분야로 대두되고 있다(Sukopp, 1990). 특히, 도시생태학 연구의 중심분야는 도시생태계를 보전하고 보호하는 하나의 골격으로서 환경보전, 재난의 방재, 동식물의 서식장소, 경관요소, 휴양장소로서 가치가 큰(Sukopp and Werner, 1983) 도시내 녹지와 관련된 것이다.

본 연구는 도시녹지내 식생구조를 파악하고 관리방향을 설정하기 위한 응용 생태학적 연구에 해당한다. 우리나라에서 이와 같은 연구는 1970년대 후반부터 시작되었는데, 임경빈(1978)의 남산자연공원 산림식생관리에 관한 보고가 초기의 연구성과이다. 그후 이경재(1986)가 식물군집구조분석, 조류상 조사를 통해 남산자연공원 식물군집의 변화상태와 관리대책을 제시하였고, 오구균과 이경재(1986), 이경재 등(1987a, 1987b, 1988a, 1988b, 1990c)은 이용객의 출입이 통제 되었거나 부분적으로 통제되고 있는 도시녹지인 능원, 궁원을 대상으로 식물군집구조, 경관, 이용객 심리분석을 통해 자연식생의 다양성보전, 고유경관보전, 이용객 관리 방안을 제시하였다. 이밖에 오충현(1992), 이경재 등(1992b), 조우(1993)이 산지형 녹지인 도시자연공원과 근린공원의 식생구조분석을 토대로 한 생태학적 관리방안의 연구를 보고하였고, 서울 전체를 대상으로 한 도시녹지의 생태적 특성 파악과 자연성 회복방안을 제시하는 연구(조우, 1995)가 대표적인 것이었다.

본 연구는 인천광역시중 강화도 지역 녹지의 핵심인 산지형 도시녹지를 대상으로 식생구조분석을 통하여 관리방향을 제시하는 것을 목적으로 하였는데, 특히, 인천광역시 녹지의 생태학적 연구 사례가 전무한 상태에서 본 연구는 기초자료 축적이라는 의의를 가지고 있다.

연구대상지 및 방법

1. 연구대상지

연구대상지는 인천광역시 강화도지역 산지형 공원 녹지 전체를 대상으로 하였다. 이중 도시자연공원으로 지정된 곳은 북산공원 I(고려산), 북산공원 II(혈구산), 전등공원 I(전등사), 전등공원 II(길상산)이었고, 공원으로 지정되지 않은 산지형 녹지는 봉천산, 진강산(덕정산), 마니산, 정수사지역 산림이었다(Figure 1).

2. 연구방법

(1) 현존식생 분석

각 조사대상지의 식생상관과 조사지내의 식생구조 분석 자료를 보충하여 현존식생도를 작성하고 현존식생 면적 및 비율을 분석하였다.

(2) 식생조사 및 분석

각각의 조사대상지에서 식생상관에 의해 조사된 현존식생도를 바탕으로 대표적인 식물군집에 5개 조사지(Plot)를 설정하고 각 조사지에 식물군집 규모에 따라 10m×10m의 방형구(Quadrat) 2~6개씩을 설치(Figure 1)하고 식생조사를 실시하였다. 식생조사는 조사지에서 출현하는 흉고직경(DBH) 2cm이상 수목에 대하여 교목층과 아교목층으로 나

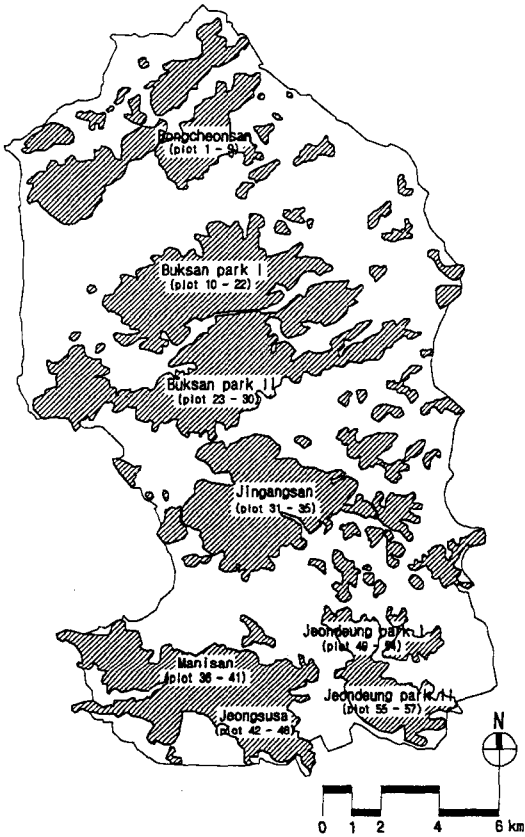


Figure 1. Location map of survey sites and plots in Kangwhado, Incheon

누어 수종명 및 DBH를 조사하였고, 흉고직경 2cm 이하 수목과 관목성 수종은 관목층으로 하여 수관투영면적을 조사하였다. 이상으로 얻어진 자료는 Curtis & McIntosh(1951) 방법에 따라 상대우점치(Importance Value)를 산출하였고, Hill(1979)의 방법에 의해 vegetation data matrix를 작성하여 TWINSpan(Two Way Indicator SPecies ANalysis)분석을 실시하였다. TWINSpan은 식물군집의 종조성에 기초하여 식생유형을 분류하는 것으로서 식생의 종구성 상태를 특징화시키는 Z-M식물사회의 표조작법과 유사한 종합적 분석방법으로 평가되고 있으며(White and Glenn-Lewin, 1985), 컴퓨터의 발달로 이용되고 있는 대표적인 정량적 식생분석 방법이다. 국내에서는 이경재 등(1990a, 1990b)에 의해 그 효용성을 입증 받아 왔다. 또한, Shannon의 수식을 이용하여 종다양도

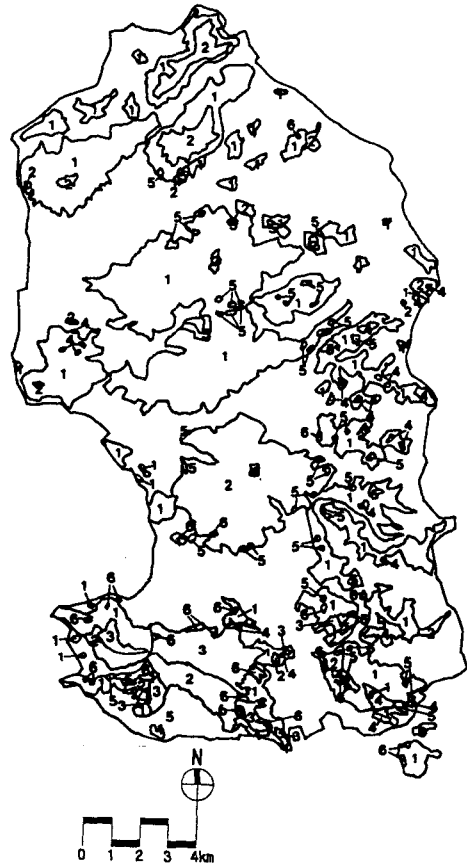


Figure 2. Actual vegetation map of survey sites in Kangwhado, Incheon(1: *Quercus acutissima* and *Q. acutissima-deciduous* forest, 2: *Robinia pseudoacacia* and *R. pseudoacacia-deciduous* forest, 3: *Pinus rigida* and *P. rigida-deciduous* forest, 4: *Q. mongolica* and *Q. mongolica-deciduous* forest, 5: *P. densiflora* and *P. densiflora-deciduous* forest, 6: Others)

(H'), 균재도(J'), 우점도(D), 최대종다양도(H'_{max})를 구하였고(Pielou, 1975), 주요 출현수종들의 상대우점치로서 상관관계를 구하여 수종간 생태적 지위(Ludwig and Reynolds, 1988)를 파악하였다.

이상의 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 개발한 PDAP(Plant Data Analysis Package)와 SPSS*를 이용하였다.

(3) 토양분석

각 연구대상지내의 식생조사지 및 인근지역에서 토양을 채취하여 실험실에서 음건시킨 후 토양 pH를 분석하였다. 토양 pH는 음건세토와 증류수의 비를 1:5로 하여 30분간 진탕시킨 후 pH meter(TOAHM 30V)로 3반복 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 현존식생

총 조사면적 11,331ha에 대한 식물군집명 및 면적, 비율은 Table 1과 같고 Figure 1은 상수리나무, 아까시나무, 리기다소나무, 신갈나무, 소나무군집과 이들 수종이 우점종을 이루는 6개 혼효식생으로 구분하여 작성한 현존식생도이다. 식물군집은 크게 19개 유형으로 분류할 수 있었고, 이중 상수리나무군집이 전체면적의 40.44%로서 가장 많은 면적을 점유하고 있었고 상수리나무-소나무군집(18.62%), 소나무-상수리나무군집(15.64%), 신갈나무군집(6.01%)이 전체면적의 80.71%에 이르는 주요 군집이었다. 따라서, 상수리나무가 우점종을 이루는 군집을 포함한 2차림이 92.32%, 아까시나무, 리기다소나무, 일본잎갈나무림 등 인공림이 4.50%, 인공림과 2차림의 혼효림은 0.90%이었다. 자연림 중 우리나라 온대중부림의 생태적 천이 초기에 출현하는 소나무와 발달단계에 나타나는 참나무림의 2차림으로 구분하면 소나무 순림과 소나무와 참나무류의 혼효림은 42.26%, 참나무림은 50.06%이었다. 한편, 참나무림중 상수리나무군집은 과거에는 도토리 채취를 목적으로 인공식재한 것도 상당수 포함된 것으로 생각되나 현재는 자연상태로 방치되어 있고 식재된 상수리나무림에서 식생천이가 진행되고 있는 2차림에 가까운 상태이므로 본 연구에서는 자연림에 포함하였다.

강화도 지역 산지형 녹지는 과거 인위적 교란으로 산림이 황폐된 후 2차 천이가 발생된 지역이 대부분이며, 치산녹화용으로 아까시나무, 리기다소나무, 일본잎갈나무를 식재하여 자연복구를 시도하였던 면적은 5.40%로서 수도권 도시지역 중 치산녹화용 인공식재림의 면적비율은 매우 적은 편이다. 대표적 치산녹화수종인 아까시나무를 예로 들어 살펴보면 서울시의 경우 전체 산림면적의 29.78%(조우, 1995), 부천시 전체 산림면적의 62.44%(이경재 등, 1997), 인천광역시 육지부분은 전체 산림면적의 28.12%(조우, 1998)로서 강화도지역 산지형 녹지

Table 1. Area and rate of actual vegetation in Kangwhado, Inchon

Plant community	Area(ha)	Rate(%)
<i>Quercus acutissima</i>	4,582.26	40.44
<i>Q. acutissima</i> - <i>Pinus densiflora</i>	2,109.83	18.62
<i>Q. acutissima-Q. mongolica</i>	302.54	2.67
<i>Q. acutissima-P. rigida</i> - <i>P. densiflora</i>	31.73	0.28
<i>Q. acutissima-P. densiflora</i> - <i>Q. mongolica</i>	29.46	0.26
<i>Q. acutissima</i> - <i>Robinia pseudoacacia</i>	24.93	0.22
<i>Q. mongolica</i>	680.99	6.01
<i>Q. mongolica-P. densiflora</i>	162.03	1.43
<i>Q. mongolica-Q. acutissima</i>	70.25	0.62
<i>P. densiflora</i>	181.30	1.60
<i>P. densiflora-Q. acutissima</i>	1772.17	15.64
<i>P. densiflora-Q. mongolica</i>	532.56	4.70
<i>P. koraiensis</i>	206.22	1.82
<i>P. rigida</i>	177.90	1.57
<i>P. rigida-Q. acutissima</i>	30.59	0.27
<i>Larix leptolepis</i>	81.58	0.72
<i>R. pseudoacacia</i>	44.19	0.39
<i>R. pseudoacacia</i> - <i>Q. acutissima</i>	14.73	0.13
Deciduous broad-leaved forest (<i>Carpinus laxiflora</i> community etc.)	92.91	0.82
Farm land and burial ground	202.82	1.79
Total	11,331.00	100.00

는 자연성이 비교적 높다고 할 수 있다.

또한, 강화도 일부지역에는 온대중부림의 생태적 천이단계의 극상림으로 평가되는 서어나무군집(강운순과 오계철, 1982; 이경재 등, 1990a) 등이 집단적으로 분포하는 등 생태적으로 중요한 지역을 포함하고 있다. 이와 같이 면적이 비교적 넓고 흉고직경급이 큰 서어나무군집은 수도권지역에서는 삼육대학 인근의 산림(이경재 등, 1994), 광릉(이경재 등, 1990a) 이외에는 찾아보기 어려운 상태이므로 보존 가치가 크다. 강화도 지역에서 서어나무군집을 중심으로 한 낙엽활엽수림이 분포하는 지역은 북산공원 I(고려산)의 백련사지역 산림 3.7ha, 전등공원 I(전등사지역) 11ha, 정수사지역 산림 68ha로서 총 82.7ha에 달한다. 백련사인근 산림은 느티나무, 서

어나무, 고로쇠나무 등이 우점종이고 이들 수종이 평균흉고직경 20~60cm의 대형목이 존재하는 100년 이상의 산림보호역사를 가지고 있다. 전등사지역 산림은 서어나무, 소나무, 굴참나무, 갈참나무, 졸참나무가 우점종을 이루며 40~60년생의 수령을 나타내고 있으며 정수사지역도 서어나무를 우점종으로 한 산림 식생이 존재한다.

2. 식물군집구조

(1) TWINSPAN 및 상대우점치

총 57개 조사구에 대한 TWINSPAN에 의한 classification 분석을 실시한 내용은 Figure 3과 같다. 제 1division에서는 두개의 그룹으로 분리되었는데 왼쪽의 제 1그룹은 제 2, 3division에서 4개의 군집으로, 오른쪽의 제 2그룹은 제 2, 3division에서 3개의 군집으로 분리되어 총 7개 군집유형을 보였다. 분리된 군집은 리기다소나무군집(군집 A), 상수리나무군집(군집 B), 소나무-상수리나무군집(군집 C), 상수리나무-소나무군집(군집 D), 소나무-서어나무-졸참나무-상수리나무군집(군집 E), 졸참나무-신갈나무군집(군집 F), 느티나무-고로쇠나무군집(군집 G)이었다. TWINSPAN에 의한 군집분리는 환경인자가 강하게 작용하는데 이중 토양습도(이경재 등, 1990a), 산불(Allen and Partridge, 1988), 해발고와 방위(이경재 등, 1992a), 방위(이경재 등,

1990b)가 분리의 중요인자라는 보고가 있다. 그러나, 이들 연구는 환경인자의 변화가 다양하고 식생보전의 역사가 비교적 긴 자연림에서의 연구이었고, 본 조사대상지는 인위적 간섭으로 인해 원식생이 파괴된 2차림이 대부분으로 해발고도는 10~240m에 이르는 곳에 위치해 있으며, 조사지의 지형변화 역시 크지 않은 관계로 환경인자에 의한 군집분리는 명확치 않았다.

7개 군집 57개 조사지에서 출현한 목본수종은 총 125종이었는데 이중 군집의 식별종으로서 가치가 있는 상재도 10~60%의 중간상재도종(伊藤, 1977)과 상재도 61%이상의 고상재도종 그리고 각 군집의 우점종으로 출현한 48종에 대한 수관층위별 상대우점치를 나타낸 것은 표 2와 같다.

봉천산과 북산공원 1의 조사지가 포함되는 군집 A는 교목층에서 리기다소나무가 상대우점치 86.40%로서 절대적인 우위에 있었고 상수리나무, 아까시나무가 출현하였다. 아교목층은 리기다소나무(상대우점치 29.06%), 상수리나무(상대우점치 27.63%), 아까시나무(25.59%)가 비슷한 세력으로서 경쟁관계에 있었고, 관목층은 진달래의 세력이 가장 컸고(상대우점치 25.14%), 아까시나무, 난티잎개암나무, 상수리나무가 주요 출현수종이었으며 리기다소나무의 세력은 크게 감소(상대우점치 2.66%)하였다. 본 군집은 리기다소나무군집이 계속 유지될 것으로 보이며, 장기적으로는 상수리나무 군집으로의

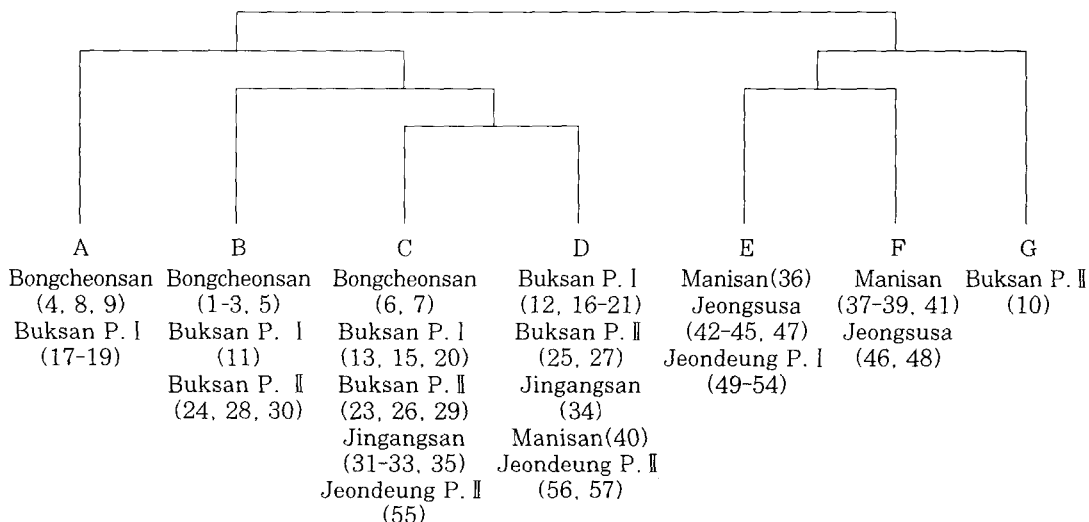


Figure 3. Dendrogram of TWINSPAN stand classification of 57 plots in Kangwhado, Incheon(Numeral is plot number., P.: Park)

Table 2. Importance values of major woody plant species by the stratum of classified types by TWINSpan in Kangwhado, Incheon

Community Species	A			B			C			D		
	C	U	S	C	U	S	C	U	S	C	U	S
<i>Pinus rigida</i>	86.40	29.06	2.66	4.48	3.89	0.00	0.43	0.80	0.03	0.15	0.00	0.06
<i>P. densiflora</i>	4.30	0.97	0.00	1.30	2.49	0.03	42.78	22.38	0.34	44.08	15.24	0.13
<i>Juniperus rigida</i>	0.00	2.87	0.11	0.00	0.64	0.23	0.00	0.47	0.09	0.00	2.31	0.44
<i>Alnus hirsta</i>	0.00	0.73	0.00	0.74	8.83	0.00	0.16	1.94	0.27	0.00	0.61	0.21
<i>Carpinus cordata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. laxiflora</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.73	1.53	0.05
<i>C. coreana</i>	-	-	-	-	-	-	0.00	0.06	0.00	0.11	2.32	0.29
<i>Corylus heterophylla</i>	0.00	0.00	13.10	0.00	0.45	5.41	0.00	0.47	2.35	0.00	1.27	3.09
<i>C. hallaisanensis</i>	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	1.00	0.00	0.05	0.89
<i>Castanea crenata</i>	0.57	3.28	3.40	1.01	1.52	0.39	1.90	5.95	2.07	3.05	9.98	2.56
<i>Quercus acutissima</i>	5.46	27.63	10.66	75.57	23.50	8.75	44.37	12.59	15.03	44.59	25.64	9.28
<i>Q. variabilis</i>	-	-	-	-	-	-	1.73	0.65	0.31	0.80	0.91	0.19
<i>Q. dentata</i>	0.00	1.35	4.08	0.00	2.75	4.70	0.28	2.48	6.14	0.96	7.32	19.15
<i>Q. aliena</i>	0.00	0.00	2.98	0.00	0.77	2.65	0.48	2.68	5.19	2.49	8.02	11.44
<i>Q. mongolica</i>	0.00	2.38	7.51	2.10	7.18	6.08	0.00	1.14	1.39	0.64	2.72	6.41
<i>Q. serrata</i>	-	-	-	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.03	0.00	0.23	0.44
<i>Zelkova serrata</i>	-	-	-	-	-	-	0.00	0.05	0.00	-	-	-
<i>Morus bombycis</i>	-	-	-	-	-	-	0.00	0.05	0.03	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	0.00	1.27	0.00	1.02	3.14	0.00	3.61	4.95	0.00	1.06	3.84
<i>L. erythrocarpa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.19	0.08
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>	-	-	-	0.00	0.00	7.18	0.00	0.00	3.02	0.00	0.00	4.34
<i>Stephanandra incisa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.73
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	-	-	0.00	0.07	0.22	0.00	0.16	0.10	0.14	3.60	1.76
<i>Prunus padus</i>	-	-	-	0.00	0.00	0.20	-	-	-	0.00	0.00	0.07
<i>P. sargentii</i>	0.00	0.00	0.28	0.30	1.48	1.98	0.00	4.18	1.52	0.75	3.28	1.72
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.00	0.33	2.96	0.00	0.07	4.53	0.00	0.20	6.50	0.00	0.00	5.21
<i>Maackia amurensis</i>	-	-	-	0.00	0.00	0.03	0.00	0.18	0.10	0.00	0.00	0.09
<i>Indigofera kirilowi</i>	0.00	0.00	4.53	0.00	0.00	2.71	0.00	0.00	1.28	0.00	0.00	2.79
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3.27	25.59	14.86	6.67	24.18	8.07	7.34	18.08	9.11	1.53	4.03	2.81
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.00	0.00	1.63	0.00	3.30	5.99	0.00	3.07	7.47	0.00	1.17	3.48
<i>Rhus japonica</i>	0.00	0.00	0.45	0.00	0.07	0.00	0.00	0.35	0.49	0.00	0.00	0.91
<i>R. trichocarpa</i>	0.00	0.00	1.79	0.00	1.05	1.46	0.00	1.42	2.66	0.00	1.69	3.19
<i>Euonymus alatus</i>	-	-	-	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.09	0.00	0.05	0.62
<i>E. oxyphyllus</i>	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.28	-	-	-
<i>Acer ginnala</i>	-	-	-	0.00	4.70	0.62	0.00	6.46	5.05	0.00	0.90	0.95
<i>A. mono</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.10	0.00
<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	-	-	-	0.00	0.00	0.88	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.63
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	-	0.00	0.49	0.00	0.00	0.13	1.93	0.00	0.81	0.96
<i>Kalopanax pictus</i>	-	-	-	0.00	0.00	1.24	0.00	5.12	9.79	0.00	0.17	0.57
<i>Cornus kousa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.03
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	5.81	25.14	0.00	6.31	27.82	0.00	0.96	3.39	0.00	0.64	6.91
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	0.00	0.11	0.00	1.25	2.02	0.00	0.58	0.89	0.00	0.27	0.86
<i>Styrax obassia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.43	0.09
<i>S. japonica</i>	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.21	0.00	2.44	1.56	0.00	2.19	0.90
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.00	0.00	0.95	-	-	-	0.22	0.55	1.00	0.00	0.73	0.51
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	-	-	-	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.03	0.00	0.05	1.18
<i>Callicarpa japonica</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00	0.00	0.10
<i>Viburnum erosum</i>	-	-	-	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.06

Table 2. (Continued)

Community Species	E			F			G		
	C	U	S	C	U	S	C	U	S
<i>Pinus rigida</i>	-	-	-	3.43	0.00	0.00	-	-	-
<i>P. densiflora</i>	30.52	3.44	0.00	1.56	0.00	0.00	8.46	0.00	0.00
<i>Juniperus rigida</i>	0.00	0.09	0.15	0.00	0.32	0.23	-	-	-
<i>Alnus hirsta</i>	0.00	0.23	0.00	0.58	1.41	0.37	3.28	5.85	0.00
<i>Carpinus cordata</i>	0.42	6.98	6.39	2.44	10.90	3.08	-	-	-
<i>C. laxiflora</i>	14.53	20.02	2.73	0.64	3.33	1.24	-	-	-
<i>C. coreana</i>	-	-	-	0.67	20.51	4.60	-	-	-
<i>Corylus heterophylla</i>	0.00	0.36	1.06	0.00	0.00	0.42	-	-	-
<i>C. hallaisanensis</i>	0.00	0.06	0.40	0.00	0.89	1.07	-	-	-
<i>Castanea crenata</i>	0.74	2.21	0.36	2.76	1.17	0.25	12.38	6.25	0.71
<i>Quercus acutissima</i>	16.40	0.45	0.79	7.08	0.63	1.10	-	-	-
<i>Q. variabilis</i>	16.18	4.30	1.29	11.40	3.26	1.74	-	-	-
<i>Q. dentata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Q. aliena</i>	2.39	2.57	1.28	0.72	0.23	0.00	1.88	6.11	0.00
<i>Q. mongolica</i>	3.40	0.80	29.98	28.85	6.09	3.53	2.19	1.88	1.62
<i>Q. serrata</i>	7.26	4.78	0.91	24.38	16.46	15.19	-	-	-
<i>Zelkova serrata</i>	0.00	0.00	0.09	-	-	-	41.25	15.84	0.00
<i>Morus bombycis</i>	-	-	-	0.00	0.14	0.00	-	-	-
<i>Lindera obtusiloba</i>	0.00	1.75	3.11	0.00	1.89	8.55	0.00	16.94	32.07
<i>L. erythrocarpa</i>	0.00	4.98	5.57	-	-	-	-	-	-
<i>Spiraea prunifolia</i> for. <i>simpliciflora</i>	0.00	0.00	0.08	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanandra incisa</i>	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	10.86	-	-	-
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.78	10.09	4.89	3.25	8.56	3.93	0.00	4.75	0.87
<i>Prunus padus</i>	0.44	0.00	0.05	0.00	0.11	0.00	1.99	2.03	0.00
<i>P. sargentii</i>	1.74	2.43	0.98	6.57	0.59	1.20	-	-	-
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	3.32	-	-	-
<i>Maackia amurensis</i>	0.22	0.66	0.26	0.00	0.54	0.38	-	-	-
<i>Indigofera kirilowi</i>	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	1.99	-	-	-
<i>Robinia pseudoacacia</i>	3.51	1.79	0.37	0.00	0.00	0.26	-	-	-
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.00	0.15	0.04	0.00	0.23	0.12	-	-	-
<i>Rhus japonica</i>	0.00	0.00	0.25	-	-	-	-	-	-
<i>R. trichocarpa</i>	0.00	0.00	2.21	0.00	1.23	0.71	0.00	5.85	2.48
<i>Euonymus alatus</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. oxyphyllus</i>	0.00	0.09	0.24	0.00	0.22	1.07	0.00	0.94	0.00
<i>Acer ginnala</i>	0.00	0.85	0.40	-	-	-	-	-	-
<i>A. mono</i>	0.51	0.93	1.32	0.00	0.22	0.10	24.29	15.17	20.73
<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i>	0.00	0.00	0.09	-	-	-	0.00	0.00	4.63
<i>Elaeagnus umbellata</i>	0.00	0.10	0.14	0.00	0.00	0.36	-	-	-
<i>Kalopanax pictus</i>	0.33	0.18	3.49	0.00	0.00	0.12	-	-	-
<i>Cornus kousa</i>	0.00	0.43	0.00	0.94	4.69	0.10	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	0.00	1.24	3.80	0.00	6.62	13.87	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	0.00	0.32	0.44	0.00	0.69	3.39	0.00	0.94	2.11
<i>Styrax obassia</i>	0.00	7.19	5.94	1.07	0.99	1.63	-	-	-
<i>S. japonica</i>	0.00	16.49	6.24	1.57	3.67	3.13	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	0.47	0.73	4.50	0.70	0.62	2.01	-	-	-
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.19	-	-	-
<i>Callicarpa japonica</i>	0.00	0.25	2.55	0.00	0.11	2.16	-	-	-
<i>Viburnum erosum</i>	0.00	0.18	1.76	0.00	1.35	3.53	-	-	-

식생천이가 기대되나 아까시나무의 세력확대도 가능하므로 이에 대한 관리가 요구된다.

봉천산과 북산공원 I·II의 조사지가 포함되는 군집 B는 교목층에서 상수리나무가 상대우점치 75.57%로서 우점종이었고 아교목층은 아까시나무(상대우점치 24.18%), 상수리나무(상대우점치 23.50%)가 주요 출현수종이었다. 관목층은 진달래가 상대우점치 27.82%로서 세력이 가장 컸고 상수리나무, 조팝나무, 아까시나무 등이 주요 출현종이었다. 본 군집은 아교목층에서 아까시나무와 상수리나무가 비슷한 세력이었으나 도시녹지에서 두 수종의 경쟁에서는 상수리나무가 우위에 있는 것으로 보고된 바(조우, 1995), 계속 상수리나무 우점군집으로 유지될 것으로 예측된다.

봉천산과 북산공원 I·II, 진강산, 전등공원 II의 조사지가 포함되는 군집 C는 교목층에서 상수리나무와 소나무의 상대우점치가 각각 44.37%, 42.78%로서 우점종이었고 아교목층은 소나무, 아까시나무, 상수리나무의 상대우점치가 각각 22.38%, 18.09%, 12.59%로서 경쟁관계에 있었으며 관목층은 상수리나무의 세력이 가장 컸고 아까시나무와 음나무, 산초나무, 참싸리, 떡갈나무 등 자생수종들의 상대우점치는 비슷하였다. 소나무는 참나무류와 아까시나무와의 경쟁에서 뒤지는 수종이고 현재도 관목층에서 출현이 거의 없어 장기적으로는 도태가 예상되므로 본 군집은 상수리나무가 우점종인 군집으로의 유지가 기대된다.

북산공원 I·II, 진강산, 마니산, 전등공원 II의 조사지가 포함되는 군집 D는 교목층에서 상수리나무와 소나무의 상대우점치가 각각 44.59%, 44.08%로서 우점종이었고 아교목층에서는 상수리나무가 관목층에서는 떡갈나무와 갈참나무가 주요 출현수종이었다. 본 군집은 군집 C보다 소나무에서 상수리나무 군집으로 천이가 더욱 진행된 것으로서 군집 C보다 아교목층 및 관목층에서 참나무류 세력이 더욱 컸고, 반대로 아까시나무 세력은 감소하는 경향을 보였다. 본 군집은 계속 참나무류 세력이 커지고 소나무는 도태될 것으로 예측되었다.

마니산, 정수사, 전등공원 I의 조사지가 포함되는 군집 E는 우리 나라 중부온대림에서의 천이 경향을 대표적으로 보여주는 식생유형이었다. 교목층은 소나무의 상대우점치가 30.52%로서 가장 컸으며 상수리나무(상대우점치 16.40%), 갈참나무(상대우점치 16.18%), 서어나무(상대우점치 14.53%)가 주요 출현수종이었다. 아교목층은 서어나무의 세력이 가장 컸고(상대우점치 20.02%), 팔배나무, 때죽나무가

주요 출현수종이었으며, 소나무의 세력은 크게 약화된 상태이었다. 관목층은 신갈나무가 상대우점치 29.98%로서 가장 높은 우점치를 보였고 까치박달, 때죽나무와 중부 이남지방에 주로 분포하는 비목나무가 출현하는 것이 특징이었으며, 소나무는 출현하지 않았다. 따라서, 본 군집유형은 소나무→참나무류→서어나무로 이어지는 천이경향을 나타내고 있는데, 수도권 인근에서는 드물게 인위적 식생 교란이 적었던 관계로 정상적인 식생발달이 이루어 질 수 있었던 것으로 판단할 수 있었다.

마니산, 정수사의 조사지가 포함되는 군집 F는 교목층에서 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무 등 참나무류의 세력이 매우 컸고 산벚나무가 주요 출현수종이었고 아교목층은 소나무, 까치박달, 졸참나무, 팔배나무 등이 주요 출현종으로서 소나무의 출현이 특이하였다. 소나무는 난대림에서 해안가 인접지에 척박하고 경사가 급한 곳에 주로 분포하는 식생인대(오구균과 조우, 1994), 본 조사지역도 해안가와 가깝고 난류가 흐르는 환경조건으로 인해 생육이 원활히 이루어 지는 것으로 추측할 수 있다. 아교목층은 졸참나무, 국수나무, 진달래가 주요 출현수종이었다. 이와 같이 본 군집은 중부지방 2차림의 전형적인 유형과 난대림 식생유형을 동시에 포함하고 있는 특징을 나타내고 있었다.

북산공원 II의 조사지가 포함되는 군집 G는 두 개의 조사지가 포함된 관계로 출현종수가 다른 군집에 비해 적었는데, 교목층은 느티나무와 고로쇠나무의 상대우점치가 각각 41.25%, 24.29%로서 우점종이었고 밤나무, 소나무 등이 주요 출현종이었다. 아교목층은 생강나무, 느티나무, 고로쇠나무가, 관목층도 고로쇠나무와 생강나무의 세력이 커 앞으로 고로쇠나무, 느티나무, 생강나무를 중심으로 한 식생유형을 유지할 것으로 예측되는 군집이었다.

(2) 종다양성

TWINSPAN에 의해 분리된 7개 군집에 대하여 300~500m²에 대한 종다양성 지수를 분석한 내용은 Table 3과 같다. Shannon의 종다양도는 0.9154~1.0999이었는데 낙엽활엽수 식생의 역사가 오래되어 안정단계에 들어섰다고 판단할 수 있는 군집 F가 가장 낮은 값을 나타내었고 인공림의 세력이 큰 군집 A도 낮은 값을 나타내었다. 반면 생태적 천이가 비교적 활발히 진행되고 있는 군집에서 종다양도가 높아 생태적 천이의 진행이 활발히 일어나는 곳에서 종다양도가 증가하다가 안정단계로 들어서면서 감소한다는 이론(최기철, 1983)과 유사하였다. 우점도는 참나무

Table 3. Diversity indices of classified types by TWINSPAN in Kanghwado, Inchon

Community	Shannon's D.(H')	Evenness (J')	Dominance(D)	H'max	Area (m ²)
A	0.9473	0.7699	0.2301	1.2304	300
B	1.0779	0.8030	0.1970	1.3424	500
C	1.0999	0.7868	0.2132	1.3979	500
D	1.0556	0.7984	0.2016	1.3222	500
E	1.0467	0.7917	0.2083	1.3222	500
F	0.9627	0.6804	0.3196	1.4150	300
G	0.9154	0.6633	0.3367	1.3802	500

류군집과 낙엽활엽수혼효군집에서 높았으며 최대종다양도는 참나무류의 세력이 안정단계에 도달한 군집 F에서 가장 높았다. 종다양성은 산림식생구조를 정량적으로 평가하는 것으로서 종수와 종풍부도라는 제한된 변수만으로 구해지는 한계가 있으나(Krebs, 1985), 산림식생의 안정성을 유추할 수 있고 서로 다른 지역의 종다양성을 같은 척도로 비교(鷲谷과 矢原, 1996)할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본 연구대상지는 서울(조우, 1995), 부천(이경재 등, 1997), 인천광역시 육지부분(조우, 1998)에 비하여 종의 다양성이 높은 것으로 나타났는데 녹지의 훼손정도가 심하지 않았기 때문에 종의 전파가 비교적 용이하였고 아까시나무 등 인공식재림의 비율이 적었기 때문에 참나무류를 중심으로 한 식생으로의 발전이 빠르게 진행될 수 있었기 때문으로 판단된다.

(3) 수종간 상관관계

Table 4는 57개 조사구에서 출현한 총 125종 중 상대도가 높고 7개 군집에서 상대우점치가 크며 우리나라 중부지방의 대상식생으로서 잠재력이 높다고 판단되는 25종의 평균상대우점치에 따른 수종간 상관관계분석을 실시한 것이다. 수종간 상관관계 분석은 생태적 지위를 판단하는데 유용한 것으로서(Ludwig and Reynolds, 1988; 이경재 등, 1990a, 1990b, 1992a; 조우, 1993, 1995), 생태적 지위는 다양한 환경구배 속에서 생물의 위치를 나타내는 것으로서 식물군집의 생태적 지위 파악은 산지형 도시녹지에서 훼손지 복원, 수종갱신, 녹화 등을 위한 기초자료를 제공할 수 있다는 측면에서 중요하다.

유의수준 1%에서 정의 상관관계가 인정된 수종은 까치박달-물푸레나무, 서어나무-팔배나무, 상수리나무-떡갈나무, 신갈나무-팔배나무, 고로쇠나무-음나무

등이었고, 5%수준에서 정의 상관관계가 인정된 수종은 서어나무-비목나무, 굴참나무-줄참나무, 팔배나무-산벚나무 등으로서 동일한 생태적 지위에 있는 수종으로 파악되었다. 반면 유의수준 1%에서 부의 상관관계를 나타낸 수종은 소나무-상수리나무, 서어나무-상수리나무, 상수리나무-줄참나무 등이었고, 5%수준에서 부의 상관관계를 보인 수종은 소나무-줄참나무, 상수리나무-신갈나무, 상수리나무-떡갈나무 등으로서 이질적인 생태적 지위를 나타내었다. 이와 같은 경향은 본 연구대상지에서 소나무군집은 상수리나무군집으로 그리고 상수리나무군집은 신갈나무, 줄참나무, 서어나무를 중심으로 하여 식생천이가 진행되고 있기 때문에 나타난 결과였다.

3. 산림식생 관리계획

본 연구대상지역의 현존식생면적 비율은 전체 조사면적 중 온대중부림의 생태적 천이 초기에 출현하는 소나무와 발전단계에 나타나는 참나무림으로 자연림(2차림)을 구분하면 소나무순림과 소나무-참나무 혼효림이 42.26%, 참나무림은 50.06%에 이르고 있었고, 아까시나무, 리기다소나무, 일본잎갈나무림 등 인공림 및 인공림과 2차림의 혼효림은 5.40%이었다. 즉, 강화도 지역 산지형 녹지는 과거 인위적 교란으로 산림이 황폐된 후 2차 천이가 발생된 지역이 대부분이며, 치산녹화용으로 아까시나무, 리기다소나무, 일본잎갈나무를 식재하여 복구를 시도하였던 면적은 수도권 도시지역중 매우 적은 편에 속하고 있는 것으로 분석되었다.

한편 일부 지역에서는 온대중부림의 생태적 천이의 안정단계에서 우점종을 이루는 대경목의 서어나무림이 분포하고 있어 수도권에서 생태적으로 중요한 지역을 포함하고 있다. 따라서, 강화도 지역 산림식생의 관리는 현존식생과 앞으로의 식생발전 과정의 예측 결과를 토대로 이루어져야 하며, 크게 참나무류가 우점종인 숲과 서어나무류가 우점종인 숲을 목표로 하여야 할 것이다. 또한 전자는 광범위한 지역이지만 서어나무류가 우점종인 숲은 계곡부의 해발고가 낮은 지역의 토양수분함량과 유기물함량이 높은 곳을 중심으로 관리가 필요하겠다.

또한, 92.32%에 이르는 2차림의 경우 생태적 천이가 온대 중부림에서의 정상적인 천이진행 단계인 소나무림에서 상수리나무림을 거쳐 신갈나무림, 줄참나무림, 서어나무림으로 진행되고 있어 특별한 경우가 아니면 인위적인 에너지 투입은 필요치 않으나, 인공식재림으로서 수종갱신이 필요한 지역이나 이용

Table 4. Correlation between the mean importance value of the major woody species in Kangwhado, Inchon

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24		
S2	.																									
S3	.	.																								
S4	.	.	.																							
S5	--	-	--	.																						
S6	.	.	.	++	.																					
S7	.	.	-	.	++	.																				
S8	+																			
S9	.	.	.	++	-	.	.	.																		
S10	-	++	.	++	--	+	-	.	.																	
S11
S12	.	.	+	.	-	++	
S13	.	++	++	.	--	+	-	.	++	+	.	++	.	+	++	
S14	-	++	+	++	.	+	+	
S15	+	+	-	-	
S16	.	.	-	.	+	-	.	--	
S17	++	.	.	+	
S18	
S19	++	++	
S20	++	
S21	.	.	.	+	++	
S22	.	.	.	+	+	
S23	.	.	++	.	--	+	-	.	++	.	.	.	++	.	.	-	
S24	.	++	++	.	-	+	--	.	.	++	.	.	++	.	-	-	+	
S25	.	++	+	.	.	+	++	-	++	.	.	.	+	++	

* ++, --: p<0.01, +, -: p<0.05

** S1: *Pinus densiflora*, S2: *Carpinus cordata*, S3: *Carpinus laxiflora*, S4: *Carpinus coreana*, S5: *Quercus acutissima*, S6: *Q. variabilis*, S7: *Q. dentata*, S8: *Q. aliena*, S9: *Q. mongolica*, S10: *Q. serrata*, S11: *Lindera obtusiloba*, S12: *Lindera erythrocarpa*, S13: *Sorbus alnifolia*, S14: *Prunus sargentii*, S15: *Lespedeza cyrtobotrya*, S16: *Zanthoxylum schinifolium*, S17: *Rhus japonica*, S18: *Acer ginnala*, S19: *Elaeagnus umbellata*, S20: *Kalopanax pictus*, S21: *Rhododendron mucronulatum*, S22: *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, S23: *Styrax obassia*, S24: *S. japonica*, S25: *Fraxinus rhynchophylla*

객의 과도한 이용이나 개발로 인해 훼손된 녹지는 참나무류가 우점종인 숲을 목표로 한 복원을 시도하여야 할 것이다. 이때 교목층의 경우 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무를 주요 구성수종으로 하며 아교목층 및 관목층은 산벚나무, 팔배나무, 참개암나무, 산딸나무, 때죽나무, 개웃나무, 쪽동백나무, 생강나무, 진달래, 비목나무, 국수나무, 노린재나무, 보리수나무 등을 구성수종으로 하여 앞서 서술한 수종 간의 생태적 지위를 고려한 식재계획을 통해 복원을 시도하여야 할 것이다.

그러나, Table 5와 같이 본 연구대상지의 토양 pH는 4.02~4.30의 범위에 있으며 평균산도는 4.17로서 인천광역시 육지부분 산림지역의 평균 토양 pH가 4.62(인천광역시, 1995), 서울시의 평균 토양 pH가 4.40(조우, 1995), 부천시의 평균 토양 pH가 4.51(이경재 등, 1997)로서 인근 도시에 비해서도 강산성의 토양상태를 나타내고 있었다. 이것은 최근 제기되고 있는 중국의 공업화에 따른 환경오염물질이 편서풍을 타고 서해안 지역의 토양을 오염시키고 있다는 가설을 뒷받침하는 것이라고 할 수

Table 5. Soil pH of survey sites in Kangwhado, Incheon

Survey site	Soil pH	Sample No.	
Urban natural park	Buksan park I (Koryesan)	4.30	17
	Buksan park II (Huylgusan)	4.02	13
	Jeondeung park I (Jeondeungsa)	4.12	13
	Jeondeung park II (Gilsangsan)	4.25	5
Mountain type urban green space	Bongcheonsan	4.17	10
	Jingangsan	4.07	10
	Manisan	4.14	9
	Jeongsusa	4.25	13

있겠다. 토양산성화는 산림쇠퇴의 원인으로서 유럽, 북미, 일본 및 우리 나라에서도 그 심각성을 인식하고 있고 도시 지역 산림식생 훼손의 요인으로도 작용하는 것으로 보고되고 있다(Ulrich *et al.*, 1980; 김준호, 1991; 이경재 등, 1993, 1994). 현재, 수도권지역 산림의 주요 식생인 참나무림, 아까시나무림, 현사시나무림 등의 구성수종들은 산성토양에 내성이 강한 것이고 대부분 20~30년생이 주를 이루고 있어 토양 환경요인의 변화에 대한 완충력이 높아 뚜렷한 쇠퇴현상은 나타나고 있지는 않지만 계속적으로 토양조건이 악화된다면 산림식생의 쇠퇴 가능성도 예상할 수 있겠다. 강화도 지역의 경우 특별한 오염물질 배출원이 없는 상태에서 인천광역시 육지부보다나 서울시, 부천시보다 강산성 토양을 나타내는 것은 산림생태계에 큰 영향을 끼칠 수 있는 가능성을 내포한 것이라 볼 수 있다. 그러므로 지속적인 모니터링과 토양 환경개선에 대한 연구가 산림식생 관리계획에서 중요한 부분을 차지해야 할 것이다.

인용 문헌

강운순, 오계철(1982) 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 식물학회지 25(2): 83-99.
 김준호(1991) 환경오염에 의한 도시림의 쇠퇴정후군. 도시·산림·환경 심포지움 자료집, 3~23쪽.
 오구균, 조우(1994) 흥도 상록활엽수림 지역의 식물군집구조. 응용생태연구 8(1): 27-42.
 오구균, 이경재(1996) 창덕궁후원 자연식생의 식물사회학적 연구. 한국조경학회지 4(2): 27-42.

오충현(1992) 도시녹지의 생태학적 조성 및 관리방안에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 석사학위논문, 86쪽.
 이경재(1986) 남산공원의 자연환경실태와 보존대책. 서울특별시, 78쪽.
 이경재, 오구균, 권영선(1987a) 선정릉의 적정 수용능력 추정 및 관리 방안(I) -토양환경 및 식생분석-. 한국조경학회지 14(3): 33-45.
 이경재, 오구균, 조재창(1987b) 선정릉의 적정 수용능력 추정 및 관리 방안(II). 한국조경학회지 15(2): 79-90.
 이경재, 오구균, 조현길(1988a) 종묘의 식생군집 구조 분석 및 관리 대책에 관한 연구. 한국조경학회지 15(3): 21-31.
 이경재, 오구균, 전용준(1988b) 왕릉의 식생경관 구조 및 관리 대책에 관한 연구(I) -동구릉 식생군집 천이-. 한국조경학회지 16(1): 13-26.
 이경재, 조재창, 이봉수, 이도석(1990a) 광릉 삼림의 식물군집구조(I) -Classification 및 Ordination 방법에 의한 소리봉지역의 식생분석-. 한국임학회지 79(2): 173-186.
 이경재, 조재창, 류창희(1990b) Classification 및 Ordination 방법에 의한 용문산 삼림의 식물군집 구조분석. 식물학회지 33(3): 173-182.
 이경재, 오구균, 우종서, 송근준(1990c) 현인릉의 식생경관구조 및 관리대책에 관한 연구(II) -현인릉 식물군집의 천이-. 한국조경학회지 17(3): 35-47.
 이경재, 류창희, 최송현(1992a) 한라산 어리목, 영실, 돈내코지역의 식물군집구조. 응용생태연구 6(1): 25-43.

- 이경재, 조우, 류창희(1992b) 도시림의 생태적관리에 관한 연구. 한국조경학회지 10(4): 1-11.
- 이경재, 김갑태, 이용범(1993) 산성우 및 대기오염이 삼림에 미치는 피해의 조기판단에 관한 연구. 한국파 학재단, 205쪽.
- 이경재, 조우의 18인(1994) 도시 및 공업단지 주변의 Green복원기술 개발(Ⅱ). 환경부, 263쪽.
- 이경재, 한봉호 등(1997) 부천시 도시경관림 조성(산림 수종갱신) 기본계획. 부천시, 212쪽.
- 인천광역시(1995) 인천광역시 녹지공원 정책방향. 인천광역시, 288쪽.
- 임경빈(1978) 남산공원수림의 피해상태와 그 대책에 관한 연구. 서울특별시, 134쪽.
- 조우(1993) 도시림관리를 통한 식물 및 야생조류 종다 양성 증진에 관한 연구. 서울시립대학교 대학원 석사 학위논문, 91쪽.
- 조우(1995) 도시녹지의 생태적 특성 분석과 자연성 증진을 위한 관리모형 -서울시를 중심으로-. 서울시립 대학교 대학원 박사학위논문, 252쪽.
- 조우(1998) 인천광역시 산지형 도시녹지의 식생구조 및 관리계획 : 육지지역을 중심으로. 한국조경학회지 26(2): 인쇄중.
- 최기철(1983) 기초생태학. 향문사, 서울, 251쪽.
- 鷺谷いづみ, 矢原徹一(1996) 保全生態學入門. 文一總 合出版, 東京, 270pp.
- 伊藤秀三(1977) 群落の組成と構造. 朝倉書店, 東京, 326pp.
- Allen, R.B. and T.R. Partridge(1988) Effects of spring and autumn fires on the composition of *Chionochlora rigida* tussock, New Zealand. *Vegetatio* 76: 37-44.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland Forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Hill, M.O.(1979) TWINSPAN-a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. *Ecology and Systematics*, Cornell Univ., N.Y. Ithaca, 99pp.
- Krebs, C.J.(1985) *Ecology*, third ed.. Harper & Low, N.Y., 800pp.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds(1988) *Statistical ecology*. John Wiley & Sons, N.Y., 377pp.
- Pielou, E.C.(1975) *Ecological diversity*. John Wiley & Sons, N.Y, 165pp.
- Sukopp, H.(1990) Urban ecology and its application in Europe. In: Sukopp, H. and S. Hejny (ed.), *Urban ecology*, SPB Academic Publishing, pp. 11-22.
- Sukopp H. and P. Werner(1983) Urban environments and vegetation. In: Q. Holzner, M.J.A. Werger and I. Ikusima(ed.), *Man's impact on vegetation*, DR Junk Publishers, pp. 247-260.
- Ulrich, B., R. Mayer and P.K. Khana(1980) Chemical changes due to acid precipitation in a loess-derived soil. *Central Europe Soil Science* 130: 193-199.
- White, J.A. and D.C. Glenn-Lewin(1985) Regional and local variation in tallgrass prairie remnants of Iowa and eastern Nebraska. In: R.K. Peet(ed.) *Plant community ecology: Papers in honor of Robert H. Whittaker*, DR Junk Publishers, pp. 97-110.