

도시림관리를 통한 식물 종다양성 증진에 관한 연구

조 우* · 이 경 재**

*서울시립대학교 대학원 · **서울시립대학교 조경학과

Studies on the Enhancement of the Plant Species Diversity by the Urban Forest Management

Cho, Woo * · Lee, Kyong-Jae **

*Graduate school, Seoul City University

**Dept. of Landscape Architecture, Seoul City University

ABSTRACT

This study was conducted to increase the plant species diversity, which was based on the analysis of plant community structure and the survey of human's disturbance degree in Mt. Yongma and Mt. Acha urban nature park, Seoul. The plant community were divided into four groups by TWINSpan and DCA. These groups were *Pinus rigida*-*P. densiflora* community, *Quercus mongolica*-*Q. aliena* -*Q. acutissima* community, *Robinia pseudoacacia*-*Q. acutissima*-*Populus × albaglandulosa* community and *R. pseudoacacia* community. The successional trends of tree species seems to be from *P. densiflora*, *P. rigida*, *Sorbus alniflora* to *Q. mongolica*, *Q. aliena* and from *P. × albaglandulosa*, *R. pseudoacacia*, through *Q. acutissima*, to *Q. mongolica*, *Q. aliena*. The species diversity of plant community was high in natural plant community but was low in artificial planting community respectively. Number of species, number of species individuals, indices of species diversity was lowered and soil hardness was increased by the user's trampling, undercutting work and planting *P. koraiensis* after thinning. In the basis of study results, we proposed the management plan for the urban forest.

I. 서론

최근 심각하게 대두되고 있는 환경문제로 도시 공간내의 생활환경 형성의 주기능을 담당하는 도시녹지에 대한 관심이 고조되고 있다. 도시녹지 중 비교적 자연성이 많이 포함되어 있는 도시림은 기후조절, 환경오염물질의 흡수, 도시생태계의

안정화 등 환경조절측면에서 중요할 뿐 아니라 도시민의 휴식공간으로써의 이용도 급격히 증가되고 있는 추세이다.

서울의 도시림은 일본인에 의한 훼손, 해방 이후의 연료목의 채취, 1960년대 이후 경제발전으로 인하여 빠른 속도로 훼손되었고, 1960년대부터 치산녹화사업 등 황폐지 복구와 그 이후 20~

30년간의 보호 노력으로 자생식생으로의 생태적 천이가 진행되고 있는 상태이나 환경오염물질의 영향, 시민들의 이용에 의해 환경요인은 시간이 갈수록 악화되어가고 있다. 또한 도시림생태계에 대한 인식부족과 관리의 부재로 종다양성이 감소되는 등 도시림 생태계의 안정성이 약화 되어 가고 있다(이, 1990, 1991; 오, 1991).

일찌기 산업화가 진행되면서 생활환경의 질적 저하, 환경오염 등의 경험을 미리 겪었던 유럽 및 북미에서는 자연식생발달의 원리를 이용한 생태적인 옥외공간의 조성, 생태적천이의 원칙에 기초한 재식재(reforestation)방식을 이용한 도시림 조성으로 종다양성 증진을 도모하고 있다(Treagy, 1979; Gustavsson, 1982; Hough, 1990). 우리나라에서의 도시림에 관한 연구는 식물군집의 구조를 밝히는 생태학적연구, 식물군집구조분석을 통한 관리의 연구, 이용객에 의한 도시림식생의 훼손과 복원에 관한 연구로 대별할 수 있으며, 아울러 도시삼림에서의 야생조류상, 식생구조와 야생조류의 관계를 밝히는 연구가 이루어졌다. 그러나 아직까지 이들 연구의 결과물들을 바탕으로 한 도시림 관리나 조성은 미미한 상태에 있다.

종합하여 살펴보면 도시림에 관한 식물생태학적 연구는 서구의 경우 기초적 현상의 연구를 바탕으로 생태학적 관점에 입각한 조성 및 관리의 실질적 측면에서 이루어지고 있음은 주목할 일이다. 또한 최근의 지구환경문제가 대두되면서 제기되고 있는 생물다양성(biodiversity)보존 문제는 도시지역에서 생태적 다양성 측면을 고려하여야 할 것이며, 이와 관련하여 삼림종구성의 다양성을 나타내는 종다양도에 대한 정량적인 수식의 적용이 필요하다. 삼림군집에 있어 종다양성은 안정성의 척도(Brower & Zar, 1977)라 할 때, 환경오염의 영향, 관리의 부재, 이용압력에 의해 종다양성이 떨어지고 있는 우리나라의 도시림은 생태적 이론에 의한 관리를 통해 종다양성을 증대시키는 방안이 모색되어야 할 것이다.

본 연구는 서울 동부에 위치한 도시림인 아차산과 용마산 도시자연공원(345ha)을 대상으로 식물군집구조분석과 이용객의 영향에 의한 식생과

과 정도를 조사하여 도시림관리를 통해 식물종다양성 증진의 방안을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 조사구설정

Fig. 1과 같이 식생상관에 의해 32개의 조사구를 유의추출하여 방형구(Quadrat)를 설치하였다. 각 방형구의 크기는 교목상 하층은 $20 \times 25m$ ($500m^2$), 관목층은 $10 \times 10m$ ($100m^2$)로 하였으며, 조사시기는 1992년 6월이었다.

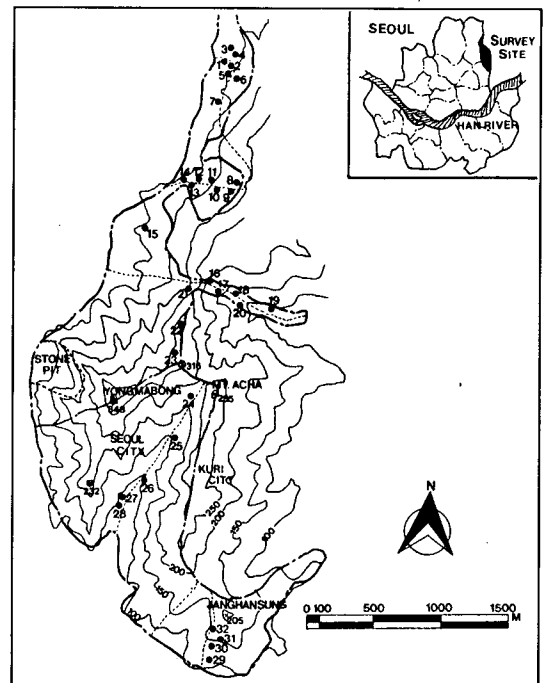


Fig. 1. Location of survey area and investigated plots.

2. 환경요인조사

기상조사는 기상청 서울측후소에서 측정된 최근 30년간(1961~1990)의 평균치자료를 사용하였고(기상청, 1991) 지형 및 경사도분석은 1/25,000 지형도를 사용하였다.

조사구의 환경요인은 일반적개황과 토양의 이

• 화학적 성질을 조사 분석하였다. 일반적개황은 조사구별로 해발고, 방위, 경사도, 교목상·하층군의 평균수고, 평균흉고직경 및 평균울폐도, 관목층군의 평균수고 및 평균울폐도, 조사구에 출현하는 목본수종을 측정 조사하였다. 토양의 이•화학적성질은 조사구별로 3개소를 택하여 Ao 층을 걷어내고 표층으로부터 15cm정도의 깊이에서 토양을 채취 혼합하여 음건시킨 후 실험실에서 토양산도, 유기물함량, 수분함량, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺함량을 분석하였으며 분석은 농업기술연구소의 방법에 준하였다(농업기술연구소, 1988).

3. 현존식생도작성

현존식생도(actual vegetation map)는 식생상관과 32개 조사구내의 교목상·하층의 우점종에 따라 작성하였다.

4. 식물군집구조분석

식생조사는 조사구내에 서있는 DBH 2cm이상의 목본식물을 대상으로 층위별로 수종명 및 DBH를 측정하였고(박, 1985), 층위는 교목상층, 교목하층, 관목층으로 구분하였다. 측정된 자료를 Curtis & McIntosh(1951)의 방법으로 상대우점치(importance value: I.V.)를, Shannon의 수식을 이용하여 종다양도(H'), 최대종다양도(H'max), 균재도(J'), 우점도(D)를 구하였다((Pielou, 1975). 식생조사 자료를 기초로 하여 ordination분석은 DCA(Hill, 1979a)를, classification은 TWINSpan(Hill, 1979b)을 각기 사용하였다. 이상의 모든 분석은 서울시립대 환경생태연구실의 PDAP와 SAS Package를 이용하였다.

5. 환경피해도 조사

이용객에 의한 식생파괴지역을 대상으로 Friszel(1978)의 환경피해도 등급(6등급)에 따라 식생파괴지역의 면적을 파악하고, 파괴정도에 따른 식물종수 및 개체수, 피해등급별의 토양경도를 측정하였다. 토양경도측정은 각 피해지별로 30호씩 토양경도계(soil hardness tester, YAMAHA;

FUJIWARA SEISAKUSHD, LTD)를 가지고 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 현존식생

Fig. 2는 식생상관과 32개 조사구에서의 상대우점치 분석결과를 참조하여 작성한 현존식생도이다. 식물군집구성비율을 살펴보면 소나무-리기다소나무-신갈나무군집(101ha)이 29.4%로 가장 많은 면적이었고, 소나무군집(71ha) 20.8%, 아까시나무군집(63ha) 18.3%, 아까시나무-상수리나무군집(36ha) 10.4%로 4개 식물군집이 차지하는 면적이 271ha로써 전체 조사면적(345ha)의 68.5%를 차지하고 있었다. 이밖에 상수리나무-아까시나무군집(13ha) 3.7%, 신갈나무군집(9.7ha) 2.8%, 상수리나무군집(9.2ha) 2.2%, 신갈나무-상수리나무-갈참나무군집(6.5ha)은 1.9%로 인공식생군집에서 2차천이에 의한 참나무류 식물군집이 형성되고 있다.

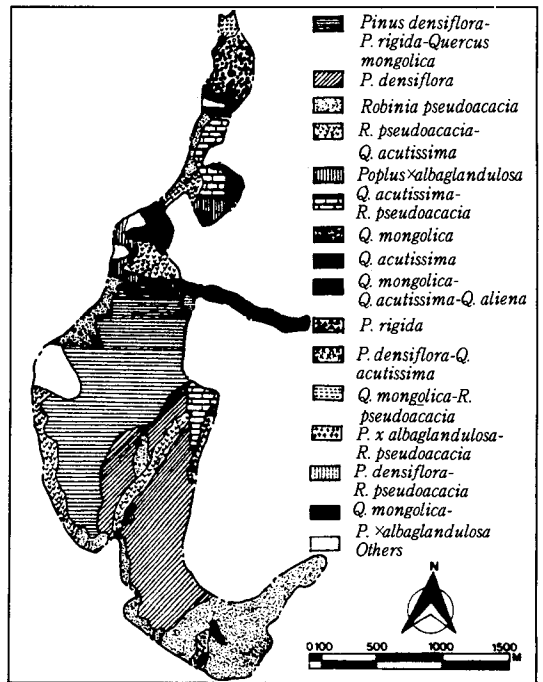


Fig. 2. Map of actual vegetation of Mt. Acha and Mt. Yongma forest.

주요 출현수종을 살펴보면, 교목상층수종으로는 신갈나무, 상수리나무, 아까시나무, 팔배나무, 물오리나무, 현사시나무, 갈참나무, 느릅나무, 다릅나무 등 활엽수와 소나무, 리기다소나무 등 침엽수가 분포하며, 교목하층 및 관목층수종으로는 국수나무, 산초나무, 진달래, 철쭉, 개울나무, 산딸기, 병꽃나무, 싸리나무류, 청미래덩굴 등으로 나타났다.

2 식물군집구조분석

1) 조사지개황

기상청 서울 측후소에서 측정된 자료를 통해 서울의 최근 30년간(1961~1990)의 기상변화를 살펴보면, 연평균기온은 11.8°C로써 1951~1980년간의 11.1°C보다 0.7°C가 높아졌으며, 온량지수(W.I.: warmth index = $\sum^n (t-5)$, 단 n은 t>5°C인 개월수)와 한랭지수(C.I.: coldness index = $\sum^{12-n} (5-t)$, 단 12-n은 t<5°C인 개월수)는 각각 102.2°C, -20.4°C로써 1931~1960년간의 97.5°C, -24.4°C에 비해 각각 4.7°C, 4°C가 증가하여 도시열섬화 현상이 심하여졌음을 알 수 있다.

지형은 노출된 암석지에는 소나무가, 곡간의 퇴적토양에는 신갈나무가 우점하고 있어 모자이크상의 식생경관을 형성하고 있다. 조사지의 암석표면과 수피에는 살아있는 지의류(地衣類)를 관찰할 수 없을 만큼 서울지방의 심각한 대기오염상태를 반영하고 있다.

조사구들은 해발고 80~300m의 범위에 있으며, 교목상층군 평균수고는 11~15m, 평균흉고직경은 12~25cm, 평균울폐도는 40~90%이었다.

2) classification 및 ordination 분석

32개 조사구에 대한 TWINSPLAN에 의한 classification 분석을 한 내용은 Fig. 3이다. 국내의 자연삼림에서의 classification 분석에 의하면 군집분리에 영향을 끼치는 환경인자는 보통 해발고, 토양의 건습정도, 사면의 방위가 중요하다고 하였으나(이 등, 1990b), 본 조사지역은 해발고가 낮고, 면적이 작으며 인공식재한 삼림에서 2차천이 초

기의 현상을 나타내는 등-환경조건이 유사하여 환경인자에 의한 군집분리의 내용이 명확하지는 않았으며 대체로 제 2 division 에서는 토양습도가 건조한 지역과 습윤한 군집으로 분리되었다.

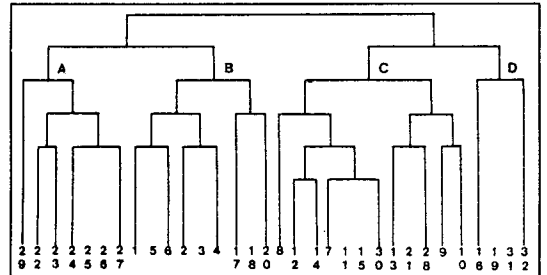


Fig. 3. Dendrogram of TWINSPLAN stand classification of thirty-two plots in Mt. Acha and Mt. Yongma forest.

각 조사구를 classification 분석에 따라 분리된 4개의 군집으로 구분하여 주요 수종의 평균상대우점치(M.I.V.)를 나타낸 것이 Tab. 1이다. 군집 A는 리기다소나무-소나무군집으로 조사구 22, 23은 산 정상부근의 능선에 위치해 있고, 나머지 조사구는 경사가 급하고 토심이 얇은 계곡부에 위치해 있다. 군집 A에서 리기다소나무, 소나무, 아까시나무, 신갈나무의 교목상층의 I.V.는 각각 23.2%, 40.4%, 14.2%, 8.7%로 우점종을 차지하고 있고, 교목하층에서 리기다소나무, 소나무, 아까시나무, 신갈나무의 I.V.는 27.5%, 15.6%, 10.9%, 7.3% 이었다. 특히 이 지역은 능선부의 리기다소나무와 소나무림에서 신갈나무에 의한 2차천이 경향이 두드러지게 나타나고 있고, 계곡부에서는 인공식재수종인 물오리나무, 소나무, 리기다소나무가 서서히 도태되면서 신갈나무와 아까시나무로 대체되고 있었다. 이것은 서울근교 도시림에서 참나무류로의 2차천이가 진행된다고 보고한 김 등(1989)의 연구와 일치하지만, 본 지역에서 아까시나무의 번식력이 크게 나타났다.

군집 B는 신갈나무-갈참나무-상수리나무군집으로 참나무류가 우점종을 이루는 군집이다. 조사구 1, 2, 3, 4, 5, 6은 중량구 용마공원의 삼림으로 자생식물군집을 형성하고 있는 곳이고, 조사구 17, 18, 20은 서울시와 구리시 경계부근 삼

Tab. 1. Importance value of major woody species in the survey site.

Community	A							B								
	29	22	23	24	25	26	27	1	5	6	2	3	4	17	18	20
<i>Quercus mongolica</i>	•	18.4	18.4	7.3	17.2	5.0	0.2	50.9	60.4	48.7	33.2	16.5	0.2	32.1	•	2.2
<i>Q. accutissima</i>	•	•	1.6	0.9	23.3	2.5	•	5.6	0.7	0.6	9.6	10.1	7.3	27.1	36.9	14.3
<i>Q. aliena</i>	•	0.2	2.0	2.1	•	0.4	•	10.9	3.3	3.1	11.1	10.7	33.6	29.3	34.1	17.7
<i>Robinia pseudoacaci</i>	•	0.8	•	11.0	14.7	16.0	66.0	0.8	•	4.5	•	0.6	•	5.4	4.1	•
<i>Populus ×albaglandulosa</i>	•	•	•	•	•	5.3	0.9	1.4	0.8	24.8	•	•	•	•	•	•
<i>Pinus densiflora</i>	48.7	48.2	11.6	10.4	8.2	4.0	0.5	1.7	2.3	•	2.1	19.9	3.1	•	•	•
<i>P. rigida</i>	•	8.0	31.8	34.7	12.3	38.7	22.2	•	•	•	•	•	•	•	4.5	7.4
<i>Alnus hirsuta</i>	1.3	3.0	4.2	8.3	2.8	12.1	7.9	•	0.9	•	•	•	•	•	•	•
<i>Sorbus alnifolia</i>	•	4.1	3.6	9.4	0.2	•	0.8	•	8.5	2.6	•	0.3	•	0.8	•	0.3
<i>Castanea crenata</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	•	•	•	•	•	•	•	2.5	•	2.9	6.4	1.0	1.7	2.5	•	•
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	•	11.3	12.9	4.5	4.7	1.0	0.4	5.7	12.2	4.8	0.9	•	9.4	•	0.2	6.7
<i>Rh. schlippenbachii</i>	•	•	2.9	5.1	2.4	10.5	0.3	•	•	•	•	•	•	1.0	•	5.1
<i>Stephanandra incisa</i>	•	0.6	•	•	1.0	•	0.5	3.0	1.7	2.1	•	•	•	4.1	0.4	4.9

(Tab. 1. continued)

Community	C								D							
	8	12	14	7	11	15	30	13	21	28	9	10	16	19	31	32
<i>Quercus mongolica</i>	1.3	9.8	0.1	7.2	3.3	11.6	8.3	•	•	•	•	0.5	•	1.1	•	1.1
<i>Q. accutissima</i>	16.4	•	18.4	18.1	34.0	63.4	1.5	8.8	41.7	3.8	14.6	33.3	63.4	8.8	0.9	0.4
<i>Q. aliena</i>	•	0.8	1.3	11.8	•	•	8.2	•	1.1	•	•	•	8.2	24.0	13.7	18.7
<i>Robinia pseudoacaci</i>	•	55.4	57.1	28.0	38.3	11.6	29.6	56.6	11.4	21.9	•	0.3	17.8	3.8	81.8	65.5
<i>Populus ×albaglandulosa</i>	8.7	•	•	13.6	6.3	2.2	5.5	17.2	8.5	9.1	55.7	53.3	•	•	•	•
<i>Pinus densiflora</i>	•	•	•	•	•	0.5	21.7	•	•	0.7	•	•	•	•	•	3.8
<i>P. rigida</i>	•	•	•	•	•	•	•	2.5	•	34.5	•	•	•	12.4	•	•
<i>Alnus hirsuta</i>	•	23.4	3.5	1.8	4.9	6.5	2.9	•	0.3	•	•	•	•	•	•	•
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.6	•	•	•	0.1	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Castanea crenata</i>	1.2	6.4	18.4	1.9	0.6	•	2.5	1.3	•	1.3	12.2	•	•	19.0	•	•
<i>Ulmus davidiana</i> var. <i>japonica</i>	35.8	•	•	•	•	1.0	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	1.6	•	•	•	1.1	•	•	•
<i>Rh. schlippenbachii</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
<i>Stephanandra incisa</i>	•	7.0	•	2.6	13.1	•	•	•	8.3	•	•	•	•	•	•	•

림으로 20여년간 개발제한구역으로 설정되어 삼림이 보호받아 참나무류로의 천이가 진행되어 수종수와 개체수가 다른지역보다 높게 나타나는 지역이다. 교목상층에서의 우점치는 신갈나무가 48.8%로 우점종을, 상수리나무, 갈참나무의 M.I.V.가

각각 17.8%, 14.3%로 부수종을 이루고 있으며 타군집과 달리 아까시나무의 M.I.V.가 1.9%로 참나무류의 우점치가 높은 군집에서는 아까시나무의 적응력이 약함을 나타내었다. 한편 용마자연공원 부근의 조사구(조사구 1, 2, 4)는 이용객에 의한

답답으로 관목층식생의 파괴가 심하게 일어나고 있어 이에대한 대책이 요구된다.

군집 C는 12개의 조사구가 포함되는 아까시나무-상수리나무-현사시나무군집으로 해발고가 낮아 이용객의 이용이 가장 높은 인공식재림이다. 교목상층에서 아까시나무, 상수리나무, 현사시나무의 IV.는 34.1%, 21.1%, 23.2%이었고 교목하층에서는 각각 18.9%, 26.1%, 2.8%, 관목층에서는 각각 12.8%, 0.9%, 11.3%이었다. 또한 관목층에서 국수나무의 IV.가 36.4%로 가장 높게 나타나 국수나무가 인공식재림 관목층의 우점종으로 나타났다. 참나무류중 신갈나무, 갈참나무의 관목층 IV.가 4.5%, 2.2%이었고, 특히 조사구 7, 13에서 신갈나무의 평균 IV.는 각각 9.8%, 11.6%로 비교적 높게 나타나고 있어 참나무류가 대상수종(代償樹種)으로 자리잡을 가능성을 보여주고 있었다. 한편 교목하층과 관목층에서 잣나무의 IV.는 10.7%, 8.0%로 나타나고 있는데 이것은 도시림을 관리한다는 의도로 임상층(林床層)에서 생육하는 자생수종들을 개별(皆伐), 밑각기작업(下刈作業) 등으로 제거한 후 도시림경관과 생태적 측면에서 이질적인 수종인 잣나무를 식재한 결과로써 도시림관리의 문제(이, 1991: 오, 1992)이므로 반드시 개선해야 한다.

군집 D는 아까시나무군집으로 교목상층에서 아까시나무의 IV.는 53.2%로 우점종이고 상수리나무의 IV.는 27.7%로 부수종을 이루고 있다. 특히 조사구 31, 32의 교목상층에서 아까시나무 I.V.는 각각 100%이었고 교목하층에서는 각각 77.0%, 43.4%로 나타났으나 교목하층에서 갈참나무 IV.는 각각 21.0%, 42.0%, 관목층에서는 40.4%, 28.3%로 교목하층에서는 IV.값이 아까시나무보다 작았으나 관목층에서는 상당히 높게 나타나 적절한 관리가 이루어진다면 자생수종인 갈참나무군집이 형성될 수 있다.

32개 조사구에 대하여 DCA에 의한 ordination 방법으로 분석한 내용이 Fig. 4이다. DCA ordination에서 제1축과 제2축의 eigen value는 각각 45.5%, 28.1%로 총 73.6%의 높은 집중율을 보여 DCA에 의해 조사구의 분리가 타당함을 알 수 있다. DCA 제1축에 배열된 조사구의 분리상태는

왼쪽에서 오른쪽으로 아까시나무군집, 아까시나무-상수리나무-현사시나무군집, 신갈나무-갈참나무-상수리나무군집, 소나무-리기다소나무-신갈나무군집으로 분리되어 TWINSpan에 의한 군집의 분리내용과 유사하였다. 따라서 군집의 변화과정을 추론해보면 현사시나무-아까시나무군집→신갈나무, 갈참나무, 상수리나무군집과, 소나무-리기다소나무-신갈나무군집→신갈나무, 갈참나무, 상수리나무군집으로 변화될 것으로 예측되었다.

한편 전 조사구에서 출현된 수종중 출현빈도가 5회 이상되는 28종에 대한 TWINSpan에 의한 classification 및 DCA에 의한 ordination 분석 결과를 통해 생태적 천이과정을 추론하면 교목상층은 두 방향에서의 천이가 예측되는데 소나무, 리기다소나무, 팔배나무→신갈나무, 졸참나무, 갈참나무로, 그리고 현사시나무, 아까시나무→상수리나무→신갈나무, 갈참나무로의 진행이 예측된다. 교목하층 및 관목층에서의 천이는 철쭉, 진달래, 산초나무, 병꽃나무→난티잎개암나무, 개울나무, 국수나무→생강나무, 노린재나무로 진행됨이 예측되었다.

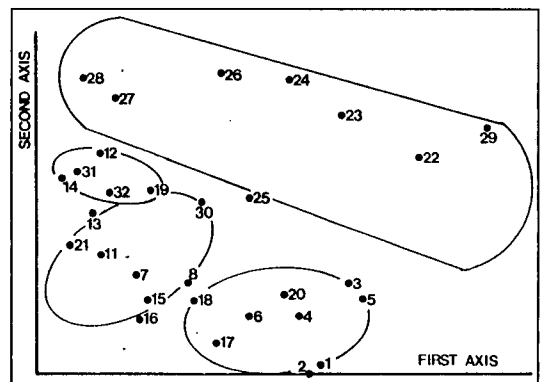


Fig. 4. DCA ordination of the survey plots in Mt. Acha and Mt. Yongma forest.

3) 종의 상관

Tab. 2는 조사지역에서 출현한 주요 수종들간의 상대우점치에 의한 주요수종의 상관관계를 계산한 것으로 이것은 수종간의 생태적 지위(ecological niche)를 알아볼 수 있는 척도라 할 수 있다.

Tab. 2. Correlation among the importance values of the major woody species in the Mt. Acha and Mt. Yongma forest.

	PR	PD	PA	AH	CH	QAC	QD	QA	QM	QS	UD	LO	SI	SA	LM	RP	ZS	RT	RM	RS	
PD	.																				
PA	.	.																			
AH	.	.	.																		
CH																	
QAC	-	-	.	.	.																
QD															
QA	.	.	-	-	++	.	+														
QM													
QS	+	.	+	++	.												
UD	.	.	.	++											
LO	++	.	.										
SI									
SA	+	-	.	+								
LM	++							
RP	--	-
ZS	.	.	.	++	++
RT	+	.	.	+	++
RM	-	.	.	++	.	.	++	.	++	++	--
RS	++
WS	+	++	++	+	++

1-tailed significant, +, -: p<0.05, ++, --: p<0.01

(PR: *Pinus rigida*, PD: *P. densiflora*, PA: *Populus x albiglandulosa*, AH: *Alnus hirsuta*, CH: *Corylus heterophylla*, QAC: *Quercus acutissima*, QD: *Q. dentata*, QA: *Q. aliena*, QM: *Q. mongolica*, QS: *Q. serrata*, UD: *Ulmus davidiana* var. *japonica*, LO: *Lindera obtusiloba*, SI: *Stephnandra incisa*, SA: *Sorbus alnifolia*, LM: *Lespedeza maximowiczii*, RP: *Robinia psedouacacia*, ZS: *Zanthoxylum schinifolium*, RT: *Rhus trichocarpa*, RM: *Rhododendron mucronulatum*, RS: *Rh. schlippenbachii*, WS: *Weigela subsessilis*)

교목상층군에서는 갈참나무↔떡갈나무, 떡갈나무 ↔졸참나무, 신갈나무↔팔배나무간에 5%수준에서 정의 상관성이 인정되었고, 신갈나무↔아까시나무는 1%수준에서 부의 상관성이 인정되었으며 리기다소나무↔상수리나무, 소나무↔상수리나무, 현사시나무↔갈참나무, 졸참나무↔아까시나무는 5%수준에서 유의적인 부의 상관성이 인정되어 참나무류끼리는 동일한 지위에 있고 소나무, 리기다소나무와 상수리나무 그리고 인공식재수종인 아까시나무와 현사시나무는 인공식재림에서 대상 수종으로 출현하는 참나무류와는 서로 이질적인 지위에 있음을 나타내고 있어 앞서의 천이추론양상과 그 맥을 알 수 있다.

4) 환경인자의 분석

Tab. 3은 군집별 토양의 이 화학적분석 내용이다. 토양의 평균 pH는 4.65로써 창덕궁후원의 4.8

Tab. 3. Soil characteristics for each community.

Site	Mois- ture		pH (H ₂ O) (1:5)	Exchangeable bases (m.e./100g)		
	Humus (%)	(%)		K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
A	3.66	14.38	4.65	0.18	0.05	0.02
B	4.27	12.34	4.67	0.13	0.04	0.01
C	4.20	16.27	4.67	0.11	0.08	0.02
D	3.71	14.29	4.58	0.12	0.05	0.02
Mean	4.00	14.5	4.65	0.13	0.06	0.02

(오와 이, 1986), 종묘의 5.04(이 등, 1988)보다 낮게 나타났고 선정릉의 4.38(이 등, 1987), 남산의 4.57(류, 1992)보다는 높았으며 북한산(박 등, 1987)과는 비슷하여 대체로 서울의 도시림과 근사치를 나타내고 있는 산성토양이었고, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺의 함량은 우리나라 삼림토양의 평균치 뿐 아니라 서울의 다른 도시림에 비해 훨씬 낮은 값이었다. 유기물함량은 4.0%로 창덕궁후원의 4.14

% (오와 이, 1986), 남산의 4.35% (류, 1992)보다 낮았고 선정릉의 3.08% (이 등, 1987), 종묘의 2.01% (이 등, 1988), 우리나라 삼림토양의 평균치 3.02% (이, 1981)보다 높았다. 따라서 현재의 숲이 녹지자연도등급 8, 9로 발전되도록 하기 위해서는 토양조건을 좋게 유지하는 관리대책이 필요한데 우선 낙엽층과 유기물층을 보호하기 위해 목재생산을 주로 하는 경제림적사고에 의한 무육작업형태로 현재 진행되는 밑각기작업, 낙엽층제거를 중단해야 하며 이용객에 의해 식생이 파괴된 곳의 토양개량작업이 요구된다.

각 조사구의 토양성질, 종다양도(H'), 최대종다양도(H'max)와 DCA 제1, 2축과의 상관관계를 나타낸 것이 Tab. 4이다.

Ca⁺⁺ 함량과 토양수분은 제1축의 score와 부의 상관관계가 인정되었고 K⁺ 함량은 제2축의 score와 정의 상관관계가 인정되었으며 H'는 제2축과 부의 상관관계가 인정되었다. H'는 자연식생군집인 신갈나무군집에 이르러 증가하는 것으로 나타나 자연식생군집으로의 천이 진행에 따른 종다양성의 증가를 알 수 있었다.

Tab. 4. Correlation between environmental variables and DCA stand score of the first and second axes.

	1st axis	2nd axis
Humus	-0.7020	.2744
Moisture	-0.3037*	.0229
pH	-0.0979	-.2534
K ⁺	.1141	.3612*
Ca ⁺⁺	-.3762*	-.0870
Mg ⁺⁺	-.2793	.0741
H'	.2590	-.3816*
H'max	.1705	-.2174

1-tailed significant, *: p < 0.05

5) 종다양성지수

Tab. 5는 TWINSpan에 의해 분리된 4개의 군집별로 종다양성을 나타낸 것으로 자생식물군집인 신갈나무의 IV.가 가장 높은 군집에서 높은 종다양도를 나타내었고 인공식생군집인 아까시나무군집에서 가장 낮은 종다양도값을 나타냈다.

Tab. 5. Values of various diversity of each community for classified type by TWINSpan.

Site	H'	J'	D	H'max
A	1.0722	0.7577	0.2423	1.4150
B	1.2554	0.8067	0.1933	1.5563
C	1.0242	0.6805	0.3195	1.5051
D	0.9903	0.7175	0.2825	1.3802

최대종다양도에 대한 종다양도의 비율이 높은 군집일수록 안정상태에 도달된 정도가 높다고 하였는데 (이 등, 1990a), 본 조사지에서는 군집 B가 가장 높았고 그 다음이 군집 A이었다. 따라서 종다양성을 높이기 위해서는 자생식생군집으로의 식생관리가 필요함을 알 수 있다.

3. 인위적간섭에 의한 토양 및 식생의 변화

1) 이용객의 답압에 의한 변화

본 연구대상지 중 이용객의 답압에 의한 식생 파괴의 정도가 심한 지역은 접근성이 용이한 중앙구와 성동구에 있는 용마공원(조사지 I)과 아차공원(조사지 II)이다. Frisell(1978)의 시각적 환경피해도 등급에 따라 조사지 I, II의 피해 범위를 나타낸 것은 Fig. 5이고, 환경피해도 등급별 피해면적을 나타낸 것이 Tab. 6이다.

조사지 I은 총 10,357m²가 피해를 받고 있고 그 중 파괴정도가 매우 심각한 환경피해도 등급 5지역은 4,842m²로 전체의 46.8%를 나타내고 있다. 파괴의 원인은 주로 소풍객 등 단체 이용으로 나지화되면서 강우로 인해 토양이 유실되어 그 피해정도가 가중되고 있으며 환경피해도 등급 2, 3지역은 휴식공간을 찾아 이용객이 삼림내부로 들어오면서 피해가 나타나고 있어 이용지역과 이용을 하지 않는 삼림지역간의 경계구분이 요구된다. 조사지 II는 목재평상 등이 설치되면서 이용객의 답압으로 인해 식생의 파괴가 일어나고 있으며 환경피해도 등급 5지역의 대부분이 이러한 곳이다. 또한 환경피해도 등급 2, 3지역은 이러한 시설이 있는 주위의 삼림으로 이용객이 점점 삼림내부로 몰리면서 파괴가 일어난 곳이다.

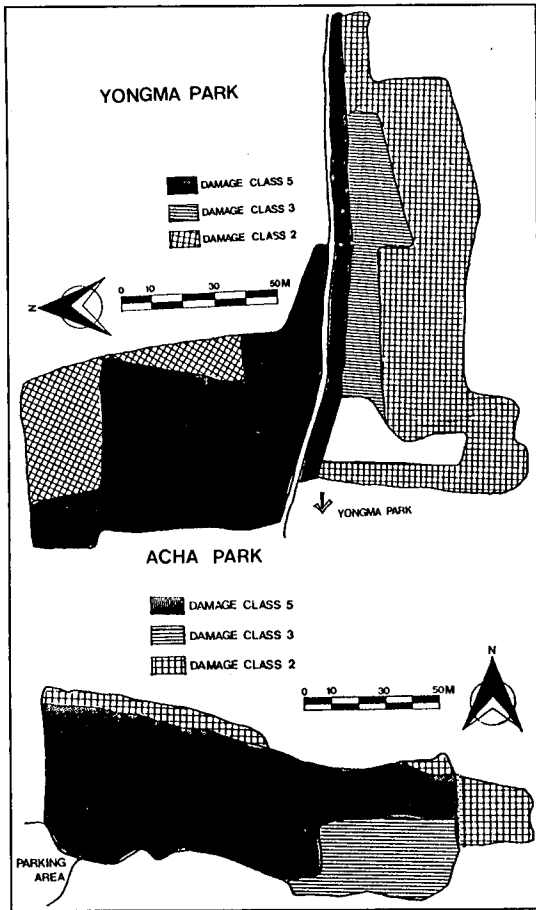


Fig. 5. Area of impact rating class in Yongma and Acha park.

Tab. 6. Vegetation deterioration area by Frissell's damage class in Acha park and Yongma park.

Site	(Unit: m ²)	
	Yongma park	Acha park
Damage class 2	4,576	1,185
Damage class 3	939	1,051
Damage class 5	4,842	4,323
Total	10,357	6,559

Tab. 7은 조사지 I, II의 종수, 개체수, 종다양도지수를 나타낸 것이다. 수종수에 있어 조사지 I에서 무피해지 18종, 경피해지 12종, 심피해지 9종으로 이용객의 답압에 의해 수종감소가 심하였다. 또한 개체수에서는 무피해지 205주, 경피해

지 180주, 심피해지 139주로 나타났다. 조사지 II에서는 종수의 변화가 피해정도에 따라 더욱 급격히 감소하였고, 개체수에서는 무피해지→경피해지→심피해지로 갈수록 417→279→73주로 급격한 감소를 보였다. 그리고 양조사지 모두 관목층의 개체수가 눈에 띄게 감소하였는데, 특히 조사지 II에서는 피해정도가 심해질수록 개체수가 350→215→0주로 나타났다. Frisell et al.(1965), Cole(1978)은 이용객의 답압이 심한 야영장에서, 이용밀도가 증가할수록 하층의 종수와 관목의 피해가 증가된다고 보고하였고 국내에서 안(1986), 이 등(1987)도 같은 결과를 보고하였는데 본 조사지에서도 일치하는 경향을 보였다. 종다양도는 조사지 I, II의 무피해지에서 가장 높은 값을 나타내었고 심피해지에서 가장 낮은 값을 보였다. 우점도는 조사지 I, II의 심피해지에서 0.4075, 0.8956으로 가장 높았는데 이것은 식물종구성이 인간의 간섭으로 단순화 되면서 소수의 종만이 남은 결과이었다.

Fig. 6은 조사지 I, II에서의 피해정도에 따른 토양경도의 변화를 나타낸 것이다. 토양경도는 토양의 역학적성질로써 토양내로의 뿌리의 신장, 수분의 투과, 통기성과 관련되며 대체로 27~30kg/cm²정도가 되면 초본류의 성장조차도 어려운 경우가 많은데(Frisell, 1978), 조사지 I에서는 심피해지 115.5kg/cm², 경피해지 15.4kg/cm², 무피

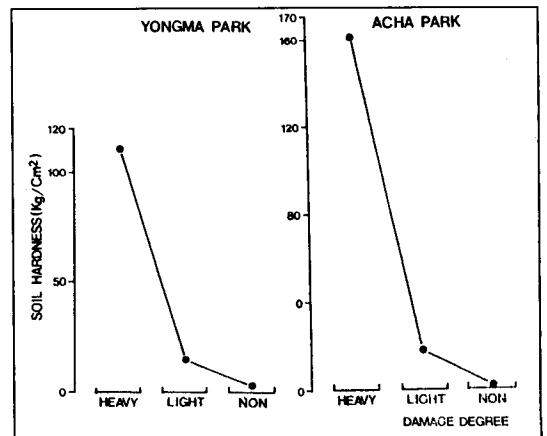


Fig. 6. Change of soil hardness by damage degree in Yongma and Acha park.

Tab. 7. Values of various diversity indices, number of species and individual by damage degree in site I, II.

		(Per 500m ²)					
Damage	degree	H'	J'	D	H' max	No. of species	No. of individual
I	Non	0.8691	0.6924	0.3076	1.2253	18	205
	Slight	0.8864	0.8214	0.1786	1.0792	12	180
	Heavy	0.5654	0.5925	0.4075	0.9542	9	139
II	Non	0.6794	0.6523	0.3477	1.0414	11	417
	Slight	0.7788	0.7788	0.2212	1.0000	10	279
	Heavy	0.0314	0.1044	0.8956	0.3010	2	73

해지 2.3kg/cm²이었고 조사지 II에서는 심피해지 160.4kg/cm², 경피해지 19.9kg/cm², 무피해지 1.3kg/cm²이었다. 따라서 양조사지 모두 심피해지에서 현상대로 이용이 계속 될 경우 수목의 고사가 예상되며, 나지의 면적이 더욱 증가될 것이므로 경화된 토양의 파쇄작업 실시, 분쇄목(shredded bark)의 피복, 식생도입을 통해 토양경도를 완화해 주어야 할 것이다.

2) 부적절한 관리에 의한 변화

도시자연공원중 2차천이의 진행으로 자연식생이 양호하게 발달한 도시림은 도시환경조절 및 생물종다양성 증진이 관리목표가 되어야 한다. 그러나 최근들어 목재생산을 주로하는 경제림적 사고로 인해 아까시나무, 현사시나무, 리기다소나무, 물오리나무 등의 인공조림지의 관목층에서 새로이 활착하기 시작한 자생수종들을 제거하거나 간벌을 한후 잣나무 등을 식재함으로써 도시림이 종다양성이 낮아 생태적으로 불안정하며 유지관리비가 많이 소요되는 등 도시림관리의 문제점으로 제시되고 있는데, 본 연구 대상지에서도 이러한 것이 문제점으로 나타나고 있다.

Tab. 8은 밀착기작업과 개별후 인공식재수종인 잣나무를 식재한 지역의 일정면적 단일(500m²)에서의 종다양성지수, 종수의 변화를 나타낸 것이다.

조사지 I, II는 용마자연공원의 삼림으로 이용객의 접근이 용이하고 배드민턴장과 약수터 등이 있는 곳으로 밀착기작업지와 무작업지를 비교한 것이다. 종다양도(H')에서 각각 0.8183, 0.3965로 큰 차이를 보였다. 또한 최대종다양도(H' max)에 대한 종다양도의 비율이 낮아 밀착기작업지가 불안정함을 보였으며 종수에 있어서도 4종이 감소됨을 알 수 있다. 조사지 III, IV는 아차

Tab. 8. Comparison of values of various diversity indices and number of species in non-undercutting area(I), undercutting area(II) and *Pinus koraiensis* non-planting area(III), planting area(IV).

(Per 500m ²)					
Site	H'	J'	D	H' max	Number of species
I	0.8081	0.7858	0.2142	1.0414	11
II	0.3965	0.4692	0.1508	0.8451	7
III	0.9905	0.7613	0.2387	1.3010	20
IV	0.2195	0.2598	0.7402	0.8451	7

산자연공원 긴고랑지구 삼림으로 최근 등산로 정비와 운동시설 등을 설치하고 있는 곳으로 조사지 III은 밀착기작업과 개별작업이 일어나지 않은 곳이고, 조사지 IV는 밀착기작업과 아울러 기존의 아까시나무와 리기다소나무를 개별하고 잣나무를 인공식재한 지역이다. 종다양도, 균제도, 최대종다양도가 IV지역이 III지역에 비해 낮았는데 특히 종수가 20종에서 7종으로 현격히 감소되어 잣나무 인공식재가 생태적인 불안정 상황을 초래하고 있음을 알 수 있다. 또한 잣나무는 중부지방에서 해발 1,000m이상의 고산이나 경기이북의 기온이 낮은 지역에 분포하고 있는 수종(임업시험장, 1973)으로 서울과 같은 도시열섬화현상이 일어나는 곳에서는 생육이 불안정하므로 식재를 피해야 하는 수종인 것이다.

IV. 결론 및 제언

1. 식생관리

앞서 제시한 생태학적 연구결과를 토대로한 식

물 종다양성 증진을 위한 도시림 관리방안을 제시함에 있어 다음과 같은 두가지 전제조건을 기본으로 하고 있다.

첫째, 환경오염물질을 흡착하고 대기를 정화시키는 도시림의 환경보전적인 측면에서의 기능에 대한 중요성을 우선해야 한다. 특히 20~30여년 전에 사방녹화로 식재된 현사시나무, 아까시나무 등은 환경오염물질 정화와 흡착기능이 높고, 오염된 환경에 대한 적응성이 높는데 서울의 도시림환경은 갈수록 나빠져 생물의 종다양성이 떨어지고 있는 불안정한 생태계이므로 존재하는 모든 식생을 있는 그대로 보호하면서 다른 자생식생을

도입하고 유지시키는 관리이다. 둘째는, 도시녹지 특히 도시림의 관리에서 가장 큰 문제로 대두되는 대부분의 관리인들이 갖고 있는 목재생산을 주로 하는 경제림관리 사고와 생태학적 지식의 결여로 나타나는 문제점에 대한 대안적인 관리방법을 필요로 한다는 것이다. 즉 경제림적 삼림관리는 인간이 원하는 용도를 가진 나무만을 정해서 그들이 잘 자라게 하기 위해 농약투여, 밀각기작업 등으로 다른 생물종을 없애게 되어 생태계의 생산자→소비자→분해자 연결고리를 끊게 되므로 불안정한 생태계를 초래한다. 그러나 도시림의 식생은 경제적 가치가 떨어지는 수종이고, 경제성, 생산성을 요구하고 있지도 않은 상황이므로 현재의 식생구조와 앞으로의 식생의 변화관계를 토대로한 생태학적 관리를 필요로 하는 것이다.

본 연구대상지의 식생은 크게 능선부를 중심으로 등산을 위주로의 활동이 일어나고 있는 지역(I), 인근주택가에 인접하여 접근성이 용이한 시설공원지역(II), 긴 계곡을 중심으로한 지역(III), 구리시와 서울시 인접으로 배드민턴 등의 레크레이션이 이루어지는 지역(IV), 운동시설과 약수터 등이 위치하여 가장 많은 이용행위가 이루어지는 망우리공원묘지 주변의 지역(V)으로 살펴볼수 있다. 이에대한 관리계획을 Fig. 7과 같이 제시하였다.

2 이용객영향에 의한 식생파괴지의 회복방안

이용객의 답압에 의해 식생파괴가 심하게 일어나고 있는 용마공원과 아차공원을 중심으로 식생회복 방안을 제시하면 다음과 같다.

용마공원의 경우 파괴된 지역의 보호를 위해 이용객을 전면 통제한다는 것은 사실상 어려운 일이나 부분적으로 구획을 지어 이용제한지역과 허용지역을 나누어야 할 것이다. Fig. 8에서 보는 것과 같이 등산로 주위의 식생이 전면 파괴됨으로써 삼림내부로의 진입이 용이해져 파괴의 범위가 더욱 넓어지고 있으므로 등산로 주위에 주연부수종을 이용한 식재를 통해 주변 삼림내부로의 이용확산을 막는 방안과 운동, 휴식시설이 위치

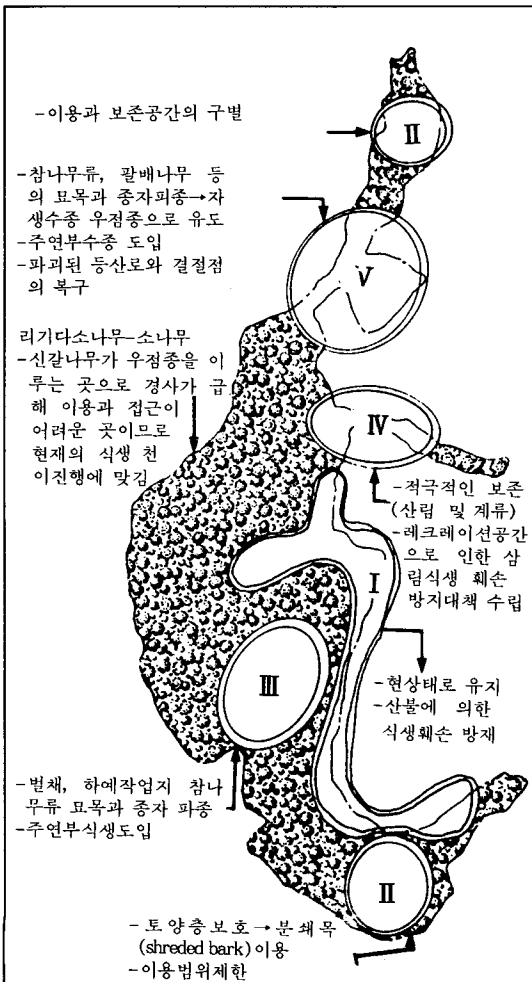


Fig. 7. The plan of the vegetation management in Mt. Acha and Mt. Yongma forest.

한 지역 A주위의 식생은 자생수종인 신갈나무가 우점종인 삼림의 보존이 필요로 하는 곳이므로 지역 A 주변으로의 출입을 통제하는 방안이 강구 되어야 할 것이다. 또한 현재의 환경피해정도가 등급 5, 등급 3, 등급 2 등으로 나타나고 있으므로 등급 5지역은 토양의 파쇄작업과 아울러 신갈나무 위주로 묘목식재와 종자파종을 실시하고, 신갈나무림 관목층에서 나타나는 노린재나무, 조록싸리, 국수나무, 팔배나무 등의 식생을 식재하거나 종자를 파종해야 할 것이다. 등급 3, 등급 2

지역도 낙엽층을 보호함과 동시에 파괴된 관목층에 참나무류의 종자와 묘목식재를 하여 신갈나무 중심의 삼림을 회복시켜야 할 것이다. 한편 지역 B, C의 경우는 평탄지와 경사지가 만나면서 경사지 위쪽의 식생은 파괴가 덜 일어나고 있고(지역 B), 평탄지 식생은 파괴가 심하게 일어나고 있다(지역 C). 교목상층 우점 수종은 상수리나무, 소나무이고 관목층식생은 완전히 파괴된 곳이므로 이 지역을 이용할 수 있는 공간으로 공개하되 더 이상의 토양유실을 방지하기 위해 분쇄목을 이용하여 토양층과 낙엽층을 보호하고 이용도 용이하게 하는 것이 바람직할 것으로 본다.

아차산공원의 경우는 이용의 통제나 제한이 힘든 공간구성을 나타내고 있는 소나무 우점종의 지역이므로 계속적인 파괴지역의 확산을 막는 방향으로 관리가 필요하리라 본다. 따라서 Fig. 9과 같이 등급 2, 3인 지역 A주위로 주변부식생을 활착시켜 이용확산을 금지시키고 등급 5인 지역 B는 분쇄목으로 지표면을 피복시키는 것이 필요하다.

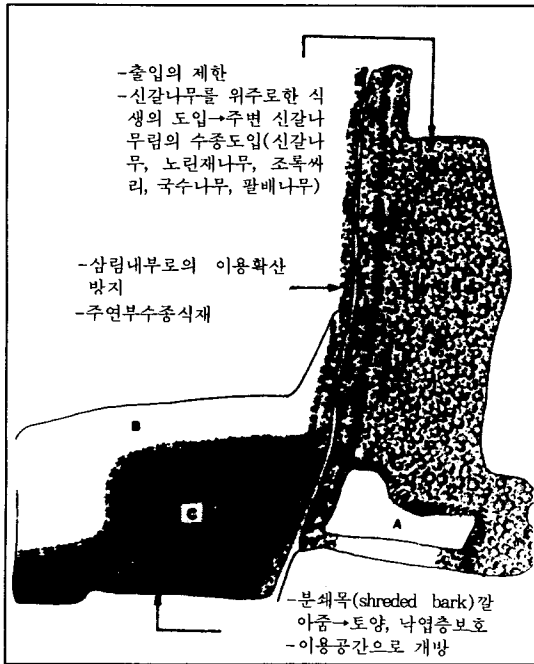


Fig. 8. Restoration of the vegetation deterioration area in Yongma park.

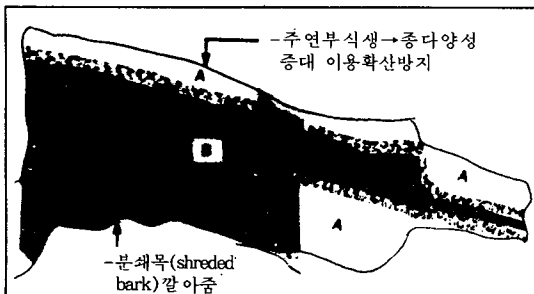


Fig. 9. Restoration of vegetation deterioration area in Acha park.

인 용 문 헌

1. 기상청 (1991) 『한국기후표(Ⅱ)』, 서울: 418.
2. 김준호, 강운순, 이승우, 조강현, 김용택, 하사현, 민병미 (1989) "인간간섭하의 수도권 그린벨트내 식물군집의 동태 -삼림군집의 구조와 이차천이-", 『한생태지』 12(4): 209-218.
3. 농업기술연구소 (1988) 『토양화학분석법 -토양·식물체·토양미생물-』, 농촌진흥청: 450.
4. 류창희 (1992) 『수도권지역 환경오염에 의한 수목 및 식물군집피해 판단에 관한 연구』, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문: 84.
5. 박인협 (1985) 『백운산지역 천연림생태계의 삼림구조 및 물질생산에 관한 연구』, 서울대학교 대학원 박사학위논문: 48.
6. 박인협, 이경재, 조재창 (1987) "북한산지역의 삼림군집 구조에 관한 연구", 『용용생태연구』 1(1): 1-23.
7. 안준수 (1986) 『금오산지역에서의 레크레이션 행위가 토양 및 식생에 미치는 영향』, 영남대학교 환경대학원 석사학위논문: 33.
8. 오구균, 이경재 (1986) "창덕궁후원 자연식생의 식물사회학적연구", 『한국조경학회지』 14(2): 27-

9. 오구균 (1991) "도시녹지의 생태적관리", 『도시 산림 환경 심포지움』, 한국조경학회: 86-109.
10. 오충현 (1992) 『도시녹지의 생태학적 조성 및 관리방안에 관한 연구』, 서울시립대학교 대학원 석사학위논문: 86.
11. 이경재, 오구균, 권영선 (1987) "선정릉의 적정수용능력 추정 및 관리방안 (I) - 토양환경 및 식생 분석-", 『한국조경학회지』, 14(3): 33-46.
12. 이경재, 오구균, 조현길 (1988) "종묘의 식물군집 구조 및 관리대책에 관한 연구", 『한국조경학회지』, 15(3): 21-32.
13. 이경재, 조재창, 이봉수, 이도석 (1990a) "광릉삼림의 식물군집구조 (I) - Classification 및 Ordination 방법에 의한 소리봉지역의 삼림군집구조분석-", 『한국임학회지』, 79(2): 173-186.
14. 이경재, 박인협, 조재창, 오충현 (1990b) "속리산 삼림군집구조에 관한 연구 (II) - Classification 및 Ordination 방법에 의한 식생분석-", 『응용생태연구』, 4(1): 33-43.
15. 이경재 (1990) "서울도시림의 현황과 효율적 관리방안", 『서울의 환경보전 현황과 대책』, 서울대 환경대학원: 107-120.
16. 이경재 (1991) "도시경관림의 조성 및 관리", 『한국조경학회 조경생태분과위원회 세미나 - 환경보호와 관리-』, 한국조경학회: 22-25.
17. 이수옥 (1981) "한국의 삼림토양에 관한 연구 (II)", 『한국임학회지』, 54: 25-35.
18. 임업시험장 (1973) 『한국수목도감』, 서울: 230.
19. Brower, T. E. and J. H. Zar (1977) *Field and laboratory methods for general ecology*, Wm. C. Brown Company Publ, Iowa: 194.
20. Cole, D. N. (1978) "Reducing the impact of hikers on vegetation: an application of analytical research methods", In Proc., *Recreational impact on wildlands* Conf., Oct. Oct. 27-29: 71-78.
21. Curtis, J. T. and R. P. McIntosh (1951) "An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin", *Ecology*, 32: 476-496.
22. Frissel, S. S. and D. P. Vuncan (1965) "Campsite preference and deterioration in the Quetico-Superior Canoe country", *J. of Forestry*, 63: 256-260.
23. Frissel, S. S. (1978) "Judging recreation impacts on wildland campsites", *J. of Forestry*, 76: 481-483.
24. Gustavsson, R. (1982) "Nature on our doorstep", *Landscape Design*: 21-23.
25. Hill, M. O. (1979a) *DECORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging*, Ecology and Systematics, Cornell Univ., Ithaca, N.Y.: 52.
26. Hill, M. O. (1979b) *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., Ithaca, N.Y.: 99.
27. Hough, M. (1990) "Formed by natural process - Definition of the green city-", Gordon, D., editor, *Green cities*, Black Rose Books, N.Y.: 15-20.
28. Pielou, E. C. (1975) *Ecological diversity*, John Wiley & Sons, N.Y.: 165.
29. Tregay, R. (1979) "Urban woodlands, C. Laurie, editor, *Nature in cities*, John Wiley & Sons, N.Y.: 267-296.