수도권 지역의 신갈나무군집 복원모형*

강현경* · 방광자**

*상명대학교 대학원 환경자원학과 · **상명대학교 환경원예조경학부

Restoration Model of *Quercus mongolica* Community in the Case of Korean National Capital Region

Kang, Hyun-Kyoung* · Bang, Kwang-Ja**

*Dept. of Environmental Plant Resources, Graduate School of Sangmyung University
**Dept. of Environmental Horticulture and Landscape Architecture, Sangmyung University

ABSTRACT

The purpose of this study is to figure out the structural characteristics of urban plant community and suggest restoration model of *Quercus mongolica* in the case of Korean National Capital Region. The investigation areas were selected from urban area of Mt. Nam at Chung-Gu, suburban areas of Mt. Bong at Eunpyoung-Gu, Mt. Sungju at Buchon City and non-urban areas of Mt. Suri at Kunpu City and Mt. Chonma at Namyangju-City.

After the main study field had been classified into the evaluation of the ecological characteristics and the modeling of the vegetation. We analyzed to evaluate the ecological characteristics of the forest structure -- successional stage, naturalness, multi-layer structure of the forest and species diversity, and the plant community structures. We have proposed vegetation restoration model based on the selection of proper plants, the number of individuals, diameter short area of breast height, the shortest distance between plants in non-urban area.

As for successional stage, It was judged that the ecological succession may not be followed like the present stage of the surveyed areas in urban, suburban and non-urban areas.

As for the retention of naturalness and multi-layer structure of vegetation. In *Quercus mongolica* community, *Robinia pseudo-acacia* and *Ailanthus altissima* occurred in each layers at Mt. Nam, Mt. Bong and Mt. Sungju, and *Eupatorium rugosum* occurred in herbaceous layer at Mt. Nam. Consequently, the ecological restoration plan following the structure of the vegetation in Mt. Chonma seemed to be advisable in Q. mongolica community, there were less number of species and individuals in urban areas

*. 이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2000-G00003).

than those of non-urban areas. Planting of trees following the simulated native plant community of non-urban areas seemed to be required to promote the plants in urban areas.

Considering the number of individuals up to three layers in each 400m^2 area, it was composed of twenty nine in canopy layer, forty nine in understory layer, 367 in shrub layer and 33.7% herbaceous ground cover in the *Q. mongolica* community.

The suggested restoration model in this study is an applicable model for the introduction in the cities, and this study shows that continuous experiments and field investigation on this model should be performed in the future.

Key Words : Ecological Characteristics, Vegetation Restoration Model, Native Plant Community

I. 서론

1992년 UN환경개발회의에서 세계적인 환경위기에 맞서 제시된 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발개념인 ESSD(Environmentally Sound and Sustainable Development)가 국제적인 관심도가 집중되면서 친환경적인 도시성장의 필요성이 대두되고 있다.

이런 연장선상에서 특히, 21세기는 지속가능한 도시성장을 위하여 자연친화적이며 생태적인 도시생태계의 복원을 통한 계획의 제시가 요구되고 있다(김귀곤, 1998). 이는 도시개발이나 환경오염의 악화에 따라 도시민들에게 도시녹지에 대한 필요성과 이용욕구가 높아지게 되면서 훼손된 도시녹지의 복원 및 자연친화적인 계획요소를 부가한 생태도시로서의 자리매김을 하고 있는 것이다.

현재, 도시녹지는 인간의 교란에 따른 파편화, 고립화 등으로 서식지로서의 가치보다는 개발의 논리가 앞서서 훼손되거나 소멸된 곳들이 많다(김귀곤 등, 2000). 또한, 도시내부 기온상승에 따른 도시열섬화, 건조화 및 식재, 벌목 등의 인간간섭에 의하여 도시녹지의 형태가 자연림과는 전혀 다른 종조성을 나타내게 되었다.

특히, 환경오염 및 도시화의 가속화에 따른 도시 산림생태계내 자생식물군집의 파괴로 인하여 생물종다양성이 낮아지고, 식생구조의 불균형을 초래하였으며 단일수종에 의하여 우점하는 현상을 나타내고 있다(Hough, 1983). 이러한 현상은 산림생태계내 목본식물 및 민감성이 높은 초본식물에서 환경오염에 의한 쇠퇴징후의 심각성이 표면화되면서 자연성 회복을 위한 구체적인 복원모델의 제시가 요구되고 있다.

1990년대 이후 도시산림에 대한 복원의 접근방법이 생태적 다양성, 생물다양성, 원식생의 복원 등으로 구분되어 연구들이 진행되고 있다(Rydberg and Falck, 2000). 특히, 도시녹지의 생태적 안정성을 고려한 도시녹지 조성 및 관리기법의 개발이 요구됨에 따라 이경재 등(1993; 1994)은 서울을 중심으로 한 훼손된 생태계의 식생복원에 대한 연구를 통해 도시지역의 녹지복원용 수종선발, 녹지내 식생의 생태적 층위구조를 고려한 식생도입방안 및 도시녹지의 종다양성 증진을 위한 식생관리 및 녹지조성방안을 제시하였다. 따라서 도시녹지를 안정상태로 유지하기 위해서는 우선 종다양성이 높은 자연림으로 변화하도록 유도하거나, 훼손이전의 상태로 복원을 하는 것으로, 교란되지 않은 자연생태계의 특성을 파악한 후 복원계획이 이루어져야 할 것이다.

이러한 시점에서 본 연구는 서울 도시녹지의 자연림 중 가장 넓은 면적을 차지하고 있는(서울시, 2000) 신갈나무군집을 중심으로 서울의 도심녹지로서 중구 남산, 서울 외곽녹지인 서울시 은평구 봉산과 경기도 부천시 성주산, 자연성이 양호한 경기도 군포시 수리산과 남양주시 천마산을 대상으로 수도권 지역의 식생조사를 실시하였다. 그 결과를 토대로 각 조사지별 목본, 초본 식물군집구조의 비교 · 분석을 통하여 서울시 신

갈나무군집의 식생구조 특성 및 친환경적인 복원모델을 제안하고자 하였다. 즉, 본 연구에서 제시하고자 하는 복원모델은 현존하는 신갈나무 자연림의 식생현황에 따른 도입가능한 모델로서 도심지역을 포함한 수도권 지역의 신갈나무군집의 식생구조, 종다양성, 층위별 종조성 등의 생태적 특성파악 및 현황을 토대로 한 도시녹지의 자연성 복원을 위한 목적에서 실시하였다

II. 연구범위 및 방법

1. 연구대상지

본 연구대상지는 도시지역과 비도시지역으로 대별하였으며 도시지역은 도심녹지와 외곽녹지로 세분화하였다. 식생유형은 신갈나무군집으로 하예작업이 이루어지지 않은 지역으로 한정하였다. 구체적인 연구대상지를 살펴보면(표 1 참조) 도심녹지의 유형으로 서울중심부의 대표적인 녹지인 남산, 봉산과 성주산은 도시외곽지역의 대규모녹지대로서 도심내부녹지보다 자연림의 비율이 높으며, 비도시녹지인 수리산과 천마산은 인위적 간섭이 비교적 적고, 인공림보다 자연림의 비율이 높아서 도시녹지 복원모델 선정에 적절할 것으로 판단되었다.

표 1 신갈나무군집의 연구대상지

구 분		연구대상지
도심녹지	도시지역	1. 서울시 중구 남산
	외곽녹지	2 서울시 은평구 봉산
		3. 경기도 부천시 성주산
비도시지역		4. 경기도 군포시 수리산
		5 경기도 남양주시 천마산

2. 식물군집구조분석

식생조사는 조사구내 출현하는 목본수종 중 흉고직경 2cm이상을 교목층, 아교목층, 그 이하를 관목층으로 구분하였으며 수고는 8m이상을 교목층, 8m이하는 아교목층, 3m이하를 관목층으로 구분하였다. 교목층과 아교목층은 수종명과 흉고직경을, 관목층은 수관투영면적을 측정하였다(박인협, 1985).

조사구는 방형구법(quardrats method)을 이용하여 20m×20m(400㎡)를 설정하였으며 초본층은 Braun-Blanquet(1964)방법에 의거하여 우점도(dominance)와 군도(sociability)를 구하였다.

식생조사자료를 토대로 Curtis and McIntosh(1951)방법에 의거하여 상대우점치(importance value: I.V.), 평균상대우점치(mean importance value: M.I.V.)를 구하였고, 희귀종(rare species)을 강조한 Shannon지수(Pielou, 1975)에 따라 종다양도 지수를 구하였으며 흉고단면적 분석을 실시하였다.

$$\text{상대우점치} = \frac{\text{상대밀도}+\text{상대피도}}{2} \qquad (\text{식 } 1)$$

$$\text{평균상대우점치} = \frac{(3\times\text{교목층 상대우점치}+2\times\text{아교목층 상대우점치}+1\times\text{관목층 상대우점치})}{6} \qquad (\text{식 } 2)$$

또한, 식생자료를 기초로 하여 서열(ordination) 분석은 Hill(1979a)의 DCA(Detrended Correspondence Analysis: DCA), 분류(Classification)분석은 TWINSPAN(two way indicator species analysis: TWINSPAN)(Hill, 1979b)방법을 이용하였다. 이상의 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태발전연구실에서 개발한 PDAP(Plant Data Analysis Package. PDAP)와 SPSS/PC+(SPSS Inc., 1994)을 사용하였다.

3. 생태적 특성을 고려한 식생모델

생태적 특성을 고려한 식생모델 제안을 위하여 연구대상지별 층위별 상대우점치, 조사지내 귀화식물 분포현황, 종다양성을 비교·분석하여 비도시지역 중 자생성이 높고, 다층구조를 이루고 있는 군집을 선정하여 동일한 수종, 규격, 간격 등을 매치하는 방법을 선택하였다. 즉, 식생군집의 복원을 위해서는 천이계열에 따른 자연식생의 유도, 자생수종을 이용한 생태적인 종조성, 다층적인 식생구조가 가장 바람직하다고 제안하였

다(김세천과 김창환, 1998; Cole and Mullard, 1982). 생태적 특성 분석은 20m×20m(400㎡)면적을 대상으로 식물군집구조분석, 서열(ordination) 및 분류(classification)분석을 실시하여 상대우점치, 종다양도, 출현종수 및 개체수, 흉고단면적을 제시하였다. 또한, 생태적 적정식물 선정을 위하여 자연성이 높은 군집내 층위별 종조성을 파악하여 목본 및 초본내 자생종을 선정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 조사지 개황

연구대상지별 기상현황은 서울시와 인천시의 기상자료를 참조하였으며(기상청, 1991), 최근 30년(1961~1990년)까지의 평균기온을 살펴보면 서울 11.8℃, 인천 11.4℃이었으며 연평균강수량이 1,369.8mm, 1,142.1mm로 전체 강수량의 약 70%가량이 여름에 집중하는 여름집중강우형이었다.

연구대상지별 일반적 개황을 살펴보면, 남산은 서울을 상징하는 대표적 도시녹지라는 측면에서 산림식생의 보전 및 훼손된 생태계의 복원이 필요한 지역이다. 남산 산림면적 중 아까시나무림이 19.8%로 가장 많은 면적을 차지하고 있으며 신갈나무군집이 17.5%를 차지한다(조우, 1995). 본 조사구의 해발고는 160~220m로 북동쪽에 위치하였으며, 교목층의 수고는 14~16m, 교목층의 울폐도가 85%로 가장 높았고, 아교목층은 30~70%, 관목층은 20~60%를 나타내었다.

봉산은 도시 생태학적인 측면에서 북한산과 한강으로 연결되는 서울 서부의 외곽 환상녹지축의 일부로서(오충현과 이경재, 2000) 난지도, 매봉산, 상암산과 인접해 있다. 그러나 최근 월드컵 주경기장 및 상암동 새서울 타운 계획에 의해 상암산, 매봉산의 개발이 이루어지고 있으며 기존의 갈참나무, 상수리나무 등 자생수종의 면적이 감소되어 귀화종에 의한 생태적 교란이 예상되는 지역이다. 본 조사구는 신갈나무군집을 중심으로 해발 115~150m로 낮은 지대였다. 신갈나무를 중심으로한 교목층의 평균수고는 14~16m로서 울폐도는 50~85%이며 아교목층은 30~70%, 관목층의 평균울폐도는 15%, 초본층은 평균 5~6%로 낮은 피복율을 나타내었다.

성주산은 경기도 부천시 남쪽에 위치하며 주능선 남쪽 사면은 시흥시에 속한다. 동쪽의 둔덕산과 원미산을 중심으로 분포하며, 표고 50~217m로 동서로 길게 뻗어 있다(부천시, 1997). 조사구별 일반적 개황은 각 조사구가 표고 90~110m에 위치하며 북동쪽으로 경사는 25~30°로 급한 편이다. 교목층의 평균수고는 13~15m이며, 평균흉고직경은 17~21cm이고, 80~85%의 높은 울폐도를 나타내었다. 아교목층은 15~20%, 관목층은 20~30%의 울폐도, 초본층은 평균 15%의 피복율을 나타내었다.

수리산은 태을봉(해발 489m)을 중심으로 남서쪽에는 슬기봉(해발 451.5m), 북동쪽에는 관모봉(해발 426m), 북서쪽에는 수암봉(해발 395m)이 위치하고 있으며 슬기봉 일대에는 공군기지가 자리잡고 있다(민성환, 1998). 조사구는 슬기봉이 북쪽에 위치한 군포시험림으로 참나무류군집은 굴참나무를 중심으로 한 갈참나무, 신갈나무가 주요 수종이었다. 조사구별 일반적 개황은 표고 130~185m로 임도를 따라 상, 하에 분포하였으며 방위는 남서, 24~27°의 경사를 나타내었다. 교목층은 75~80%의 울폐도를 나타내었으며 아교목층 40~50%, 관목층 10~30%의 울폐도를 보였다.

천마산 일대의 신갈나무군집은 경기도 남양주시 오남면 팔현리 일대의 산림지역으로 표고현황은 245~305m범위로 경사 22~27°로서 급경사지였으며 신갈나무군집이 가장 넓은 범위로 고루 분포하였다. 조사구의 교목층 평균수고는 14~17m, 평균흉고직경 18~30cm의 대경목이었으며, 70~75%의 울폐도를 나타내었다. 아교목층 평균수고 8~10m, 평균흉고직경 8~12cm, 울폐도는 30~40%를 나타내었다. 관목층은 2m내외의 수고, 20~50%의 울폐도를 보였으며 초본층은 10~60%의 피복율을 나타내었다. 연구대상지별 표고현황은 90~305m의 비교적 낮은 지대의 사면부에 위치하였으며 교목층은 신갈나무를 중심으로 한 참나무류가 우점종이었다.

2. 식물군집구조

1) 조사구의 서열 및 분류 분석

우리나라 산림식생의 분류와 식생구조를 통해 생태적 천이방향을 예측하는데, 효과적인 기법으로서 알려진 DCA에 의한 서열(ordination)법과 TWINSPAN에 의한 분류(classification)법을 실시한 결과는 그림 1, 2와 같다. 남산(1~5), 봉산(6~10), 성주산(11~15), 수리산(16~20), 천마산(21~25) 5개지역의 총 25개 조사지의 분류 결과는 서로 유사한 경향을 나타내었다.

서열(ordination)분석에서는 남산, 봉산, 성주산의 도시지역의 신갈나무군집 그룹과 수리산, 천마산의 비도시지역의 신갈나무군집 그룹으로 나뉘어졌다. 조사지역의 분리현상은 신갈나무군집내 지형조건의 차이에 의한 분리보다는 각 조사지의 신갈나무를 중심으로 한 교목층의 하부식생으로서 아교목층과 관목층의 주요 출현종에 따른 종조성의 차이에 따라 분리할 수 있었다.

분류(classification)분석에서는 서열(ordination) 분석 결과보다 명확하지는 않았으나, 비슷한 경향으로 남산, 천마산, 성주산과 봉산, 수리산으로 각 지역별 신갈나무군집으로 분류되었다.

서열(ordination) 및 분류(classification)분석 결과를 보면, 전 조사지의 절대적인 우점종은 신갈나무였으며, 아교목층과 관목층에서 도시지역, 비도시지역별 종조성의 차이를 명확하게 나타내고 있는 것으로 판단되었다.

기존의 연구(奥田重俊, 1985)에서 자연식생 혹은 자연성이 높은 식생의 종조성 및 환경실태 파악을 강조하고, 그 지역의 기초적인 정보가 자연성 회복, 천이, 경관계획 등 생태적으로 중요한 의미를 가진다고 밝힌

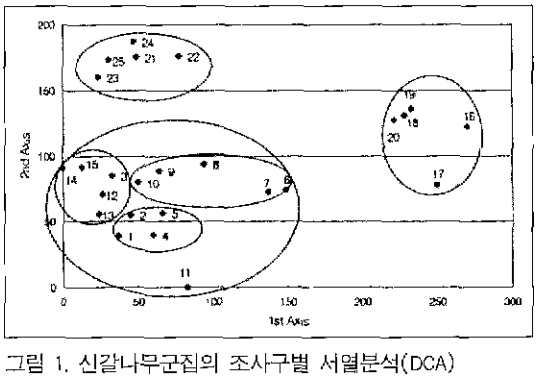


그림 1. 신갈나무군집의 조사구별 서열분석(DCA)

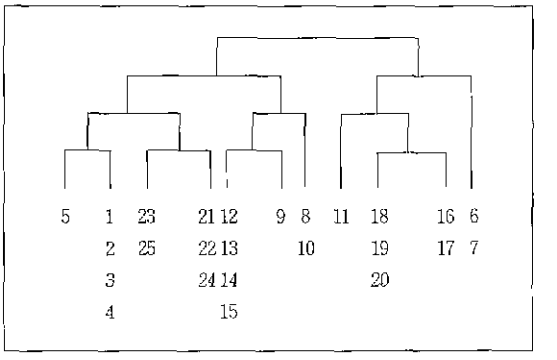


그림 2. 신갈나무군집의 조사구별 분류분석(TWINSPAN)

바 있다. 즉, 자연성 회복을 위한 식생모델 방안에 있어서 각 지역의 종조성의 차이를 밝히고, 자연성이 높은 지역에서 출현하는 종의 생태적 특성 및 그 지역의 환경조건을 밝히는 것이 필수적이다.

2) 상대우점치 분석

상대우점치 분석결과, 조사지 전 지역의 신갈나무군집은 더이상 천이진행이 이루어지지 않고, 현상태를 유지할 것으로 판단할 수 있었다. 종조성의 전체적인 경향은 교목층은 신갈나무, 아교목층은 신갈나무, 팥배나무, 쪽동백나무가 주요수종이었으며 관목층과 초본층에서 지역별 종조성 및 종수의 차이가 크게 나타났다. 신갈나무군집의 종조성에 관한 기존연구에서 이호준 등(1998)은 신갈나무군집에서 피복지수에 의한 계층별 우점순위는 교목층과 아교목층에 신갈나무가, 관목층에서 조록싸리, 초본층에서 단풍취가 가장 높게 나타났음을 밝혔다. 김성덕과 김윤동(1995)은 강원도 점봉산일대에 분포하는 신갈나무군집의 구조와 갱신과정에 있어 신갈나무 하부식생으로서 당단풍이 우세한 것으로 조사·보고되었고, 관목층에서는 철쭉꽃이 일부 우점하고 있었다. 또한, 식생단위유형별로 특성을 제시하였는데(조현제 등, 1998), 신갈나무군집은 최종하위단위로 고사리-싸리, 애기나리 순으로 나타났으며 군집내 개옻나무, 당단풍, 단풍취 등이 우점하는 것으로 나타났다. 송종석 등(1999)은 도시부 주변에 분포하는 자연도가 높은 산림식생의 실태, 특성을 식물사회학적으로 규명하고자 하였으며, 참나무류를 중심으로한 유형별 표징종 및 식별종을 제시하였다.

본 연구에서도 기존결과와 동일한 경향으로 파악되

었으나, 조사지의 특성상 수도권 지역이며 낮은 해발고, 지형특성상 사면부로서 초본층은 도시지역일수록 집중적으로 분포하는 1～2종에 의한 단순한 종조성 상태가 뚜렷하였다.

연구대상지별 식물군집구조 분석결과를 살펴보면, 남산 조사지에서는 신갈나무를 중심으로 팥배나무, 당단풍, 때죽나무가 주요수종으로 출현하였다. 층위별 현황은 교목층에서 신갈나무가 우점종이었으며 음나무, 팥배나무, 산벚나무, 물푸레나무, 물오리나무가 부분적으로 출현하였다. 아교목층은 팥배나무, 때죽나무, 당단풍 등이 주요수종이었다. 관목층에서는 당단풍이 우점종이었으며 팥배나무, 신갈나무, 국수나무, 덜꿩나무가 주요수종이었다. 남산의 신갈나무군집은 도시화가 가속화될수록 대기오염에 내성이 강한 팥배나무, 당단풍, 때죽나무의 세력이 커진다는 기존연구(이경재 등, 1993)와 같이 당단풍을 중심으로한 2～3종에 의하여 층위가 형성된 단순한 종조성을 보였다. 봉산 신갈나무 군집의 교목층은 평균수고 15m에 달하고, 울폐도는 85%로 신갈나무의 우점율이 높았으며 아교목층에서는 팥배나무가 우세하였다. 관목층에서도 팥배나무가 우점종이었으며 진달래, 국수나무가 주요수종이었다. 특히, 팥배나무는 도시환경에 내성이 강한 수종으로 도시녹지내 주요수종으로 확산되고 있는 경향을 나타내었다. 성주산 신갈나무군집의 상대우점치를 종합한 결과, 신갈나무를 중심으로 진달레, 팥배나무, 떡갈나무 등이 주요수종이었다. 층위별 상대우점치는 교목층에서 신갈나무가 우세하였으며, 밤나무, 떡갈나무 등이 소수로 출현하였다. 아교목층에서는 신갈나무와 팥배나무가 우점종이었으며 떡갈나무, 진달래, 개옻나무 등이 출현하였다. 관목층에서는 진달래의 세력이 우세하였으며 난티잎개암나무, 신갈나무, 개옻나무, 팥배나무 등 다양한 종이 출현하였다.

수리산은 굴참나무와 갈참나무가 우점종으로 본 군집은 차대를 형성할 극상수종들의 세력이 약해 참나무

표 2. 연구대상지별 신갈나무군집의 층위별 상대우점치

층위 / 수종명	남산				봉산				성주산				수리산				천마산			
	C[a]	U[c]	S[c]	M[d]	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M	C	U	S	M
Pinus koraiensis (잣나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	0.28
Pinus rigida (리기다소나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	4.63	5.64	-	4.20	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinus densiflora (소나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.17	0.91	-	2.89
Juniperus rigida (노간주나무)	-	-	-	-	-	1.35	1.05	0.63	-	2.57	-	0.86	-	-	-	-	-	0.51	0.16	0.20
Populus × *albaglanduiosa* (현시시나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.98	-	0.98	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-
Ulmus davidiana var. *jeponica* (느릅나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.58	0.52	0.12	0.48	-	-	-	-
Euonymus alatus for. *ciliato-dentatus*(회잎나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.66	0.11	-	-	4.47	0.75	-	0.22	0.37	0.14
Vitis coignetiae (머루)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.02
Betula davurica (물박달나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	2.98	3.15	-	2.54	-	-	-	-	4.79	1.15	-	2.78
Alnus japonica (오리나무)	-	-	-	-	1.54	-	-	0.77	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alnus hirsuta (물오리나무)	0.72	1.60	-	0.89	13.66	1.56	-	7.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carpinus laxiflora (서어나무)	-	0.37	-	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.40	0.63	-	0.91
Corylus heterophylla (난티잎개암나무)	-	-	-	-	-	2.09	1.06	0.87	-	3.06	12.98	3.18	-	0.84	4.08	0.96	-	-	-	-
Corylus sieboldiana (참개암나무)	-	-	-	-	-	-	1.24	0.21	-	-	-	-	-	1.24	12.18	2.44	-	1.43	0.55	0.57
Castanea crenata (밤나무)	-	-	-	-	4.31	1.73	2.85	3.21	8.02	1.57	3.42	5.10	1.19	7.19	1.45	3.23	-	-	-	-
Quercus acutissima (상수리나무)	-	-	-	-	1.57	1.98	0.22	1.48	3.46	3.06	0.17	2.78	1.75	-	-	0.88	-	-	-	-
Quercus variabilis (굴참나무)	-	-	-	-	-	0.37	-	0.12	0.45	-	-	0.23	62.03	18.84	1.95	37.52	-	-	-	-
Quercus dentata (떡갈나무)	-	-	-	-	-	0.34	-	0.11	6.13	9.47	0.65	6.33	-	2.34	0.28	0.83	-	-	-	-
Quercus aliena (갈참나무)	-	-	-	-	16.46	6.12	1.63	10.54	-	-	-	-	22.31	7.36	2.98	14.11	-	0.64	-	0.21
Quercus mongolica (신갈나무)	86.72	2.73	12.72	46.39	41.90	11.72	9.18	26.39	71.08	29.33	9.54	46.91	5.01	12.72	6.33	7.80	74.72	7.35	0.72	39.93
Quercus serrata (졸참나무)	-	-	-	-	1.14	-	-	0.57	-	-	-	-	3.57	6.60	1.25	4.19	8.07	9.81	-	7.31
Ulmus parvifolia (참느릅나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.28	0.86	0.24	-	0.22	-	0.07	-	-	-	-
Zelkova serrata (느티나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.21	0.51	0.16	-	-	-	-

(표 2 계속)

Morus bombycis (산뽕나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.51	-	0.17
Hovenia dulcis (헛개나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.55	3.47	2.15	1.79	-	-	-	-
Akebia quinata (으름)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.50	0.42	-	-	-	-
Cocculus trilobus (댕댕이덩굴)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.01	0.17	-	-	-	-
Lindera obtusiloba (생강나무)	-	-	0.23	0.04	-	3.77	4.36	1.98	-	4.68	4.74	2.35	-	5.81	8.29	3.32	-	9.61	32.19	8.57
Lindera erythrocarpa (비목나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.30	0.38	-	-	-	-
Deutzia prunifolia (비위밀발도리)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.10	0.02	-	-	-	-
Philadelphus schrenckii (고광나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.04	-	-	0.19	0.03	-	-	0.51	0.09
Spiraea prunifolia for. *simpliciflora*(조팝나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	0.04	-	-	-	-
Stephanandra incisa (국수나무)	-	-	11.12	1.85	-	-	7.66	1.28	-	-	-	-	-	-	6.81	1.14	-	-	15.17	2.53
Sorbus alnifolia (팔배나무)	3.52	35.84	15.87	16.35	10.02	53.64	19.95	29.55	0.53	19.09	1.88	7.44	0.58	5.76	2.74	2.67	-	4.42	5.55	2.40
Rubus crataegifolius (산딸기)	-	-	-	-	-	-	3.55	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.45	0.08
Rosa multiflora (찔레꽃)	-	-	-	-	-	-	0.28	0.05	-	-	-	-	-	-	0.34	0.06	-	-	-	-
Prunus sargentii (산벚나무)	2.39	0.80	0.38	1.53	8.79	1.75	1.64	5.25	-	0.52	0.63	0.28	2.42	4.85	4.29	3.54	3.31	9.15	0.27	4.75
Lespedeza maximowiczii (조록싸리)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.71	0.12
Lespedeza cyrtobotrya (참싸리)	-	-	-	-	-	-	0.51	0.09	-	-	0.35	0.06	-	-	-	-	-	-	0.11	0.02
Pueraria thunbergiana (칡)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.02	-	-	-	-
Maackia amurensis (다롭나무)	-	1.49	0.39	0.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	-	-	0.28
Indigofera kirilowii (땅비싸리)	-	-	-	-	-	-	0.63	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Robinia pseudo-acacia (아까시나무)	-	-	0.88	0.15	-	1.05	0.90	0.50	1.05	1.00	1.66	1.14	-	-	-	-	-	-	-	-
Zanthoxylum schinifolium (산초나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.48	0.41	0.23	-	-	-	-
Ailanthus altissima (가중나무)	-	-	-	-	0.61	0.53	2.61	0.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Securinega suffruticosa (광대싸리)	-	-	-	-	-	-	0.26	0.04	-	-	-	-	-	0.61	0.37	0.27	-	-	-	-
Rhus chinensis (붉나무)	-	-	0.33	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhus trichocarpa (개옻나무)	-	0.67	0.43	0.30	-	-	-	-	-	7.03	7.19	3.54	-	-	-	-	-	3.19	2.00	1.40
Euonymus oxyphyllus (참회나무)	-	-	1.16	0.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	0.30	0.12
Euonymus sieboldiana (참빗살나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.30	0.22
Celastrus orbiculatus (노박덩굴)	-	-	0.16	0.03	-	-	-	-	-	-	0.35	0.06	-	-	0.48	0.08	-	-	-	-
Acer ginnala (신나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.29	-	0.10	-	-	-	-
Acer mono (고로쇠나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.29	0.53	0.19	-	0.24	0.14	0.10
Acer palmatum (단풍나무)	-	0.28	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	0.04	-	-	-	-
Acer pseudo-sieboldianum (당단풍)	-	24.66	23.86	12.20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.18	3.04	2.90
Rhamnus davurica (갈매나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.02	-	-	-	-
Ampelopsis heterophylla (개머루)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.46	0.08	-	-	3.88	0.65	-	-	-	-
Parthenocissus tricuspidata (담쟁이덩굴)	-	-	0.49	0.08	-	-	4.55	0.76	-	-	1.22	0.20	-	-	12.06	2.01	-	-	-	-
Actinidia arguta (다래)	-	-	-	-	-	0.23	0.20	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	-	0.07
Tilia amurensis (피나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	0.03	-	-	-	-	-	-	-	-
Elaeagnus umbellata (보리수나무)	-	-	-	-	-	0.36	-	0.12	-	0.63	0.15	0.24	-	0.19	-	0.06	-	-	-	-
Kalopanax pictum (음나무)	5.23	0.31	0.37	2.78	-	-	0.22	0.04	-	0.28	-	0.09	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhododendron mucronulatum (진달래)	-	0.61	3.93	0.86	-	1.43	12.80	2.61	-	8.36	43.55	10.05	-	-	1.05	0.18	-	1.16	7.28	1.60
Rhododendron yedoense var *poukhanense* (산철쭉)	-	-	0.23	0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rhododendon schippenbachii (철쭉꽃)	-	-	-	-	-	-	1.89	0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.44	1.25	0.36
Symplocos chinensis for. *pilosa* (노린재나무)	-	-	0.65	0.11	-	-	13.60	2.27	-	0.31	0.12	0.17	-	-	-	-	-	5.54	0.87	1.99
Styrax obassia (쪽동백나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30.45	2.43	10.56
Styrax japonica (때죽나무)	-	29.06	8.63	11.13	-	-	-	-	-	-	0.15	0.03	-	16.44	1.29	5.70	-	-	-	-
Fraxinus rhynchophylla (물푸레나무)	1.41	1.61	3.10	1.76	-	-	-	-	0.67	-	-	0.34	-	2.79	-	0.93	1.97	3.99	-	2.32
Ligustrum obtusifolium (쥐똥나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.49	5.17	1.03	-	-	-	-

(표 2. 계속)

Callicarpa japonica (작살나무)	-	-	0.50	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.23	2.92	0.56	-	0.25	7.64	1.36
Clerodendron trichotomum (누리장나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.34	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-
Sambucus williamsii var. *coreana* (딱총나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	0.04
Viburnum wrightii (산가막살나무)	-	-	3.03	0.51	-	-	0.74	0.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Viburnum erosum (덜꿩나무)	-	-	10.73	1.79	-	-	1.51	0.25	-	-	1.73	0.29	-	0.19	1.51	0.32	-	-	2.32	0.39
Viburnum sargentii (백당나무)	-	-	-	-	-	-	0.88	0.15	-	-	0.30	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-
Weigela subsessilis (병꽃나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.78	1.46
Lonicera maackii (괴불나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.83	-	0.28
Lonicera subhispida (털괴불나무)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	0.02	-	-	3.11	0.52
Smilax china (청미래덩굴)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.82	0.47	-	-	-	-
Smilax sieboldii (청가시덩굴)	-	-	0.84	0.14	-	-	4.00	0.67	-	-	2.25	0.38	-	-	0.42	0.07	-	-	0.71	0.12

*: [a]: 교목층 상대우점치, [b]: 아교목층 상대우점치, [c]: 관목층 상대우점치; [d] 평균상대우점치

류군집이 유지될 것으로 판단되었다. 층위별 상대우점치 분석결과, 교목층에는 굴참나무가 주요수종이었다. 아교목층에서는 굴참나무를 중심으로 떼죽나무, 신갈나무가 주로 출현하였고, 갈참나무, 밤나무, 졸참나무, 생강나무, 팥배나무 등이 부수종을 이루었다. 관목층은 참개암나무를 우점종으로 담쟁이덩굴, 생강나무, 국수나무, 신갈나무 등이 주요수종이었다. 천마산은 신갈나무가 우점하며 쪽동백나무, 생강나무, 졸참나무 등이 주요수종을 이루었다 층위별 상대우점치를 살펴보면 교목층은 신갈나무가 우세하였고, 졸참나무, 물박달나무 등이 출현하였다. 아교목층은 쪽동백나무가 우세하였으며 졸참나무, 생강나무, 산벚나무, 신갈나무 등이 주로 나타났다. 관목층은 생강나무를 중심으로 국수나무, 병꽃나무, 작살나무 등이 주요수종으로 생육하였다. 식생구조에 있어서 교목층은 신갈나무의 세력이 크며, 아교목성, 관목성상의 수목이 층위형성을 이룬 안정적인 구조이었다.

초본층은 비도시지역인 수리산, 천마산지역에서 남산, 봉산, 성주산 신갈나무군집내 출현한 초본종보다 평균 10～20종이 증가된 현황이었으며 다양한 종조성의 차이가 나타났다. 수리산은 큰에기나리를 중심으로 산거울, 대사초, 둥굴레, 선밀나물, 남산제비꽃 등 다양한 종들이 1～2%미만의 고른 분포를 보였으며 천마산도 큰에기나리가 10%이상의 피복율을 나타내었으며, 그외 대사초, 둥굴레, 에기나리 등이 생육하였다. 즉, 비도시지역은 산거울, 대사초, 둥굴레, 큰에기나리,

표 3. 신갈나무군집의 지역별 초본층 출현종의 우점도 및 군도

식물명	남산		봉산		성주산		수리산		천마산	
	D[a]	S[b]	D	S	D	S	D	S	D	S
Equisetum arvense (쇠뜨기)	-	-	r	1	-	-	-	-	-	-
Pteridium aquilinum var. *latiusculum* (고사리)	1	2	1	2	2	2	r	1	+	1
Festuca ovina (김의털)	-	-	r	1	-	-	r	1	r	1
Eragrostis ferruginea (그령)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Oplismenus undulatifolius (주름조개풀)	r	1	-	-	-	-	r	1	-	-
Spodiopogon sibiricus (큰기름새)	-	-	r	1	r	1	r	1	-	-
Carex humilis (산거울)	-	-	-	-	r	1	1	2	r	1
Carex lanceolata (그늘사초)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1
Carex siderosticta (대사초)	r	1	r	1	-	-	1	2	1	2
Arisaema amurense var. *serratum* (천남성)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Commelina communis (닭의장풀)	-	-	r	1	-	-	-	-	-	-
Veratrum maackii var. *japonicum* (여로)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1

(표 3. 계속)

Hemerocallis fulva (원추리)	-	-	-	-	-	-	r	1	1	1
Lilium distichum (말나리)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1
Lilium tigrinum (참나리)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Asparagus schoberoides (비짜루)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Polygonatum odoratum var. *plurflorum* (둥굴레)	r	1	-	-	r	1	1	2	+	1
Polygonatum humile (각시둥굴레)	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Smilacina japonica (풀솜대)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1
Disporum smilacinum (애기나리)	1	2	-	-	-	-	r	1	+	1
Disporum viridescens (큰애기나리)	1	2	-	-	-	-	1	2	2	2
Liriope platyphylla (맥문동)	r	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Convallaria keiskei (은방울꽃)	-	-	-	-	+	1	-	-	-	-
Smilax nipponica (선밀나물)	r	1	r	1	+	1	1	2	r	1
Smilax riparia var. *ussuriensis* (밀나물)	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
Dioscorea quinqueloba (단풍마)	-	-	-	-	-	-	+	1	r	1
Iris nertschinskia (붓꽃)	-	-	-	-	-	-	1	1	r	1
Pilea peploides (물통이)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Asarum sieboldii (족도리)	-	-	-	-	r	1	r	1	1	1
Hepatica asiatica (노루귀)	-	-	-	-	r	1	r	1	-	-
Thalictrum aquilegiifolium (꽹의다리)	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Aconitum jaluense (투구꽃)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Astilbe chinensis var. *davidii* (노루오줌)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1
Potentilla freyniana (세잎양지꽃)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Agrimonia pilosa (짚신나물)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Viola dissecta var. *chaerophylloides* (남산제비꽃)	-	-	-	-	+	1	1	2	r	1
Viola rossii (고깔제비꽃)	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
Viola acuminata (졸방제비꽃)	-	-	-	-	-	-	+	1	r	1
Angelica decursiva (바디나물)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Peucedanum terebinthaceum (기름나물)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Pyrola japonica (노루발)	-	-	-	-	r	1	r	1	1	1
Lysimachia barystachys (까치수영)	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-
Lysimachia clethroides (큰까치수영)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Meehania urticifolia (벌깨덩굴)	-	-	-	-	-	-	+	1	-	-
Phryma leptostachya var. *asiatica* (파리풀)	-	-	-	-	r	1	-	-	-	-
Rubia akane (꼭두서니)	-	-	-	-	-	-	r	1	1	1
Galium spurium (갈퀴덩굴)	-	-	-	-	r	1	-	-	-	-
Platycodon grandiflorum (도라지)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1
Aruncus dioicus (단풍취)	r	1	-	-	-	-	1	1	r	1
Eupatorium rugosum (서양등골나물)	r	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Ligularia fischeri (곰취)	-	-	-	-	-	-	r	1	1	1
Cacalia auriculata var. *matsumurana* (박쥐나물)	-	-	-	-	-	-	r	1	-	-
Syneilesis palmata (우산나물)	-	-	-	-	-	-	-	-	r	1
Artemisia keiskeana (밀은대쑥)	-	-	-	-	r	1	+	1	r	1
Atractylodes japonica (삽주)	-	-	-	-	r	1	r	1	-	-
종수	11		7		15		39		27	

[a], 우점도; [b], 군도

선밀나물 등 자연성이 높은 지역에서 주로 출현하는 종들이 다양하게 생육하였으며 그 외 애기나리, 투구꽃, 단풍취, 삽주 등이 부수종으로 출현하였다. 신갈나무군집의 초본층 출현종의 우점도 및 군도를 종합한 결과, 남산지역에 서양등골나물이 생육하고 있었으며, 그외 지역에서는 나타나지 않았다.

연구대상지별 신갈나무군집을 종합해보면, 교목층과 아교목층의 수종변화는 도심지역인 남산에서 의곽부의 천마산으로 갈수록 종 변화가 뚜렷하지 않았으며 관목층과 초본층에서 종조성의 차이가 나타났다. 관목층에서 성상별 종조성을 살펴보면 남산에서 봉산, 성주산, 천마산, 수리산으로 갈수록 종의 증가가 뚜렷하였으며, 특히 교목, 아교목성상에서는 신갈나무와 팔배나무가 우세한 수종으로 공통적으로 출현하였으나 관목성상의 출현종의 차이가 나타났다. 특히, 도심지역인 남산 신갈나무군집은 국수나무, 생강나무, 참회나무 등 9종, 도시외곽지역인 봉산과 성주산은 진달래가 우세종으로 10~15종, 비도시지역인 천마산과 수리산은 생강나무, 참개암나무가 주요종으로 17~18종의 다양한 종들이 출현하였다. 따라서 도심지역의 신갈나무군집의 자연성 복원을 위하여 다양한 관목, 초본층의 종조성을 나타내고 있는 비도시지역의 자연림을 모델로 하여 식생복원 및 환경친화적인 녹지공간 조성, 자연식생 유도에 바람직할 것으로 판단되었다. 남산은 현재 서울 도심의 인근 산림으로부터 고립된 상태로 자생종의 감소현상이 부각되면서 인간간섭 및 대기오염과 토양산성화에 따른 열악한 환경으로 귀화식물종의 빈도가 높아지고 있다. 현재는 신갈나무군집의 서양등골나물의 출현율은 극히 적으며 애기나리, 큰애기나리 등이 일부 산재되어 생육함으로서 향후, 서양등골나물의 확산을 막고 자연성 회복을 위한 생태적 관리대안, 경쟁종에 대한 방안 모색 등이 이루어져야 할 것이다.

3) 귀화식물 분포현황

도시생태계의 구조적 측면에서 도시중심부로 갈수록 도시생태계의 변화가 극심하고, 시간이 지남에 따라 생물종이 감소하며, 귀화종의 구성비율이 높아지면서 도시환경에서 적응성이 뛰어나 기후적, 지형적인 조건이 다름에도 불구하고, 귀화식물은 도시내에서 공통적으로 출현하는 빈도가 높은 것으로 조사 · 보고되었다 (Brandes, 1987). 또한, 귀화식물에 의한 생태계 영향 조사에서 각 지역에서 분포하고 있는 귀화식물의 종류를 파악, 이들의 생태계 영향 예측을 통한 관리 방안을 제시하고자 하였다. 구체적으로 남산에 고정조사구를 설치, 지속적인 식생변화와 광도별 생육실험을 실시한 결과, 서양등골나물은 반음지에서도 잘 자랄 수 있는 특성으로 점차 그 세력을 확장할 것으로 예상되었다. 신갈나무군집에서는 서양등골나물의 출현빈도가 낮은 상태였으나 남산, 안산 등의 아까시나무 아래 대군락을 이루고 있어 생태계에 영향을 줄 가능성이 높은 종으로 예측되었다(국립환경연구원, 1996). 기존 연구결과와 같이 귀화식물의 분포는 자연성에 커다란 영향을 끼치는 주요 요인으로 작용하고 있다.

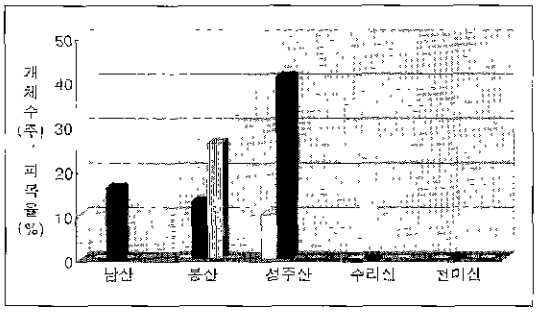


그림 3. 연구대상지별 신갈나무군집의 귀화종 출현현황

범례 □: 리기다소나무; ■: 아까시나무; ▥: 가중나무; ▩: 서양등골나물

본 연구에서도 자연성 파악을 위하여 신갈나무군집의 연구대상지별 귀화식물의 출현종, 개체수, 종수, 피복율을 제시하였다(그림 3 참조). 귀화식물은 서식지 파괴 및 훼손으로 생태적 교란 및 종의 단순화를 초래하여 자생종의 분포역을 감소시키고 있으며, 도시화 지역의 산림내부에 생육하면서 대면적으로 확산되고 있으므로 자연성의 파괴가 가속화되고 있다.

연구대상지별 분포현황을 살펴보면, 남산 신갈나무군집은 아까시나무가 관목층에서 16개체, 초본층에서 서양등골나물이 0.3%의 피복율을 나타내었으며, 봉산은 아까시나무와 가중나무가 각 층위별로 생육하고 있었다. 특히 가중나무는 교목, 아교목층에서 1개체, 관목층에서 24개체가 분포하였으므로 향후, 확대가능성이 높은 종으로 판단되었다. 성주산의 신갈나무군집에

서는 리기다소나무와 아까시나무가 생육하고 있었으며 초본층에서는 귀화식물이 발견되지 않았다. 천마산과 수리산의 신갈나무군집에서는 귀화식물은 발견되지 않았으며 자생종으로 구성된 다층적인 식생구조를 나타내었다. 즉 자생종이 높은 비율일 때 최상의 자연상태라고 고려할 수 있었으며, 교란되지 않은 자연상태의 생태적인 종조성 및 특성을 파악한 후 복원계획이 이루어져야 한다(Kelleher *et al.*, 1995).

4) 종수, 종다양성 분석

그림 4, 5는 연구대상지별 신갈나무군집의 종수, 종다양도를 종합화한 것이다. 단위면적 2,000㎡에 대한 통합치로서 도심지역, 도시외곽지역, 비도시지역의 종다양성 비교, 평가를 통하여 도심지역 산림생태계를 생태적인 측면에서 평가하는 것으로, 각 지역별 산림생태계내 생태적인 안정성을 대표할 수 있다.

종다양도란 종수와 균재도를 접목시켜 하나의 대표치를 나타낸 것으로서(Ludwig and Reynolds, 1988), 서로 다른 지역의 종다양성 및 녹지의 안정성을 객관적으로 비교, 평가할 수 있으며 Shannon의 종다양성은 희귀종을 강조하고, 종수, 균질성을 포함한 지수(Pielou, 1975)로서 종다양성을 대표할 수 있는 지수이다.

연구대상지별 Shannon의 종다양도를 살펴보면 도심지역인 남산의 신갈나무군집은 0.9887, 도시외곽지역인 성주산과 봉산은 각각 1.0687, 1.1547로서 인천광역시 산림녹지의 단위면적 300～500㎡에 대한 Shannon의 종다양도 0.8235～1.1863(조우, 1998)과 유사하였으며 인천 강화군 정수사의 신갈나무군집(단위면적: 100㎡)의 종다양도 0.6422～1.1883과 비슷한 경향을 나타내었다.

특히, 기존의 남산 신갈나무군집의 7년(1986～1993)간의 종수 및 개체수 변화에 대하여 밝힌 바와 같이(이경재 등, 1993) 500㎡의 단위 면적에 대한 종수가 1986년 27종에서 1993년 19종으로 8종이 감소하는 추세를 나타내었다. 본 신갈나무군집에서도 단위면적 400㎡를 기준으로 평균 13종이 출현하여 서울 도심 환경상태의 악화에 따라 수종 수의 계속적인 감소현상을 파악할 수 있었다.

남산은 성주산, 봉산보다 종다양성이 낮은 상태이었으며 수종수도 26종으로 출현종이 적었다. 비도시지역인 천마산과 수리산의 Shannon의 종다양도는 1.1479, 1.3933으로 높은 상태이었으며, 천마산은 39종의 다양한 종이 출현하였다. 최대종다양도에 대한 종다양도의 비율이 높은 군집일수록 안정상태에 도달한 정도가 높다는 연구결과(이경재 등, 1993)와 같이 수리산, 천마산은 남산, 봉산, 성주산의 도시산림보다 다양한 종조성이 이루어졌다.

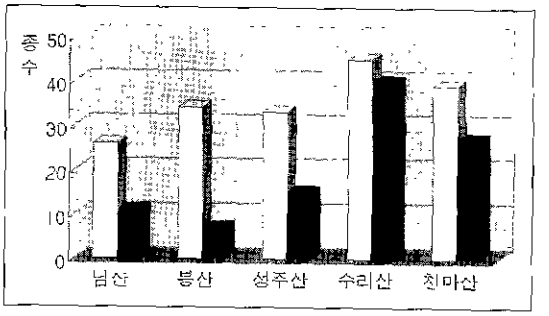


그림 4. 연구대상지별 신갈나무군집의 종수

범례: □: 목본종수; ■: 초본종수

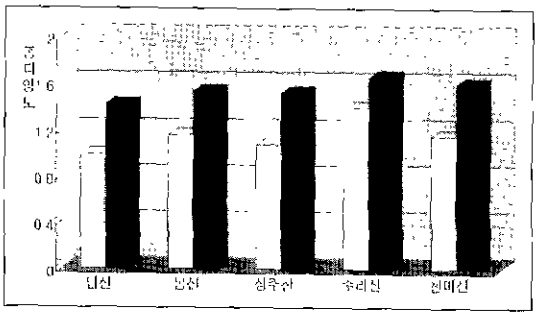


그림 5 연구대상지별 신갈나무군집의 종다양도

범례: □: 종다양도; ■: 최대종다양도

3. 생태적 복원을 위한 식생모델

생태적 복원을 위한 배식기법에 관한 기존연구에서 오구균(1986)은 창덕궁후원의 식생구조를 분석하여 식재가능한 수종선종, 층위별 식재거리, 식재면적, 식재폭 등을 제안하였으며 김종원(1993)은 환경보전림의 생태적 기법으로 식재종의 공간적 배치는 식재종의 생태적 습성과 식생학적 서열에 따른 지역의 잠재자연

식생으로서 제창조를 언급하였다. 따라서 식재종의 생태적 생육범위에 따른 배치, 종간개체간의 경쟁 유도를 위한 밀식, 혼식 등 자연생태적 생육환경보전림 조성을 강조하였다. 또한, 실제적인 현장조사를 통하여 자연식생복원에 관한 식생군집별 식재수종선정, 식재비율, 식생구조 모형을 제시하여 평균규격, 식재거리를 산정하였다(이경재 등, 1995) 구체적인 자연재현을 위한 식재방법으로서 보통식재, 모델식재, 보통이식, 복사이식으로 분류하였으며(沼山眞 *et al.*, 1996) 모델식재는 모델로 하는 산림을 구체적으로 정해 군집조사에 기초한 모델군집과 동일한 수종, 크기, 배치에 따라 식재하는 방법을 제안하였다. 따라서 본 연구는 복원을 위한 모델식재의 개념으로서 자연성이 높은 신갈나무군집 자연식생의 생태적인 종조성을 파악하고 도시녹지내 조성가능한 식생모델을 제시하고자 하였다. 결과적으로 생태적 복원식생 모델은 식생구조의 질적 향상에 초점을 맞추어 현황조사 및 분석결과를 기술하였으며 층위별 종조성, 귀화식물의 출현현황 및 종수, 개체수, 피복율 파악을 통한 자연성 및 다층적 식생구조, 연구대상지별 종다양성 분석을 통하여 자연성, 종다양성이 풍부하고 층위별 출현종이 성상에 따라 뚜렷한 자생식물군집을 복원식생 모델로 선정하였다. 적정식물은 천이발전가능성이 높은 자생종 및 자연성이 높은 군집내 출현한 초본식물을 제시하였고, 적정밀도는 기존문헌고찰을 통하여 주로 제안되고 있는 개체수, 흉고단면적 및 수관투영면적, 수목간 최단거리를 산정하였다.

연구대상지별 신갈나무군집의 식물군집구조, 자연성 및 다층적 식생구조, 종다양성 항목에서 수리산의 참나무류군집과 천마산의 신갈나무군집이 자연성이 높았으며 자생종을 이용한 다층적인 도시 산림복원 및 조성에 적용 가능하다. 특히, 서울 도시 산림생태계 현황에 있어 신갈나무군집의 유형이 자연성 회복의 목표식생으로 모색되어지고 있으므로, 굴참나무, 졸참나무가 우점종인 수리산의 참나무류군집보다 층위별 출현종이 성상에 따라 뚜렷한 천마산의 신갈나무군집이 모델적용에 적절한 것으로 판단되었다.

신갈나무군집 복원식생 모델의 평균 임령은 40년이었으며 층위별 개체수 및 흉고단면적, 수목간 최단거리를 살펴보면(표 4 참조), 단위면적 400㎡에 대한 교목층의 평균 개체수는 29개체, 아교목층 49개체, 관목층 367개체이며 흉고단면적은 평균 1,270,856㎠이었다. 수목간 최단거리는 교목층 평균 2.0m, 아교목층 평균 1.9m로 산정되었다.

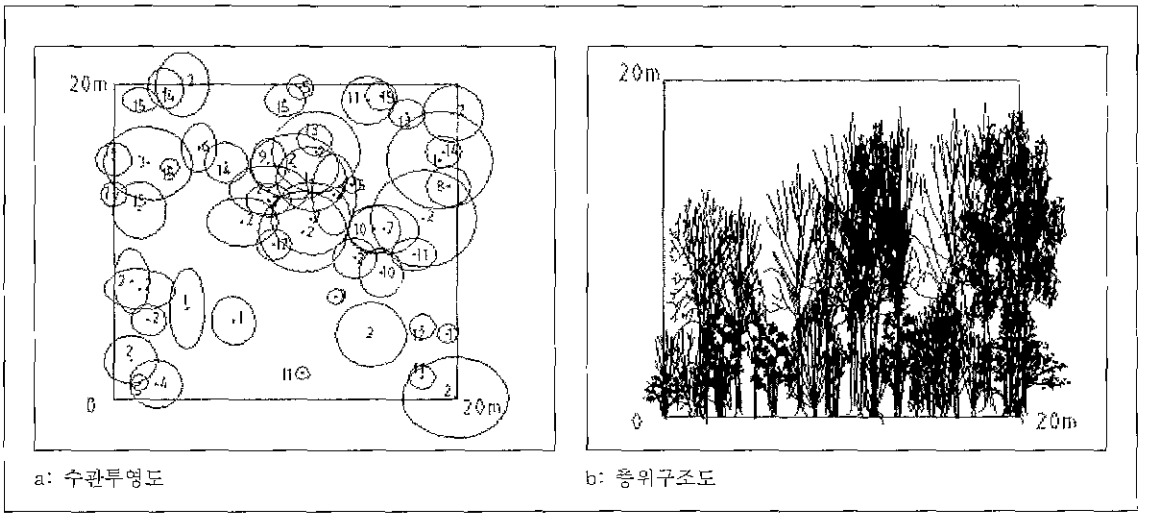
초본층은 단위면적 400㎡를 기준으로 살펴볼 때, 총 134.8㎡로 33.7%의 피복율을 나타내었다. 주요 출현식물은 큰애기나리 75.2㎡, 단풍취 25.2㎡로 각각 18.8%, 6.3%의 피복율을 나타내었다. 대사초와 애기나리, 고깔제비꽃, 둥글레가 각각 2.8%, 2.5%, 1.6%, 0.4%의 피복율로 11.2㎡, 10㎡, 6.4㎡, 1.6㎡의 피복면적을 나타내었다. 그외 고사리, 그늘사초, 여로, 원추리, 풀솜대, 선밀나물을 포함한 12종은 1~2개체로 0.4~0.8㎡의 피복면적을 차지하였다.

신갈나무 복원식생 모델의 수관투영도 및 층위구조를 살펴보면(그림 6 참조), 교목층에서는 신갈나무가 주로 수관을 형성하였으며 물박달나무, 물푸레나무가 부수종으로 수관을 이루고 있었다. 아교목층에서 산뽕나무, 고로쇠나무, 산벚나무, 팥배나무, 쪽동백나무, 개옻나무, 당단풍 등 다양한 수종으로 수관을 형성하였으며 관목층에서도 생강나무, 진달래, 병꽃나무, 작살나무, 덜꿩나무 등 다양한 수종이 수관을 형성하였다. 따라서 본 군집은 층위별 출현종이 성상에 따라 다층적이고 안정적인 식생구조를 이루었다.

결과적으로 신갈나무군집의 복원 모델 선정에 따른 적정식물은 표 5와 같이 제시할 수 있다. 모델군집에서 출현한 전체 식물 중에서 자생종을 중심으로 구성하였고, 천이계열상 도태가능성이 높은 목본종은 제외하였

표 4. 신갈나무군집 복원식생 모델의 층위별 개체수, 흉고단면적 및 수목간 최단거리 (단위면적: 400㎡)

구분	교목층	아교목층	관목층	계
개체수(/400㎡)	29(20~39)	49(31~85)	367(296~444)	445(371~513)
흉고단면적 및 수관투영면적(㎠)	11,844 (8,748~16,136)	2,172 (1,449~3,076)	1,256,840 (922,100~1,627,600)	1,270,856 (936,267~1,645,773)
수목간 최단거리(m)	2.0(1.3~3.0)	1.9(1.0~3.2)	-	-



a: 수관투영도 b: 층위구조도

그림 6 신갈나무군집 복원식생 모델의 수관투영도 및 층위구조도

범례: 1. 물박달나무; 2: 신갈나무; 3: 다릅나무; 4' 물푸레나무; 5: 갈참나무, 6: 산뽕나무; 7' 고로쇠나무; 8' 팥배나무; 9. 산벚나무, 10: 개옻나무; 11. 당단풍; 12: 쪽동백나무; 13: 참개암나무; 14: 생강나무; 15' 노린재나무; 16: 작살나무, 17' 괴불나무

표 5. 신갈나무군집 복원식생 모델의 적정식물 선정

구분	신길나무군집
교목성상	신갈나무, 길참나무, 물박달나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 산뽕나무, 다릅나무 (7종)
아교목성상	당단풍, 쪽동백나무, 산벚나무, 개옻나무, 팥배나무 (5종)
관목성상	병꽃나무, 생강나무, 국수나무, 작살나무, 조록싸리, 진달래, 신딸기, 참개암나무, 노린재나무, 덜꿩나무, 괴불나무, 털괴불나무 (12종)
주변부식생	머루, 칭가시덩굴(2종)
초본식물	큰애기나리, 단풍취, 대사초, 애기나리, 고깔제비꽃, 둥굴레, 우산나물, 고사리, 그늘사초, 이로, 원추리, 졸솜대, 신밀나물, 붓꽃, 족도리, 남산제비꽃, 곰취, 밝은대쑥 (18종)

으며 덩굴성 식물은 주연부식생으로 구분하였다.

신갈나무군집 복원을 위해서는 교목성상으로 신갈나무, 갈참나무, 물박달나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 산뽕나무, 다릅나무 7종, 아교목성상으로 당단풍, 쪽동백나무, 산벚나무 등 5종, 관목성상은 병꽃나무, 생강나무를 비롯한 12종이며 주연부식생으로는 머루, 청가시덩굴이었다. 초본은 큰애기나리를 중심으로 고깔제비꽃, 단풍취, 대사초, 둥굴레 등 18종으로 목본, 초본 총 44종이었다.

IV. 결론 및 제언

도시산림생태계의 자연성 복원을 위하여 생태적 관리방법의 적용 및 재조성의 필요에 의해서 대상지역의 자연환경 즉 토양, 지형, 기후와 관련된 환경조건들과 생태적 조화를 이룰수 있는 다양한 식물군집 조성이 강조되고 있다. 특히, 도시환경은 인간에 의한 지속적인 간섭 및 대기오염 등의 교란작용에 의해 불안정한 식물생태계를 형성하고 있기 때문에 자생식물군집의 황폐화가 가속화되고 있다. 따라서 도심 내부에 잔존해 있는 자생식물군집은 환경적, 교육적 측면에서 가치가 크며, 자연성이 높은 자생종 군집은 도심 산림 복원 및 녹지조성에 식생모델로서 적용될 수 있다.

서울 지역 도시생태계 현황에서 식물군집구조상 자생참나무류인 신갈나무를 중심으로 한 참나무류군집이 지속적으로 유지될 것으로 판단되며 종다양도가 식물

군집 유형 중 가장 높게 나타났다. 따라서 서울지역 도시생태계의 자연성 회복 및 복원방안은 자생 참나무류 군집의 종조성 및 식생구조를 이용하는 것이 타당한 것으로 판단되었다.

따라서 본 연구에서는 도시, 도시외곽, 비도시지역의 신갈나무군집 현황 및 식생구조, 자연성, 종다양성의 비교, 분석을 통하여 자연성, 종다양성이 풍부하고 층위별 출현종이 성상에 따라 뚜렷한 자생식물군집을 복원식생 모델로 선정하였으며 적정식물은 천이발전가능성이 높은 자생종 및 자연성이 높은 군집내 출현한 초본식물을 제시하였고, 적정 밀도제안을 위하여 개체수, 흉고단면적 및 수관투영면적, 수목간 최단거리를 산정하였다.

구체적인 복원식생 모델의 층위별 평균 개체수는 교목층 29개체, 아교목층 49개체, 관목층은 367개체이며 흉고단면적은 평균 1,270,856㎠, 수목간 최단거리는 교목층 평균 2.0m, 아교목층 평균 1.9m이었다. 자연성 회복을 위한 적정식물은 교목성상 7종, 아교목성상 5종, 관목성상 12종, 주연부식생 2종, 초본 18종으로 목본, 초본 총 44종이었다.

향후, 도시녹지의 조성 및 산림의 복원계획에 있어 생태적 기능을 수행할 수 있는 생태적 식생모델은 자연식생과 유사한 구조로 복원하며, 자연성 증진 및 종다양성이 높은 자연림의 생태적 특성을 고려한 조성기법이 적용되어져야 한다. 최근, 우리나라에서는 도시녹지의 생태적 복원을 위한 다양한 기법 등이 연구되어지고 있으며 생태적인 적용방안 등이 소개되어지고 있다. 본 연구결과도 도시녹지 조성 및 기존 산림의 복원계획에 있어 다층적 식생구조 및 자연성이 높은 자생식물 중심의 생태적 배식을 위한 적정수종 및 주수를 제안하여 구체적인 적용이 가능할 것으로 판단된다.

그러나 본 연구결과는 현황분석을 기초로한 복원방안으로서 다양한 지형 및 환경변수를 고려한 일반적인 적용모델로서는 한계를 갖는다. 따라서 본 연구에서 제안한 복원식생 모델은 도시지역내 도입가능한 모델로서 도시지역내 생존 가능성 및 미세환경에 관한 지속적인 실험과 현장조사가 병행된 후속연구가 이루어져야 할 것이다. 즉, 본 연구결과는 자연생태계 부문에서 식생의 질적 향상에 초점을 맞추었으므로 향후, 효율적인 도시 식물군집의 복원을 위하여 다음과 같은 세부연구들이 수행되어져야 할 것이다. 첫 번째, 복원모델을 일반화할 수 있도록 복원 연구대상지역을 확대하여 제시된 결과에 대한 타당성과 신뢰성을 증진시킬 필요가 있으며, 복원방법의 구체적인 방안의 모색이 필요하다. 두 번째, 남산의 소수 출현한 귀화식물인 서양등골나물이 지역별 분포역의 차이가 있을 것으로 판단되며, 확산이 예상됨에 따라 지속적인 모니터링을 통하여 생태적인 관리방향 및 적용기법 등에 관한 연구가 선행되어야할 것이다. 세 번째, 식생유형 · 지형 · 광도별 다양한 미세환경인자를 고려한 후, 그에 적절한 복수적인 모델제시가 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

1 국립환경연구원(1996) 귀화생물에 의한 생태계 영향 조사(Ⅱ) p. 230

2 기상청(1991) 한국기후표 제 Ⅱ권-월별 평년값-(1961-1990).

3 김귀곤, 조동길, 김남춘, 민병미(2000) 도시림 복원 및 관리 기술의 개발에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회 3(1) : 27-37.

4 김귀곤(1998) 도시생태 네트워크 구축과 자연환경 복원. 한국환경복원녹화기술학회 심포지움 논문집 pp. 17-33

5. 김성덕, 김윤동(1995) 점봉산 신갈나무(*Quercus mongolica*)림의 갱신과정에 관한 연구 한국임학회지 84(4) : 447-455.

6 김세천, 김창환(1998) 군산시 월명공원 식물군락 복원 및 생태적 경관조성에 관한 연구. 한국조경학회지 25(4) : 123-140

7 김종원(1993) 우리나라의 자연환경 현황분석 연구 한국환경기술개발원 p 83.

8 민성환(1998) 자연관찰센터 및 자연관찰로 조성계획 서울시립대학교 석사학위논문

9 박인협(1985) 백운산지역 천연림생태계의 조림구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 박사학위논문

10. 부천시(1997) 부천시 도시경관림 조성(산림수종 갱신) 기본계획.

11 서울시(2000) 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시조성지침수립

12 송종석, 노광수, 정화숙, 송승달, 大野啓一, 特田幸良(1999) 상관적 방법과 수리군락분류학적 방법에 의한 경북 북부지방 산지의 삼림식생의 식물사회학적 연구 한국생태학회지 22(5) 241-254

13. 오구균(1986) 자연식생의 생태적 특성을 고려한 배식설계 기준에 관한 연구 -창덕궁 후원 자연식생분석을 통하여-. 서울대학교 석사학위논문

14 오충현, 이경재(2000) 도시생태계 보전을 위한 비오톱 평

가기법. 한국조경학회지 27(5) 130-137.
15 이경재, 조우, 한봉호(1996) 서울 도시생태계 현황과 회복대책 (I) -산림지역 식물군집구조- 환경생태학회지 10(1) 113-127.
16 이경재외 17인(1993) 도시 및 공업단지 주변의 Green복원기술 개발(I). 환경처 · 과학기술처.
17 이경재외 19인(1994) 도시 및 공업단지 주변의 Green복원기술 개발(II) 환경처
18. 이경재외 14인(1995) 도시 및 공업단지 주변의 Groen복원기술 개발(III). 환경부.
19 이호준, 전영문, 김창호(1998) 월악산 신갈나무(Quercus mongolica)림의 종조성과 토양환경 한국환경생물학회지 16(2) · 169-180.
20. 조우(1995) 도시녹지의 생태적특성 분석과 자연성 증진을 위한 관리모형-서울시를 중심으로-. 서울시립대학교 박사학위논문
21 조우(1998) 인천광역시 산지형 도시녹지의 식생구조 및 관리계획 육지지역을 중심으로 한국조경학회지 26(2): 15-27
22. 조현제, 조재형, 배관호, 윤충원, 오장수(1998) 도시권역 산림식생단위 구분과 정밀식생도 작성에 관한 연구. 임업연구원 산림과학논문집 59 · 105-120
23 Brandes, D.(1987) Verzeichnis der im Stadtgebied von Braunschweig wildwachsenden und verwilderten Gefäßpflanzen Braunschweig, Universitats bibliothek der Technischen Universitat p. 44.
24. Braun-Blanquet, J.(1964) Pflanzensoziologie Grundzuge der Vegetationskunde. Dritte Auflage, Springer-Verlag, Wien, p. 865.
25 Cole, I and J. Mullard (1982) Woodland in urban areas - a resource and refuge. Arboricultural Journal Vol 6. 295-300.
26 Curtis, J. T. and R. P McIntosh.(1951) An upland Forest continum in the prairie-forest border region of Winsconsin Ecology 32 476-496
27. 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. Cornel Univ., Ithaca, New York p 99
28. Hill, M. O.(1979a) DECORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and recoprocal averaging Ecology and Systematics, Cornel Univ., Ithaca, New York p 52.
29. Kelleher, J. *et al.*(1995) Restoring natural habitats Waterfront Regeneration Trust pp. 24-27
30 Ludwig, J A and J F. Reynolds.(1988) statistical Ecology John Wiley and Sons pub N Y p. 377.
31. Pielou, E. C.(1975) Ecological diversity. John Wiley and Sons, Inc. New York, p 165
32 Rydberg D and J Falck (2000) Urban forestry in Swedem from a silviculture perspecuve a review. Lasndscape and Urban Plannung 47. 1-18
33 沼出眞, 中村俊彦, 長谷用雅美(1996) 都市につくる自然生態園の復元と管理運営. 信山社. 東京都 p 186.
34. 奥田重俊(1985) 中部地方の植生研究史. 宮脇昭編 "日本植生志 6 中部"에서 至文堂. 東京 pp. 92-95.