

# 大氣汚染 및 酸性雨が 서울地域 植物群集에 미치는 影響

柳 彰 熙 · 李 景 宰

서울시립대학교 문리과대학 조경학과

## The Effect on the Plant Community Decline by the Air Pollutant & Acid Rain in the Metropolitan Area

Ryu, Chang-Hee · Lee, Kyong-Jae

Dept. of Landscape Architecture, Seoul City University

### ABSTRACT

To inspect the changing of the forest soil and plants community structure by air pollutant & acid rain during from September to November in 1990, the sampling sites were selected in the Piwon, Namsan and Kwangnung forest. In sites, plots were set up in *Q. aliena* forest at Piwon, *Quercus mongolica* and *Pinus densiflora* forest at Namsan and *Q. mongolica* and *Pinus densiflora* forest at Kwangnung.

To obtain the individual number of trees, number of species, importance values and species diversity, using the Curtis & McIntosh methods. The results are following that;

- 1) In *Pinus densiflora* community, it was almost dominated by *Q. spp.* in the canopy layer and *P. densiflora* and *Carpinus laxiflora* through the subtree to shrub layer at Kwangnung. It was said that *C. laxiflora* is the climax species in middle temperature zone. On the contrary, in Namsan forest, there is no appearance the samplings of *P. densiflora* & *C. laxiflora*, but *Styrax japonica* and *Stephanandra incisa* that are acid-tolerance species are dominant ones. On the other hand, in *Q. spp.* community, *Q. spp.* and *C. laxiflora* are dominant species through all layer, and in addition *C. cordata* somewhat appear at Kwangnung. But at Namsan and Piwon forest, *Q. mongolica* & *Q. aliena* that were dominant species in canopy layer disappeared in the subtree and shrub layer, and *C. laxiflora* and *Corunus cordata* absolutely disappeared. It were similarly dominated by *Robinia pseudo-acacia*, *Styrax japonica*, *Sorbus alnifolia*, *Acer pseudo-sieboldianum*, *Rhododendrn mucronulatum* and so on at Namsan and Piwon forest. In the light of these facts, it found out that disclimax was similar between Namsan and Piwon forest.
- 2) Species diversity and maximum species diversity were decreased in Kwangnung, Namsan, Piwon in order. It was expected that vegetational community was affected by environmental pollutant.
- 3) As the vegetational community structure analyses, using DCA technique among the ordination, ecological successional series are stopped to *Q. spp.* from *P. densiflora* at Namsan and Piwon, but that of Kwangnung is on the way that *P. densiflora*, *Q. alena*, *C. laxiflora*. It was obviously

different from Namsan and Piwon.

- 4) In *Q. spp.* & *P. densiflora* community, the number of woody plants in Namsan & Piwon is much less than that of Kwangnung through all layer. Especially, Piwon shown very severe difference. Through all community, the number of individuals of Piwon and Namsan are less than that of Kwangnung. Specially, that of the shrub layer is obvious.
- 5) In the growth rate of trees, it found out that all sites showed the growth decline phenomena. Especially, since in 1975, there have been the micro disclimax phenomena in *Q.* community of Kwangnung.
- 6) In the *Q.* community, soil acidity of Namsan & Piwon measured 4. 57, 4. 40 respectively. It was very strong acidity and far lower than that of Kwangnung. Also the content amonunt of  $Mg^{++}$  in Namsan & Piwon forest were still lower than Kwangnung.

## I. 緒 論

群集生態學에서의 연구의 주 관심사는 에너지흐름을 파악하는 生態系의 機能的인 면과 優占種의 分布를 다루는 構造的인 면으로 크게 나눌 수 있다 (Whittaker, 1956). 위의 연구중 구조를 다루는 群集構造的인 分析研究는 현재의 우점종의 위치를 분석하여 앞으로의 遷移系列을 豫測하는 方向으로 研究가 進行되어 왔다. 특히 이 연구방법은 1951년 미국에서 Curtis & McIntosh(1957)의 ordination技法이 발표된 이후 컴퓨터의 발달과 함께急速하게 발달되어 왔으며, ordination에 의하여 식물군집을 環境勾配인 海拔高, 傾斜, 方位, 土壤含水量, 土壤pH, 土壤養料에 따라 분리하여, 環境要因의 차이에 따라 여러군집이 出現함이 보고되었다(Austin et al, 1968; Daniel, 1978; Whittaker, 1956). 이러한 ordination방법으로 환경구배에 따른 群集의 分離가 明確하게 나타나는 Deterrended Correspondence Analysis (DCA)(Hill, 1979a)를 최근에는 가장 많이 이용하고 있다.

우리나라는 溫帶中部林이 전체삼림의 주를 이루고 있으며 遷移가 소나무림 → 참나무림 → 서어나무림으로 進行되어 간다는 學說이 提起된 이래(임, 1985) 강과 오(1982)가 ordination기법을 이용한 遷移系列分析에서 이 學說을 證明하게 되었다. 이후의 많은 연구들에서 그 결과들이 일치하였다(박, 1985; 박등, 1987, 1988; 이등, 1987, 1989, 1990d, 1990e, 1990f, 1990g). 대기오염물질에 의하여 삼림군집의 種多樣度가 減少하여 安定性

이 차츰 상실되어 간다고 McCleanahen(1979)에 의해 보고 되었는데, 국내에서도 울산공단(김 등, 1982)과 여천공단(김 등, 1985)에서 대기오염물질에 의해 삼림군집내의 종 다양성이 감소하고 아울러 稀少種이 減少된다고 밝혀졌다. 또한 만성적인 피해를 받고 있는 서울의 昌德宮 後苑(비원)에서도 최근 4년사이에 종의 다양성이 감소되었다고 보고되었다(오, 1986). 그리고 이 등(1990d)은 光陵의 群集構造를 ordination과 TWINSpan에 의한 classification의 기법으로 분석한 결과 소나무 → 갈참나무 → 서어나무 → 까치박달나무로, 용문산에서는 소나무 → 졸참, 갈참, 신갈나무에서 서어나무로의 遷移進行說을 밝혔으나(이 등, 1990f), 북한산에서는 소나무 → 갈참나무로 進行되어 서어나무로의 進行까지는 예측할 수 없었다고(박 등, 1987) 하였다.

현재 서울시내 남산과 창덕궁 후원에서는 상관적으로 보아 자연적 천이 단계의 極相樹種인 서어나무가 출현을 하지 않고 있으므로 서울에서의 酸性雨 및 大氣汚染이 군집구조에 영향을 주어 生態的 遷移現象까지 妨害하고 있는 것으로 판단된다. 만일 이와 같은 현상이 지속될 때는 서울 인근의 삼림군집은 천이가 중지되어 自然生態系의 破壞가 加速化되고 都市林으로서의 쾌적한 環境을 제공하 는 公益的 機能을 수행하기 어렵게 될 것이다. 따라서 본 연구는 서울시내의 식물군집에 대하여 種數 및 個體數의 變化, 토양의 衰退, 수목의 生長率 減少와 ordination기법에 의한 군집구조를 밝혀 環境汚染에 의해 稀少種이 滅種하고 普通種만이 남아

종의 다양성이 낮아지는 退行遷移 現象을 究明하고 현재 수종중 환경오염에 耐性이 강한 樹種과 세력이 감소되고 있는 수종을 밝혀보고자 한다. 이러한 것은 서울도심의 삼림을 그대로 방치하면 가시적으로 고사되는 것이 나타나지는 않으나 서서히 삼림 생태계가 파괴될 것이라는 假說의 檢證과 서울시의 綠地軸으로서 시민의 폐의 기능을 담당하고 있는 도시자연림에 있어 환경오염에 의한 피해의 현재 상황을 밝히는 중요한 연구가 될 것으로 생각한다.

## II. 調査地 設定 및 調査方法

### 1. 調査地 設定 및 植生調査

창덕궁 후원의 갈참나무(*Quercus alieana*)群集, 남산의 소나무(*Pinus densiflora*)群集과 신갈나무(*Q. mongolica*)群集, 그리고 서울에서 직선거리로 20km 떨어진 광릉의 소나무(*P. densiflora*)群集과 굴참나무(*Q. variabilis*)群集을 대상으로 각 조사 군집에 10×10m의 方形區(Quadrat)를 12개씩 설치한후 설치된 조사구에 출현하는 모든 木本 樹種을 대상으로 수종명 및 胸高直徑(DBH) 혹은 樹冠 投影面積을 조사하였다. 층위는 喬木上層, 喬木下層, 灌木層으로 구분하였으며, 본 조사는 1990년 9월부터 11월까지 실시하였다.

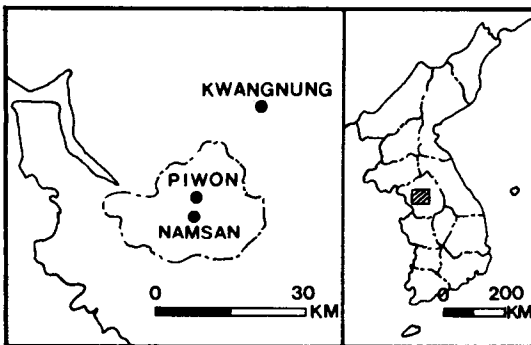


Figure 1. Location map of study area, Piwon, Namsan and Kwangnung.

### 2. 植物群集構造 分析

식생조사결과 얻어진 자료에 의하여 植生層位別

로 각종의 상대적인 중요도를 나타내는 측도로 Curtis & McIntosh(1951)의 相對優占値(importance value: IV)를 사용하였다. 전체식생층의 수종별 상대우점치는 수고를 고려하여 平均相對優占値(mean importance value:MIV)로 나타냈다.

종구성상태의 다양한 정도를 나타내는 측도인 종다양성은 種多樣度(species diversity, H'), 最大種多樣度(maximum possible species diversity, H'max), 均在度(evenness, J'), 優占度(dominance, D)에 의하여 종합분석하였으며 다른 논문들과 비교를 용이하게 하기 위하여 일반적으로 사용되는 Shannon의 수식을 적용하였다. 또한 야외식생조사에서 얻은 자료로서 ordination분석에 필요한 각종의 합성치 평균값(mean)을 구하였다.

이상의 자료를 기초로 ordination분석은 detereined correspondence analysis (DCA) 방법을 이용, Hill (1979b)의 방법에 의하여 모든 분석은 서울시립대학교 환경생태연구실에서 개발한 plant data analysis package(PDAP)와 SAS package를 프로그램으로 이용하고, 컴퓨터는 IBM-PC와 VAX/780을 이용하였다.

### 3. 種數 및 個體數 比較

산성우 및 대기오염물질에 의한 창덕궁 후원과 남산의 식생구조 변화를 살펴보기 위하여 창덕궁 후원의 갈참나무군집과 남산의 소나무군집, 신갈나무군집에 있어서 1986년도에 조사(오, 1986; 이 등, 1986)된 동일 장소에서 500m<sup>2</sup>당 5년간의 樹種間 相對優占値 變化, 樹種數 및 個體數 變化, 土壤 狀態 變化 등을 살펴보았다.

### 4. 生長率 比較

창덕궁후원, 남산, 광릉의 참나무, 소나무군집에서 교목상층을 이루고 있는 수종중 10주씩을 선정하여 木幹(core)을 채취한 후 실험실로 운반, 전체 성장률에 대한 5년 간격의 성장을 비교하였다.

### 5. 남산, 광릉 소나무 樹木被害度 指數 比較

가시적인 피해가 나타나는 수목을 대상으로 피

해도지수를 산정하는 이 등의 방법(1990a)을 이용하여 측정하였다. 측정항목은 잎의 변색정도, 잎의 위축정도, 낙엽율, 신초생장, 소지상태, 지수현황, 정아우세, 수관감소, 전체수세의 9개항목으로 전체항목 최대점수(41)로 피해도지수의 합을 나누어 피해율을 산정하였다.

6. 土壤分析

각 조사지별, 조사구별로 3개지점에서 약 1kg의 토양시료를 1점으로 하고, 1개 조사구에서 3점의 토양시료를 채취하였으며, 시료구분은 다시 토양층위별로 유기물층, 표층(0-5cm), 하층(6-20cm)으로 분류채취, 실험실로 운반하여 그늘에서 풍건시킨후 2mm채를 통과한 것을 공시토양시료로 하였다.

토양의 PH, 수분함량, 유기물함량, P2O5, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>를 서울시립대학교 환경원예학과 생리생태실험실에서 농업기술연구소의 표준방법(1988)에 따라 실시하였으며, 산성우 및 대기오염 물질에 의한 5년간 토양상태 변화를 알아보기 위하여 창덕궁후원과 남산의 1986년 토양분석내용과 비교하였다.

III. 結果 및 考察

1. 調査地 概況

창덕궁 후원은 종로구 와룡동에, 남산은 중구와

용산구의 경계에 자리하여 서울의 중심부에 위치하고 있으며, 그 면적은 창덕궁 후원이 2.34km<sup>2</sup>, 남산이 2.97km<sup>2</sup>이다. 이 두 조사지역은 많은 대기오염물질 및 산성우, 산성안개등의 피해를 받고 있으며 주변의 담과 도로에 의하여 다른 綠地帶와 연결이 안된 고립된 상태이다. 반면에 광릉의 삼림은 서울 주변에서 찾아보기 힘든 自然極相林으로서 안정된 상태를 이루고 있다.

창덕궁 후원과 남산의 氣象은 中央氣象臺 서울측후소(북위 37°41', 동경 26°58', 해발 85.5m)에서 측정한 30년(1951-1980)간 기상자료에 의하면 연평균기온 11.8℃, 연평균 강수량은 1354.7mm이고, 광릉의 기상은 光陵林業試驗場에서 조사한 22년(1962-1983)간의 평균자료에 의하면 연평균기온 11.4℃, 연간강수량 1395.5mm이다. 따라서 본 연구의 조사지는 任(1985)이 구분한 水平的 森林帶에 의하면 溫帶中部林에 해당하며 소나무, 서어나무, 참나무류 및 때죽나무가 優占種으로 出現할 수 있는 地域이다.

Table 1은 창덕궁 후원, 남산, 광릉조사지역의 一般的인 概況을 나타낸 것이다. 창덕궁 후원의 갈참나무림(해발 55m)이외의 조사지의 해발고는 225-300m에 위치하며, 남산의 신갈나무군집만이 북사면이고 모두 남사면으로 경사는 10-15%이다. 참나무군집의 평균수고 및 흉고직경은 각각 13m, 15-20cm이고 소나무의 그것은 광릉이 남산보다 상대적으로 컸다.

Table 1. General description of Piwon, Namsan and Kwangnung.

Site	Community	Altitude	Aspect	Slope (o)	Canopy			Under Story			Shrub.		
					H	DBH	*C.R.	H	DBH	*C.R.	H	DBH	*C.R.
Piwon	<i>Quercus</i> Community	55	SW	10	12	25	70	4	4	50	2	2	35
Namsan	<i>Pinus densiflora</i> Community	225	S	10	7	12	70	3	3.5	30	1.2	1.5	95
	<i>Quercus</i> Community	250	N	10	12	25	75	5	4	40	2	2	50
Kwang-nung	<i>Pinus densiflora</i> Community	260	SW	15	14	30	40	0	0	0	2	2	40
	<i>Quercus</i> Community	300	SE	10	13	15	80	6	4	70	2	2	60

\*C.R. : Covering ratio, H : Height, DBH : Diameter of Breast Height.

2. 植物群集構造 分析

식물군집의 상대우점치분석에서 광릉의 소나무 군집은 소나무의 稚樹와 상수리, 졸참, 신갈, 갈참나무 등의 참나무류와 중부은대림에서 遷移의 極相階에 이룰 수 있는 서어나무(강 등, 1982; 박, 1985; 박 등, 1988; 이 등, 1987; 1989; 1990d; 1990e; 1990f; 1990g)의 치수가 喬木下層과 灌木層에서 다수 출현하여 우점을 차지하고 있으나, 남산 소나무군집에서는 서어나무치수는 물론 소나무치수도 출현하지 않고 있으며, 산성토양에 강한 때죽나무, 국수나무가 우점을 차지하고 있다(Figure 2). 또한 참나무류 군집에서도 광릉에서는 喬木上層에 우점을 이루고 있는 참나무, 서어나무류가 喬木下層, 灌木層에서도 우점을 차지하고 있고 까치박달나무 등도 출현하고 있으나 남산과 창덕궁 후

원에서는 喬木上層에 우점을 이루고 있는 신갈, 갈참나무가 喬木下層, 灌木層에서 도태되어가고 서어나무, 까치박달나무는 전혀 출현하고 있지 않으며, 남산에서는 아카시나무, 때죽나무, 팔배나무, 당단풍, 진달래 등이, 창덕궁 후원에서는 때죽나무, 진달래, 당단풍, 팔배나무 등 서로 비슷한 수종들이 우점을 차지하고 있어, 남산과 창덕궁 후원 森林의 衰退現象이 비슷한 수준임을 알 수 있다(Figure 3). 이것은 서울의 행정경계에 위치하고 있는 남한산성에서도 소나무가 솔잎혹파리의 심한 피해를 받은 후 회복과정에서 소나무 → 참나무류, 팔배나무, 쪽동백 → 서어나무로 천이가 진행되고 있는 상황(이 등, 1990e)과도 차이를 보이고 있다.

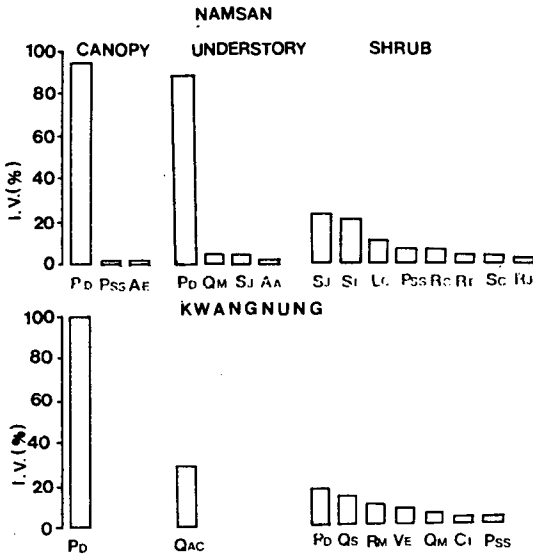


Figure 2. Importance values of *Pinus densiflora* community in Namsan, Kwangnung(1990.11).

Pd : *Pinus densiflora*, Pss : *Prunus sargentii*, Ae : *Aralia elata*, Qm : *Q. mongolica*, Sj : *Styrax japonica*, Aa : *Ailanthus altissima*, Si : *Stephanandra incisa*, Lc : *Lespedeza cyrtobotrya*, Rt : *Rhus trichocarpa*, Rc : *Rubus crataegifolius*, Sc : *Symplocos chinensis*, Rj : *Rhus chinensis*, Qac : *Q. acutissima*, Qs : *Q. serrata*, Rm : *Rhododendron mucronulatum*, Ve : *Viburnum erosum*, Ci : *Carpinus laxiflora*

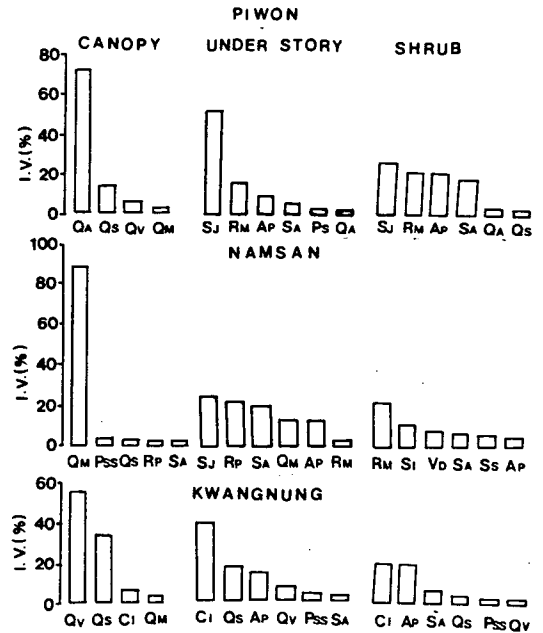


Figure 3. Importance values of *Quercus* community in Piwon, Namsan, and Kwangnung(1990. 11).

Qa : *Quer aliena*, Qs : *Q. serrata*, Qv : *Q. Variabilis*, Qm : *Q. mongolica*, Sj : *Styrax japonica*, Rm : *Rhododendron mucronulatum*, Sa : *Sorbus alnifolia*, Ap : *Acer pseudo-sieboldianum*, Ps : *Prunus serrulata var. spontanea*, Pss : *Prunus sargentii*, Rp : *Robinia pseudoacasia*, Si : *Stephanandra incisa*, Vd : *Viburnum dilatatum*, Ss : *Smilax sieboidii*, Ci : *Carpinus laxiflora*

面積變化에 따른 種多樣度の 變化를 보면(Figure 4) 창덕궁 후원에서는 100m<sup>2</sup>, 0.48에서 600m<sup>2</sup>, 0.86으로 증가하였으며, 남산의 종다양도는 200m<sup>2</sup>에서 광릉보다 낮았고 300m<sup>2</sup>이상에서는 1.0에 가까웠으나 최대종다양도에서는(Figure 5) 광릉→남산→비원의 순으로 그 값이 광릉에 비하여 떨어졌다. 종다양도와 최대종다양도에서 비원과 남산이 광릉에 비하여 낮은 것은 環境汚染에 의해 植物群

集이 影響을 받은 것으로 보인다.

植物群集構造分析에서 유사한 조사구나 종들이 인접되어 유사하지 않은 것들과 분리할 때 사용하는 定量的인 방법중 좋은 것으로 알려진 ordination기법중 DCA(deterended correspondence analysis)를 이용하여 창덕궁 후원, 남산, 광릉의 식물군집구조를 분석한 결과(Figure 6) 남산과 창덕궁 후원의 生態的인 遷移는 소나무에서 졸참나무, 신갈나무, 굴참나무으로 진행된 상태로 더 이상의 천이 진행이 안되고 있다. 반면에 광릉 식물

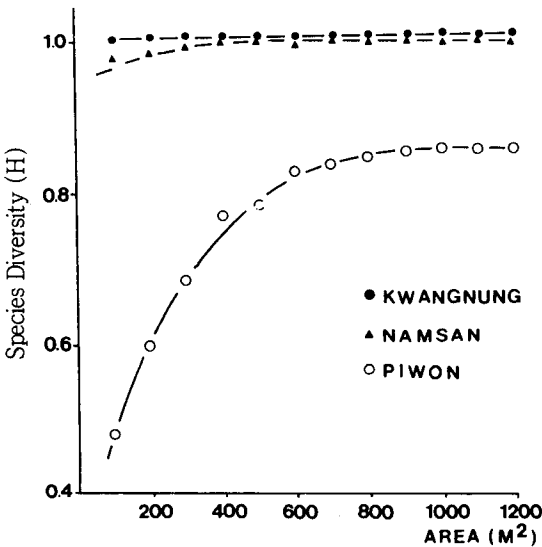


Figure 4. Changes of the species diversity by the plot area for each site(1990. 11).

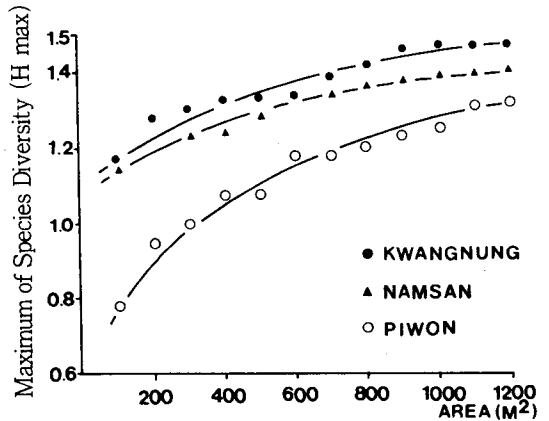


Figure 5. Changes of the maximum of species diversity by the plot area for each site(1990. 11).

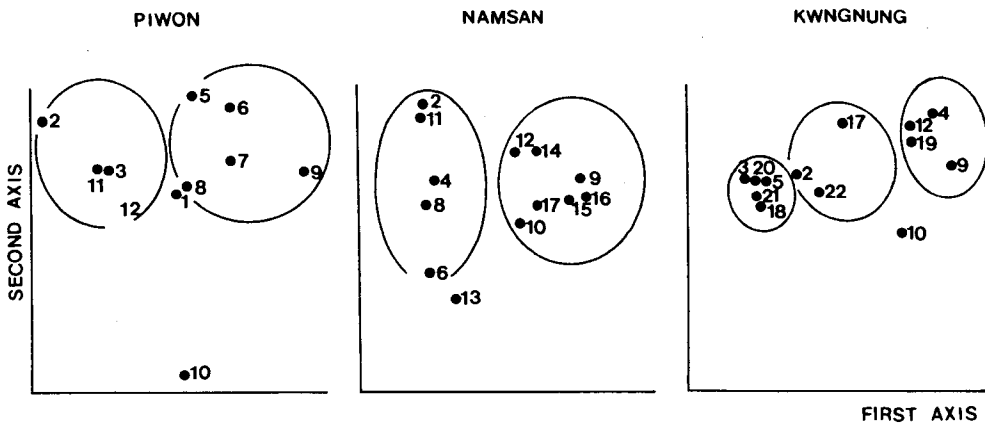


Figure 6. Species ordination on the first two axes, using DCA for each site(1990. 11).

1. quercus aliena, 2. Q. serrata, 3. Q. variabilis, 4. Q. mongolica 5. Callicarpa Japonica, 9. Pinus densiflora, 10. Prunus serrulata var. spontanea, 11. Acer pseudo sieboldianum, 12. Rhus chinensis, 16. Crataegus pinnatifida, 17. Rhus trichocarpa, 18. Pyrus ussuriensis, 19. Cornus kousa

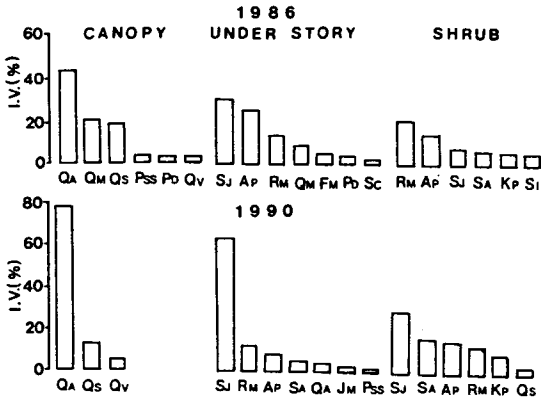


Figure 7. Changes of importance values between 1986 and 1990 of quercus community in Piwon.

Qa: *Quercus aliena*, Qm: *Q. mongolica*, Qs: *Q. serrata*, Pss: *Prunus sargentii*, Pd: *Pinus densiflora*, Qv: *Q. variabilis*, Si: *Stephanandra incisa*, Sj: *Styrax japonica*, Ap: *Acer pseudo-sieboldianum*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Fm: *Fraxinus mandshurica*, Sc: *Symplocos chinensis for pilosa*, Sa: *Sorbus alnifolia*, Kp: *Kalopanax pictus*, Jm: *Juglans mandshurica*.

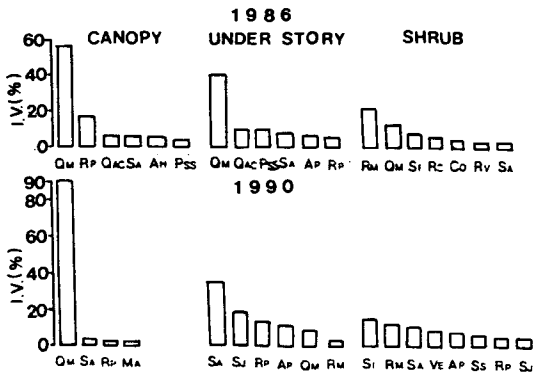


Figure 8. Changes of importance values between 1986 and 1990 of *Q. mongolica* community in Namsan.

Qm: *Q. mongolica*, Rp: *Roinia pseudoacasia*, Qac: *Q. acutissima*, Sa: *Sorbus alnifolia*, Ah: *Alnus hirsuta*, Pss: *Prunus sargentii*, Ap: *Acer pseudosieboldianum*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Si: *Stephanandra incisa*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Co: *Celastus orbiculatus*, Rv: *Rhus verniciflua*, Ma: *Maackia amurensis*, Sj: *Styrax japonica*, Ve: *Viburnum erosum*, Ss: *Smilax sieboldii*

군집의 생태적인 천이는 소나무 → 졸참나무 → 서어나무로 천이가 진행되고 있어 창덕궁 후원, 남산과 대조를 보이고 있다. 서어나무는 우리나라 온대 중부림에서 自然的인 遷移段階중 極相을 이룰 수 있는 수종이나, 현재 남산과 창덕궁 후원의 삼림내에는 喬木上層에 서어나무가 고립목으로 남아 있으나 치수가 발생되지 않는 것으로 보아 산성우 및 대기오염물질에 의한 서어나무의 種子發芽 및 稚樹의 生長이 지장을 받은 것으로 생각된다.

창덕궁 후원의 식물군집구조분석에서 1986년과 1990년의 相對優占值를 비교한 결과(Figure 7) 喬木下層, 灌木層에서의 수종의 분포가 변하여 때죽나무, 팔배나무, 당단풍, 진달래의 세력이 1986년에 비하여 증가하였고, 남산에서도 1986년에 비하

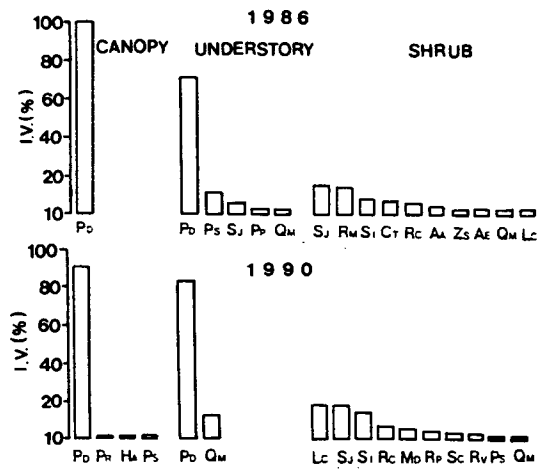


Figure 9. Changes of importance values between 1986 and 1990 of *Pinus densiflora* community in Namsan.

Aa: *Ailanthus altissima*, Ae: *Aralia elata*, Ct: *Cocculus trilobus*, Lc: *Lespedeza cyrtobotrya*, Ma: *Maackia amurensis*, Md: *Menispermum dauricum*, Pd: *Pinus densiflora*, Pp: *Prunus padus*, Pr: *Pinus rigida*, Ps: *Prunus serrulata var. spontanea*, Qm: *Q. mongolica*, Rc: *Rhus chinensis*, Rc: *Rubus crataegifolius*, Rm: *Rhododendron mucronulatum*, Rp: *Robinia pseudoacasia*, Rv: *Rhus verniciflua*, Sc: *Symplocos chinensis for pilosa*, Si: *Stephanandra incisa*, Sj: *Styrax japonica*, Zs: *Zanthoxylum schinifolium*

여 1990년의 조사구의 상대우점치가 신갈나무군집 교목층에서는 신갈나무, 뱀나무의 세력이 약해지고 팔배나무, 때죽나무, 아까시나무의 세력이 집중되었으며(Figure 8), 소나무군집에서는 관목층에서 참싸리, 때죽나무, 국수나무의 세력이 집중되었는 바 이들은 酸性土壤에 강한 수종들이다(Figure 9).

3. 種數 및 個體數 比較

창덕궁 후원, 남산, 광릉의 참나무류가 優占種인 群集에서 喬木上層, 喬木下層, 灌木層의 出現 個體數는(Table 2) 창덕궁 후원과 남산이 광릉에 비하여 상대적으로 적은 개체수를 보였으며 특히 喬木下層, 灌木層으로 갈수록 개체수의 차이가 커졌다.

Table 2. The number of all woody plants of the canopy, understory and shrub layer for each community (per 1,200m<sup>2</sup>).

Area	Community	Canopy	Understory	Shrub	Total
Piwon	<i>Quercus</i> community	42	217	349	608
Namsan	<i>Pinus densiflora</i> community	150	25	720	895
Kwangnung	<i>Quercus</i> community	50	166	683	899
	<i>P. densiflora</i>	49	14	1,788	1,849
	<i>Quercus</i> community	91	419	900	1,410

이러한 경향은 창덕궁 후원에서 더 심하였고, 소나무군집에서도 남산이 광릉에 비하여 평균 출현 개체수가 작았다.

각 조사지역의 종수에 있어서(Table 3) 소나무, 참나무군집 모두에서 광릉, 남산, 창덕궁 후원으로 갈수록 그 수가 줄어들었으며 특히 관목층에서 심

하였다. 창덕궁 후원, 남산의 소나무, 참나무군집에서의 출현종수와 개체수의 감소가 광릉에 비하여 낮은 것은 서울시의 環境汚染狀態가 植物群集의 衰退現狀을 가중시키고 있는 것으로 생각되며 특히 灌木層에 있어서 環境汚染에 의한 직접적인 피해가 크게 나타나고 있는 것으로 보여진다.

Table 3. Species number of canopy, understory, and shrub layer for each community (per 1,200m<sup>2</sup>).

Area	Community	Canopy	Understory	Shrub	Total
Piwon	<i>Quercus</i> community	6	8	15	
Namsan	<i>Pinus densiflora</i> community	4	4	32	34
Kwangnung	<i>Quercus</i> community	6	11	23	25
	<i>P. densiflora</i>	1	2	39	39
	<i>Quercus</i> community	4	15	29	29

Table 4. Basal area and coverage of the canopy, understory and shrub layer for each community (m<sup>2</sup>/100m<sup>2</sup>).

Area	Community	Canopy	Understory	Shrub
Piwon	<i>Quercus</i> community	0.22	0.12	15.68
Namsan	<i>Pinus densiflora</i> community	0.18	0.02	63.83
Kangnung	<i>Quercus</i> community	0.13	0.02	32.34
	<i>P. densiflora</i>	0.33	0.00	51.99
	<i>Quercus</i> community	0.24	0.04	56.43



100㎡당 조사된 창덕궁 후원, 남산, 광릉 참나무류군집 조사지역의 樹冠投影面積은 (Table 4) 관목층에서 각각 15.68㎡, 32.34㎡로서 광릉의 56.43㎡에 비해 상대적으로 낮은 값이었다. 소나무군집에서는 남산이 광릉보다 관목층 수관투영면적이 컸으나, 이것은 남산 소나무군집 관목층에 국수나무가 전체를 피복하고 있었기 때문이다.

Table 5, 6은 창덕궁 후원과 남산의 동일 조사구

에서 5년간(1986-1990) 種數 및 個體數의 變化를 보여주고 있다. 1986년 창덕궁 후원 갈참나무군집의 수종수는 500㎡에서 喬木上層, 喬木下層, 灌木層이 6종, 9종, 22종이던것이 1990년에는 그 값이 3, 7, 10종으로 줄어들었다. 개체수에 있어서도 86년에 교목상층 30개체, 교목하층 74개체, 관목층 281개체에서 90년에는 각각 16, 91, 120개체로 줄어들어 종수와 개체수 모두에서 86년도에 비하여

Table 5. Changes of species number and the number of all woody plants at Piwon site from 1986 to 1990.

Community	Year	Species number				Plant number				Area
		A1	A2	A3	Total	A1	A2	A3	Total	
Quercus community	1986	6	9	22	27	30	74	281	385	500m2
	1990	3	7	10	13	16	91	120	227	500m2

A1 : canopy A2 : understory A3 : shrub

Table 6. Changes of species number and the number of all woody plants at Namsan site from 1986 to 1990.

Community	Year	Species number	Plant number	Area
P. densiflora community	1986	26	1,179	500m2
	1990	18	294	-
Quercus community	1986	27	1,375	-
	1990	19	333	-

90년도에 현저한 감소현상을 보였으며 특히 관목층에서 심한 차이를 보이고 있다. 남산의 경우에서도 500㎡당 86년과 90년도의 변화가 소나무군집에서는 각각 22종 1,179개체수에서 18종 294개체수로 크게 변화했으며 참나무군집에서는 27종 1,375개체수가 19종 333개체수로 변화하여 環境狀態의 惡化에 의한 樹種數와 個體數의 심각한 減少現狀을 把握할 수 있다.

4. 生長率比較

남산, 광릉 소나무군집 내의 소나무 生長率을 測定, 平均한 結果를 보면 (Figure 10, 11) 1975년까지 生長減少 趨勢를 보이다 75-80년까지 다소 생장이 증가하였으나 80년을 기점으로 생장이 다시 감소하고 있다. 즉 전체적으로 생장을 변화폭 차이가 다소 있으나 계속적인 성장감소 경향을 보여 주었다. 참나무류군집에서도 창덕궁 후원과 남산은 75

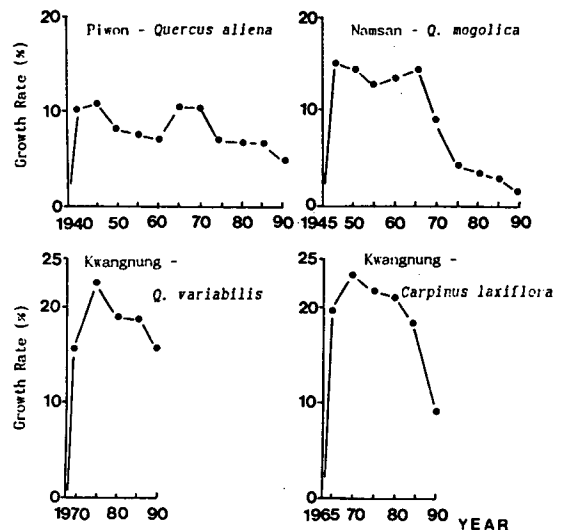


Figure 10. Growth ratio of Quercus Community and Carpinus laxiflora in Piwon, Namsan and Kwangnung(1990. 11)

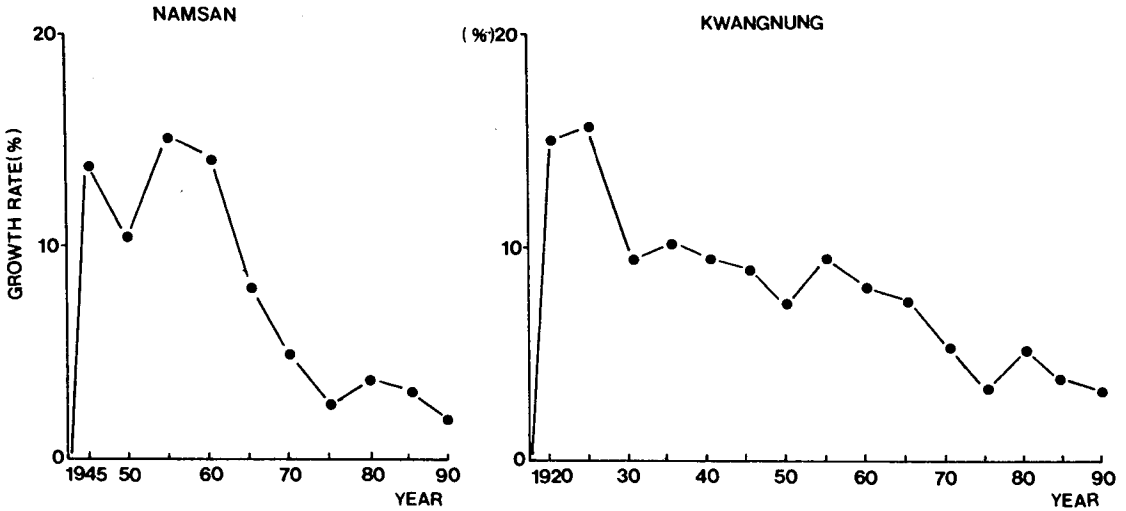


Figure 11. Growth ratio of pinus densiflora in Namsan and Kwangnung(1990. 11).

년 이후부터 급격한 生長低下 現狀을 보였으며, 특히 남산의 신갈나무 生長을 감소 폭이 컸다. 광릉에서도 굴참나무와 서어나무가 75년도 이후 현저한 生長을 감소를 보여 이러한 현상이 환경오염에 의한 영향과 무관하지 않다고 생각되며, 이에 대한 확실한 구명과 대책이 이루어져야 할 것으로 본다.

5. 南山, 光陵 소나무 樹木被害度指數

남산과 광릉의 소나무 집단 被害度指數를 살펴보면(Table 7) 被害率이 광릉 24.5%, 남산 50.8%로 남산의 소나무 피해상태가 광릉에 비하여 심각하며 피해상태는 특히 잎의 변색, 위축정도, 낙엽율, 소

Table 7. Injured index of damage degree of Pinus densiflora at Namsan and Kwangnung site.

Site	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	X <sub>10</sub>	RATE
Namsan	3.69	2.31	7.77	1.00	1.78	2.19	0.00	0.81	1.31	20.86	50.8
Kwangnung	0.41	1.20	5.84	0.00	0.50	0.80	0.10	0.90	0.30	10.05	24.5

X<sub>1</sub>: Needle fading, X<sub>2</sub>: Degree of depauperation, X<sub>3</sub>: Needle defoliation ratio, X<sub>4</sub>: Branch drooping condition, X<sub>5</sub>: Shoot growth condition, X<sub>6</sub>: Twig condition, X<sub>7</sub>: Terminal bud condition, X<sub>8</sub>: Crown decline condition, X<sub>9</sub>: Tree strength, X<sub>10</sub>: Total injured index(X<sub>1</sub>+X<sub>2</sub> +X<sub>9</sub>), RATE: %((Injured index /41 \$ :100).

지의 고사상태에서 광릉의 소나무에 비해 매우 열악한 상태를 나타낸다. 이것은 남산의 소나무가 적극적인 관리하에 있음에도 불구하고 可視的인 被害가 광릉에 비하여 심함을 알수 있다.

6. 土壤分析

토양 pH는 창덕궁 후원 참나무림 토양에서 가장 낮은 값인 4.40이었고, 남산이 4.56-4.57, 광릉 소나무림이 4.86, 참나무림은 5.08 이었다. 즉, 대상 지역중 창덕궁 후원의 토양이 가장 산성화된 토양

상태를 보였으며, 남산의 토양도 광릉에 비하여 토양의 산도가 낮았다(Table 8). 특히 창덕궁 후원과 남산의 토양산도는 이수욱 등(1986)이 조사한 1986년의 전국에서 酸集積(acid accumulational)이 가장 심한 서울의 토양산도 평균치가 4.6이라는 상태보다 낮은 값을 보이고 있어 環境汚染에 의한 土壤의 衰退狀況을 보여주고 있다.

참나무군집의 토양 치환성 양이온의 K, Ca, Mg 함량 모두에서 광릉, 남산, 창덕궁 후원의 순으로 낮아져 창덕궁 후원의 토양상태가 가장 안좋은 것

Table 8. Mean value of soil chemical properties for each site and community.

Area	Community	pH (1:5)	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm
				m.e / 100g		
Piwon	<i>Quercus</i> community	4.40	0.110	0.417	0.160	9.80
Namsan	<i>Pinus densiflora</i> community	4.57	0.143	0.588	0.194	7.95
	<i>Quercus</i> community	4.57	0.154	0.571	0.176	10.90
Kwangnung	<i>P. densiflora</i>	4.86	0.152	0.872	0.259	8.13
	<i>Quercus</i> community	5.08	0.155	0.330	0.264	9.98

으로 나타났다. 이러한 토양상태는 환경오염에 의한 영향으로 보아지며, 이러한 토양양료의 상태가 창덕궁 후원의 식물군집을 쇠퇴시키는 요인으로 작용하는 것으로 생각된다. 소나무군집의 토양상태 또한 남산이 광릉에 비하여 치환성 양이온 K, Ca, Mg의 토양내 함량 모두 그 값이 떨어지고 있다.

남산, 광릉 소나무, 참나무류군집의 토양 시료를 토양 層位別로 分析한 결과(Table 9) 토양산도는 유기물층이 가장 낮고 하층으로 갈수록 높은 반면, 치환성 양이온 K, Ca, Mg 함량은 유기물층이 가

장 높고 하층으로 갈수록 낮았다. 이것은 스웨덴에서 酸性雨 및 大氣汚染物質에 의해 너도밤나무 및 독일가문비나무에서 1927년과 1983년 사이에 土壤酸度가 0.3-0.9의 값이 減少하여 토양이 산성화 되었으며, 土壤層位の 실험에서는 56년간(1927-1983년)에 腐植層, A2層, B層, C層중 토양산도의 값의 감소가 큰 순서는 C층, B층, A2층, 부식층으로 腐植層은 酸性雨が 내리면 어느정도 緩衝作用을 하고 있다는 발표(Hallbaken, 1986; Innes, 1987)와 일치하였다.

Table 9. Soil chemical properties by layer at Namsan and kwangnung site(1990. 11).

Site	Species	Soil Selection	pH (1:5)	O.M. (%)	Ava. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exch.	Cation(me / 100g)	
						K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>
Namsan	<i>Pinus densiflora</i> community	O horizon	4.19	12.97	13.00	0.515	3.007	0.748
		A "	4.30	4.71	8.40	0.301	0.924	0.450
		B "	4.54	3.04	7.00	0.248	0.810	0.413
	<i>Quercus</i> community	O "	4.57	12.35	19.25	0.657	2.841	0.677
		A "	4.41	4.35	7.90	0.445	0.767	0.417
		B "	4.70	3.12	6.50	0.350	0.634	0.304
Kwangnung	<i>Pinus densiflora</i> community	O "	4.75	21.50	20.73	0.677	6.349	1.476
		A "	4.81	2.50	4.60	0.265	1.306	0.488
		B "	4.84	2.30	3.50	0.304	0.857	0.494
	<i>Quercus</i> community	O "	4.88	10.48	14.50	0.569	2.467	1.079
		A "	4.85	3.07	6.00	0.425	0.717	0.561
		B "	4.96	2.62	5.40	0.335	0.550	0.444

창덕궁 후원의 86년부터 90년까지 5년간의 토양 상태 변화를 Table 10에 나타냈다. 土壤酸度가 4.6에서 4.4로 낮아졌고 Ca<sup>++</sup>과 Mg<sup>++</sup>이 각각 0.94, 0.41에서 0.41, 0.16으로 顯著的 減少現象을 보였다. 또한 남산의 5년간의 변화

를 보면(Table 11) 소나무, 신갈나무군집 모두에서 토양내 K, Ca, Mg, P의 치환성 양이온 함량 변화가 있었으며, 특히 Ca와 P의 치환성 양이온 함량의 감소가 뚜렷하였다.

Table 10. Changes of soil chemical properties at Piwon site from 1986 to 1990.

Community	Year	pH (1:5)	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> m.e/100g	Mg <sup>++</sup>
<i>Quercus</i> community	1986	4.60	0.11	0.94	0.41
	1990	4.60	0.11	0.41	0.16

Table 11. Changes of soil chemical properties at Namsan site from 1986 to 1990.

Community	Year	pH	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> m.e/100g	Mg <sup>++</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ppm
<i>P. densiflora</i> community	1986	4.50	0.18	0.72	0.18	10.12
	1990	4.57	0.14	0.58	0.19	7.95
<i>Quercus</i> community	1986	4.44	0.12	0.86	0.16	12.54
	1990	4.57	0.15	0.57	0.17	10.90

#### IV. 結 論

서울시내 창덕궁 후원, 남산의 삼림과 광릉의 삼림에서 인간의 답압이 배제된 소나무, 참나무류가 優占種인 群集을 대상으로 酸性雨 및 大氣汚染物質에 의한 森林土壤 및 植物群集構造의 變化와 被害의 정도를 파악하고자 1990년 9월부터 11월에 걸쳐, 창덕궁 후원(비원)의 갈참나무군집, 남산의 소나무, 신갈나무군집, 광릉의 소나무, 굴참나무군집의 木本植物만을 대상으로 植物群集의 構造를 Curtis & McIntosh의 방법으로 조사를 실시하여 出現種數 및 個體數, 樹冠投影面積, 種多樣度와 土壤酸度 및 養料分析, 樹木生長率測定, 樹木被害度 調査 등의 인자를 조사. 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 광릉의 소나무군집은 소나무의 치수 및 상수리나무, 졸참나무, 신갈나무, 갈참나무 등의 참나무류와 中部溫帶林中에서 遷移의 極相段階에 이를 수 있는 서어나무의 치수가 喬木下層, 灌木層에서 다수 출현하여 優占을 차지하고 있으나, 남산 소나무군집에서는 서어나무치수는 물론 소나무치수도 출현하지 않고 있으며, 산성토양에 강한 때죽나무, 국수나무가 우점을 차지하고 있다. 또한 참나무류군집에서도 광릉에서는 喬木上層에 우점을 이루고 있는 참나무, 서어나무류가 喬木下層, 灌木層에서

도 우점을 차지하고, 까치박달나무 등도 출현하고 있으나 남산과 창덕궁 후원에서는 교목상층에 우점을 이루고 있는 신갈, 갈참나무가 교목중층, 관목층에서 淘汰되어가고 서어나무, 까치박달나무는 전혀 출현하지 않고 있다. 남산에서는 아카시나무, 때죽나무, 팔배나무, 당단풍, 진달래 등이, 창덕궁 후원에서는 때죽나무, 진달래, 당단풍, 팔배나무 등 서로 비슷한 수종들이 우점을 차지하고 있어 남산과 창덕궁 후원 삼림의 쇠퇴현상이 비슷한 수준임을 알 수 있다.

(2) 種多樣度와 最大種多樣度에서 광릉, 남산, 창덕궁 후원의 순으로 그 값이 광릉에 비하여 떨어졌다.

(3) Ordination기법중 DCA(deterrended correspondence analysis)를 이용하여 植物群集構造를 分析한 결과 남산과 비원의 生態的인 遷移는 소나무에서 졸참나무, 신갈나무, 굴참나무로 진행된 상태로 더이상의 遷移 進行이 중단된 반면, 광릉 식물군집은 소나무→졸참나무→서어나무로 생태적인 천이가 진행되고 있어 창덕궁 후원, 남산과 대조를 보이고 있다.

(4) 남산과 창덕궁 후원의 소나무 및 참나무류가 우점종인 군집에서 喬木上層, 喬木下層, 灌木層의 모든 個體數가 광릉보다 현저하게 적었으며, 특히 창덕궁 후원에서 더욱 심하였다.

(5) 소나무, 참나무류군집 모두 창덕궁 후원, 남

산집단의 出現樹種數가 광릉보다 적었으며, 특히 이런 경향은 灌木層에서 심하였다.

(6) 참나무류군집의 灌木層 樹冠投影面積은 100㎡당 창덕궁 후원과 남산의 집단이 각각 15.68㎡, 32.34㎡로서 광릉의 56.43㎡에 비해 상당히 낮은 값이었다.

(7) 광릉과 남산의 소나무에 대한 被害度指數를 계산한 결과 피해율이 각각 24.5%, 50.8%로 남산의 소나무가 적극적인 관리하에 있음에도 불구하고 가시적인 피해가 광릉에 비하여 심하게 나타나고 있다.

(8) 수목의 성장율에 있어서 광릉, 남산, 창덕궁 후원 삼림의 수목 모두가 심한 生長低下 現象을 나타내고 있으며, 특히 광릉의 삼림에서도 굴참나무, 졸참나무, 서어나무가 1975년 이후 현저한 성장감소 현상을 나타내어 微視的인 森林衰退 現象이 나타나고 있다.

(9) 토양산도는 참나무류군집에서 남산과 창덕궁 후원의 4.57, 4.40은 광릉의 5.08에 비해 강산성이었고 치환성 양이온 Mg의 함량도 남산과 창덕궁 후원의 값이 광릉에 비해 상당히 낮은 수준이었다. 토양 층위별로는 유기물층이 가장 낮고 하층으로 갈 수록 높았다. 반면에 치환성 양이온 함량은 유기물층이 가장 높고 하층으로 갈 수록 낮았다.

위의 결과들과 같이 현재 서울시내에 위치하고 있는 남산과 창덕궁 후원 삼림에서는 生態的 遷移 段階의 極相樹種인 서어나무가 출현을 하지 않고 있으며, 토양의 산성도 또한 낮게 나타나, 서울에서의 산성우 및 대기오염이 식물군집구조와 삼림토양에 영향을 주어 생태적인 천이현상까지 방해하고 있는 것으로 판단된다. 현재의 상태로 남산과 창덕궁 후원을 그대로 방치 한다면 삼림토양의 산성화와 식물군집구조의 衰退現象이 加速化되어 回復不能의 상태로 될 것이다. 또한 광릉의 삼림토양 및 식물군집구조에 있어서 남산과 창덕궁 후원보다는 양호한 상태이나 삼림자체는 衰退의 徵候가 미시적으로 나타나고 있는 것으로 판단된다. 따라서 서울시내의 삼림과 광릉 및 서울주변의 삼림을 대상으로 산성우 및 대기오염에 의한 삼림토양 및 식물군집구조 변화의 현 상태를 파악하고 피해를 받고 있는 삼림에 대한 대책마련의 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 引用文獻

1. Austin, M. P. and P. Greig-Smith. 1968. The application of quantitative methods vegetation survey II. Some methodological problems of data from rain forest. *J. Ecology* 56:827-844.
2. Curtis, J.T. and R. R. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:476-496.
3. Daniels, R. E. 1978. Foristic analysis of British mires and more communities. *J. Ecology* 66:773-802.
4. Dassler, H. G. and S. Borttitz. 1988. Air Pollution and its Influence on Vegetation. A Member of the Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, Boston, Lancaster. 62-74.
5. Gauch, H. G. 1977. ORDIFLEX-a flexible computer program for four ordination techniques: weighted averages, polar ordination, principal components analysis and reciprocal averaging. Release B. Cornell University, New York. 185pp.
6. Hallbacken, L. and C. O. Tamm. 1986. Changes in soil acidity from 1927 to 1982-1984 in a forest area of south-west Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1:219-232.
7. Hill, M. O. 1973. Reciprocal averaging: An eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61:237-249.
8. Hill, M. O. 1979a. DFCORANA-a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. *Ecology and Systematics*, Cornell University, Ithaca, New York. 52pp.
9. 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 University, Ithaca, New York. 99pp.
10. Innes, J. L. 1987. Air pollution and forestry. Forestry Commission Bulletin 70. London. 40pp.
  11. Kent, M. and J. Ballard. 1988. Trends and problems in the application of classification and ordination methods in plant ecology. Vegetatio 78:109-124.
  12. Krause, G. H. M. , C. J. Arndt, J. Bucher, G. Kent and E. Matzner. 1986. Forest decline in Europe; Development and possible cause. Water, Air, and Soil Pollution 31:647-668.
  13. Ma Guangjing. 1988. Air pollution and forest decline in China. Pages 51-54 in air Pollution and Forest Decline Vol. 1. ed. by Bucher, J. B. & J. Bucher-Wallin. Proceedings of the 14th Intional Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystem. IUFRO p2. 05, Birmensdorf.
  14. McCleanahan, J. R. 1979. Community changes in a deciduous forest exposed to air pollution. Can. J. For. Res. 8:423-438.
  15. Magil, L. P. , F. R. Holden and C. Ackley. 1956. Air pollution Handbook. Mcgraw-Hill Book Company.
  16. Pielou, E. C. 1978. Mathematical ecology. John Wiley & Sons, New York. 385pp.
  17. Prinz, B. and G. H. M. Krause. 1989. State of scientific discussion about the cause of the novel forest decline in the Federal Republic of Germany and surrounding countries. In Air Pollution and Forest Decline Vol. 1. ed. by Bucher, J. B. & J. Bucher-Wallin. Proceedings of the 14th International Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystem. IUFRO p2. 05, Birmensdorf.
  18. Smith, H. W. 1990. Air Pollution and Forests. Springer-Verlag, N. Y. Inc. 8-54.
  19. Whittaker, R. H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. Ecol. Monogra. 26:1-80.
  20. 강운순, 오계철. 1982. 광릉삼림군집에 대한 ordination 방법의 적용. 한국식물 학회지 25 (2):83-99.
  21. 김법철, 이승환 역. 1990. 지구환경보고서. 서울, 당남. 167-195.
  22. 김재봉, 김태욱, 이경재, 박인협 등. 1982. 공단 지역의 녹지조성 및 회복에 관한 연구. 국립환경연구소. 64pp.
  23. 김재봉, 배정오, 김정규, 이경재. 1986. 도시녹화수의 내연성에 관한 연구. 국립 환경연구소 보 7:337-352.
  24. 김재봉, 배정오, 이경재, 이용범 등. 1987. 환경오염생물지표법의 연구개발(1). 과기처보고서. 195pp.
  25. 김재봉, 배정오, 이경재, 이용범 등. 1988. 환경오염생물지표법의 연구개발(2). 과기처보고서. 175pp.
  26. 김준호. 1990. 산성비-식물에 미치는 영향. '90 한국생태학회 및 한국식물학회 심포지움-식물과 환경오염-. 국립환경연구원. 3-33.
  27. 김태욱, 이경재, 김준선. 1983. 환경오염이 식물군집에 미치는 영향에 관한 연구. 한국환경농학회지 2(1):35-44.
  28. 김태욱, 이경재, 김준선. 1985. 여천공업단지의 대기오염이 곰솔에 미치는 영향. 한국대기보전학회지 1:25-32.
  29. 김태욱, 이경재, 박인협. 1982. 환경오염에 의한 울산지역의 삼림생태학적 변화에 관한 연구. 한국임학회지 58:60-69.
  30. 농업기술연구소. 1988. 토양화학분석법. 농촌진흥청. 450pp.
  31. 박인협. 1985. 백운산지역 천연림생태계의 조립구조 및 물질생산에 관한 연구. 서울대학교 대학원 박사학위논문 48pp.
  32. 박인협, 이경재, 조재창. 1987. 북한산지역의 삼림군집구조에 관한 연구. 응용생태연구 1(1)

- :1-23.
33. 박인협, 이경재, 조재창. 1988. 치악산국립공원의 삼림군집구조-구룡사-비로봉 지역을 중심으로-. 응용생태연구 2(1):1-9.
  34. 서울시. 1990. 서울환경현황. 27-90.
  35. 오구균. 1986. 자연식생의 생태적 특성을 고려한 배식설계 기준에 관한 연구-창덕궁 후원 자연식생분석을 통하여-. 서울대학교 환경대학원 환경조경학과 석사학위 논문. 155pp.
  36. 이경재 등. 1986. 남산공원의 자연환경실태 및 보전대책. 남산관리 사무소. 78pp.
  37. 이경재, 오구균, 조재창. 1987. 내장산국립공원의 식물군집 및 이용행태에 관한 연구(II)-Ordination방법에 의한 식생구조분석-. 한국임학회지 77(2):166-177.
  38. 이경재, 조재창, 우종서. 1989. Ordination 및 Classification 방법에 의한 가야산 지구의 식물군집 구조 분석. 응용생태연구 3(1):28-41.
  39. 이경재, 배정오, 고강석, 우종서. 1990a. 울산공단지역에서의 대기오염이 삼림에 미치는 영향-대기오염에 의한 곰솔의 피해- 대기보전학회지 6(1):103-110.
  40. 이경재, 오충현, 류창희, 오구균. 1990b. 개포시민의 숲의 배식에 관한 연구(I)-수목배식사후평가-. 한국조경학회지 18(3):71-84.
  41. 이경재, 오충현, 류창희. 1990c. 서울 올림픽공원의 배식에 관한 연구-수목배식에 관한 사후평가-. 서울시립대학부설 수도권개발연구소 16:11-24.
  42. 이경재, 조재창, 류창희. 1990d. Classification 및 Ordination 방법에 의한 용문산 삼림의 식물군집 구조분석. 한국식물학회지 33(3):173-182.
  43. 이경재, 조재창, 류창희, 송근준. 1990e. 솔잎혹파리 피해적송림의 생태학적 연구(IV)-광주군 소나무군집의 7년간의 식생변화 분석-. 한국임학회지 79(1):21-25.
  44. 이경재, 조재창, 이봉수, 이도석. 1990f. 광릉 삼림의 식물군집 구조(I)- Classification 및 Ordination 방법에 의한 소리봉 지역의 삼림군집 구조 분석-한국임학회지 79(1):173-186.
  45. 이경재, 임경빈, 조재창, 류창희. 1990g. 속리산 삼림군집 구조에 관한 연구(II)-소나무림 보존계획-응용생태연구 4(1):23-32.
  46. 이수욱, 민일식. 1986. 대기오염과 산성우가 삼림생태계에 미치는 영향. 과학기술처보고서. 49-89.
  47. 임경빈. 1985. 신고조림학원론. 향문사. 213-216.
  48. 이창복. 1989. 대한식물도감. 향문사. 990pp.
  49. 조현신, 오계철. 1987. 서울근교 자연생 소나무림에 대한 Ordination 방법의 적용. 한국생태학회지 10(2):63-80.
  50. 한국조경학회. 1989. 창덕궁 정비계획-수목 및 식생을 중심으로-. 문화재관리국. 217pp.
  51. 환경처. 1990. 한국환경연감. 일지사. 17-344.