

王陵의 植生景觀構造 및 管理對策에 관한 研究(I)
— 東九陵 植物群集의 遷移 —

李景宰* · 吳求均** · 錢龍俊***

*서울시립대학교 조경학과 교수

**서울대학교 대학원 임학과 박사과정

***서울시립대학교 조경생태연구실 연구원

Studies on the Vegetational Landscape Structure and Administration
Planning of the Royal Tomb(I)
— Successional Trends of Plant Community of Donggu Royal Tomb —

Lee, Kyong-Jae* · Oh, Koo-Kyoon** · Jeun, Young-Jun***

*Prof., Dept. of Landscape Architecture, Seoul City University

**Ph. D. Candidate, Dept. of Forestry, Graduate School, Seoul National University

***Lab. of Landscape Ecology, Seoul City University

Summary

This study was executed to analyze the vegetational landscape structure of Donggu Royal Tomb forest by four kinds of ordination techniques(polar, principal component analysis, reciprocal averaging, and detrended correspondence analysis) and comparison of the couple photographs between 1920s and 1987. Thirteen sites were sampled with clumped sampling method in June of 1987 and five quadrats were examined in each site.

The result of this study can be summarized as follows.

1. Environmental impact grade 3,4 and 5 area covered 16.11ha and these area should be restored by the input of human energy because self-repair seemed to be impossible.

2. *Pinus densiflora* community of actual vegetation covered 8.2%, *Alnus japonica* community 5.7% and *Quercus aliena* community 15.8% of the surveyed area(73.3ha). And afforested vegetation including *Pinus koraiensis*, *Pinus rigida*, *Alnus hirsuta* and *Robinia pseudoacacia* covered 27.0%.

3. Donggu Royal Tomb forest was divided by *Pinus densiflora*, *P. densiflora* - *Quercus aliena*, *Alnus japonica* - *Q. aliena* and *A. japonica* community. DCA was the most effective method of this study.

4. DCA ordination were showed that successional trends of tree species seem to be from *Pinus densiflora* through *Prunus sargentii*, *Quercus serrata*, *Quercus aliena* to *Carpinus laxiflora* in *P. densiflora* community and from *Alnus japonica* through *Acer ginnala* to *Q. aliena* in *A. japonica* community of the upper layer and from *Rosa multiflora*, *Symplocos chinensis* for. *pilosa*, *Zanthoxylum schinifolium* through *Rhus trichocarpa*, *Styrax japonica*, *Rhododendron scilippenbachii* to *Viburnum erosum*, *Lindera obtusiloba* in the middle layer.

5. By the comparison of the couple photographs between 1920s and 1987, we can recognize the change of historical landscape composed by *P. densiflora* and *A. japonica* community and those community is succeed to *Q. aliena*.

I. 緒 論

朝鮮王陵은 대체로 왕궁을 중심으로 반경 40km내에 風水地理說에 따라 위치를 정하되 남쪽으로 案山을 바라볼 수 있는 표준형¹⁷⁾으로 주변에는 수목이 울창하게 들어서 있었다. 능을 造營할 당시에 식재되었거나 관리된 수목의 종류는 알 수 없으나, 지금까지 남아있는 老巨樹와 1920~1930년대에 朝鮮總督府에서 발행한 朝鮮古蹟圖譜¹²⁾에 의하면 능의 좌우 및 후면에는 소나무를, 전면인 남쪽의 낮은 지대에는 오리나무를 식재하였을 것이다. 소나무는, 養花小錄¹⁴⁾에 의하면, 풍수사상에 의해 선정된 明堂에 심겨질 가장 중요한 수목으로 취급하였고, 한편 한반도에는 5000년전경부터 현재와 같은 소나무림의 경관이 성립되어 1960년대까지만해도 우리나라 삼림에서 가장 많은 면적을 차지하였다.²³⁾ 또한, 오리나무는 우리나라에 집단적으로 자생하는 지역이 없음을 감안할 때 인공적으로 식재하였을 가능성이 크다. 능의 封墳과 그 주위의 구조물은 보호가 잘 되고 있으나, 능주변의 식생은 朝鮮朝의 명맥이 유지될 시기까지는 잘 보호되었으나 한일합방이후 伐採로 소나무가 대량 제거되자 內的自然增加率(r도태)이 강한 種인 代價樹種으로서의 갈참나무, 굴참나무등이 침입하는 生態的 遷移가 발생되었다. 이에 따라 소나무와 오리나무중심의 경관인 본래의 陵域空間의 모습을 찾아보기 힘들게 되었다. 또한 현재의 능주변의 植物群集을 그대로 방치한다면 천이가 계속 진행되어 100~200년후에는 소나무와 오리나무위주의 경관과는 전혀 다른 갈참나무, 서어나무 위주의 경관이 연출될 것이다.

그러므로 본 연구는 朝鮮王陵의 하나인 東九陵의 식생군집의 현재구조를 밝히고, 또한 ordination방법에 의해 遷移過程을 추론하여 陵景觀을 전통성을 갖는 식생경관으로 관리하기 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 하였다.

II. 研究方法

1. 調查對象地

東九陵은 행정적으로는 京畿道 九里市 東九洞에 위치하며 사적 제193호로 지정된 조선역대의 王陵群의 하나로, 1408년 太祖가 사망하자 이곳에 장례지내고 建元陵이라 부른뒤 조선왕조를 통하여 九陵 17位の 王과 后妃陵이 쓰여져 族墳을 이루고 있다. 동구릉은 翼宗의 綏陵이 9번째로 遷奉되던 哲宗6년 이후에 부르게 되었고 이전에는 東五陵, 東七陵이라 불렸으며, 建元陵(太祖), 顯陵(文宗), 穆陵(宣祖), 崇陵(顯宗), 徽陵(仁祖純妃莊烈王后), 惠陵(景宗妃), 元陵(英祖와 繼妃貞純王后), 景陵(憲宗과 王妃, 繼妃), 綏陵(翼宗과 神貞王后)의 9릉이 자리잡고 있다.

동구릉의 전체면적은 191.4ha(57만 4천평)이나 본 조사에서는 9릉주변의 삼림을 위주로 한 73.3ha(22만평)를 대상지로 하였다. 동구릉의 최고 해발고는 127.4m이며, 본조사대상지역의 해발고는 10~80m이다. 이곳의 기상은 15km떨어진 증양기상대에서 측정된 1951~1980년의 30년간의 기상자료에 의하면, 연평균기온 11.8°C, 온량지수(W.I) 100.44°C, 한랭지수(C.I) -18.93°C, 연평균강우량 1354.7mm로서 우리나라의 水平的 森林氣候帶의 구분기준으로는 溫帶中部林에 속하여 낙엽활엽수가 우점종으로 출현하는 지역이다.

2. 調查方法

(1) 調查區 設定

조사구는 동구릉 능주변의 삼림내의 11개소와 건원릉과 목릉주위에 각각 1개소 총 13개소에 설치하였다. 각 조사구에는 5~6개석의 方形區(Quadrat)를 설치하고 방형구크기는 상·중층의 林木群은 10

×10m, 하층의 임목군은 5×5m로 하였는데 層位區分은 기존의 방법²²⁾을 따랐고, 조사시기는 1987년 6~9월이었다. 또한 전조사대상지의 우점종의 분포구분에 따라 現存植生圖를 작성하였다.

(2) 環境調査

환경요인으로는 방위, 해발고, 토심, 토양산도, 토양유기물함량, 토양함수량을 조사하였다. 토양분석을 위하여 각 조사구마다 1개지점을 선정하여 지표층을 걷어내고 1.0kg씩의 시료를 채취, 실험실로 옮겨 page방법²²⁾으로 토양산도, 토양유기물함량, 토양함수량을 측정하였다.

한편, 인공잔디지역을 제외한 조사대상지 전지역을 이용객에 의한 環境被害의 정도에 따라 5단계로 구분 조사하였다.¹⁵⁾ 즉, 피해등급1은 지피식생이 쓰러진 곳, 등급2는 인간에 의한 주활동지대의 지피식생이 없는 곳, 등급3은 대부분의 지피식생이 없고 부식층만 존재하는 곳, 등급4는 토양과 뿌리가 노출된 곳, 등급5는 토양침식이 발생하고 죽은 나무가 출현하는 곳으로 분류하였다.

(3) 植物群集構造

식생조사는 조사구별로 매목조사를 하였는데 상·중층수목은 수종별로 胸高直徑(DBH)을, 하층수목은 樹冠投影面積을 측정하였다. 이상의 자료를 Curtis & McIntosh⁵⁾, 任等²²⁾의 방법에 의해 相對優占值(importance value; I.V), 平均相對優占值(mean importance value; M.I.V)를 계산하였다. 각 조사구의 種多樣度(species diversity, H'), 最大種多樣度(maximum species diversity, H'max), 均在度(evenness, J'), 優占度(dominance, D), 類似度指數(similarity index; S.I.)는 Brower²⁾, Shannon²⁰⁾, Whittaker²¹⁾의 수식을 이용하였다.

(4) Ordination分析

식생자료를 ordination분석에 필요한 각종의 合成值 mean을 다음과 같이 구하였다.

$$\text{Mean}_{ij} = (\text{RD}_{ij} + \text{RC}_{ij}) / 2$$

여기서 RD는 조사구 i에서 수종 j의 相對密度이고, RC는 조사구 i에서 수종 j의 相對被度를 뜻한다. 이상에서 구한 합성치를 ordination분석의 기초자료로 이용하였다. ordination분석은 polar ordination (PO), principal component analysis(PCA), reciprocal averaging(RA), detrended correspondence analysis(DCA)방법을 이용하였다. PO는 Bray and Curtis¹⁾의 방법을, PCA는 variance-covariance 및 correlation coefficient matrix^{6,8)}를, RA는 Hill^{7,9)}의 방법을, DCA는 Hill^{10,11)}의 방법을 이용하였다. 이상의 분석을 위한 computer program은 서울시

립대학교 조경생태학연구실에서 개발한 plant data analysis package(PDAP)와 SAS package를 사용하였고, 모든 계산은 IBM-PC와 VAX/780을 이용하였다.

(5) 1920년대와 1980년대의 植生比較

1920년대에 촬영하여 朝鮮古蹟圖譜¹²⁾에 실린 조선왕조의 陵의 사진중 주변식생의 파악이 용이한 建元陵, 穆陵을 선정하여, 조선고적도보에 수록된 흑백사진에서의 수형과 질감에 의하여 식생상관을 비교하고자 같은 위치에서 흑백필름으로 1987년 4월에 촬영하였다. 한편 위 두지역의 식생구조를 파악하기 위하여 각 룡의 좌우, 후면에 10×10m 방형구 6개씩을 설치하여 앞의 방법에 따라 분석하였다.

III. 結果 및 考察

1. 自然環境要因

각 조사구의 일반적 개황을 나타낸 표1에 의하면, 전조사구는 소나무군집, 소나무-갈참나무군집, 오리나무군집, 오리나무-갈참나무군집으로 크게 나눌 수 있겠다. 한편, 조사구의 대부분은 동향이고, 해발고는 40m 내외이며 토심은 얇은 조사구가 많아 전체적으로 척박한 편이다. 토양산도는 4.6~5.2로서 서울에 위치하는 昌德宮後苑의 4.8¹⁸⁾, 宗廟의 4.2~4.9¹⁶⁾, 宣靖陵의 4.3~4.5¹⁵⁾보다는 높은 수준으로 활엽수의 최적생육범위인 pH 5.5~6.5²³⁾에는 미달되지만 당분간 好酸性樹種인 참나무류의 優占化는 지속될 것이다. 토양의 유기물함량은 조사구10을 제외하고

Table 1. General description for each site

Site(Vegetational community)	Aspects	Altitude		Soil		
		(%)	Depth	pH	Humus (%)	Moisture (%)
1.(<i>Quercus aliena</i> - <i>Alnus japonica</i>)	NE	20	medium	4.90	8.57	19.59
2.(<i>A. japonica</i> - <i>Q. aliena</i>)	E	40	medium	4.69	13.46	25.08
3.(<i>Q. aliena</i> - <i>A. japonica</i>)	NE	45	deep	4.61	5.96	18.73
4.(<i>Pinus rigida</i> - <i>Q. aliena</i>)	NE	50	deep	4.78	8.56	23.98
5.(<i>P. densiflora</i> - <i>Q. aliena</i>)	SE	55	shallow	4.65	5.59	22.12
6.(<i>P. densiflora</i> - <i>Q. aliena</i>)	SE	40	shallow	4.73	8.73	20.85
7.(<i>P. densiflora</i>)	SE	45	shallow	4.89	9.20	21.91
8.(<i>Q. aliena</i> - <i>P. densiflora</i>)	SE	40	shallow	4.63	11.03	20.06
9.(<i>Carpinus laxiflora</i> - <i>Q. aliena</i>)	SE	55	deep	4.81	9.44	21.19
10.(<i>A. japonica</i>)	SE	20	medium	5.15	2.65	16.27
11.(<i>A. japonica</i>)	SE	20	shallow	5.10	7.87	22.28
12.(<i>P. densiflora</i>)	S	50	shallow	4.77	7.67	17.64
13.(<i>P. densiflora</i> - <i>Q. serrata</i>)	SE	75	shallow	4.63	7.42	23.50

는 대체로 7~8%의 범위로서 창덕궁후원¹⁸⁾ (4.14%), 종묘¹⁶⁾ (2.01%), 선정릉¹⁵⁾ (2.08%)보다 높은 수준이나, 조사구10은 2.65%로서 매우 낮은 수준인데 이는 지역에서 이용객의 무단출입이 빈번히 발생하고 또한 밭파기 작업이 계속된 것에 기인할 것이다.

동구릉지역은 이용객에 의한 자연환경의 인위적 훼손은 심한 편은 아니다. 환경피해등급 5단계중 등급1,2는 각각 16.09, 8.42ha로 각각 전체면적(199.44ha)의 8.4, 4.4%이었고, 등급3,4,5는 각각 9.01, 5.57, 1.53ha로 모두 16.11ha로서 전면적의 8.4%인데, 環境被害

度等級3이상인 식생의 변화가 급격히 이루어져 자연적인 회복을 기대하기 어려운 지역으로 적극적인 보전대책이 요구되는 곳이다. 이런 환경피해가 심한 지역은 동구릉의 관리사무소에서 건원릉앞의 매표소에 이르는 중앙지역으로서 단체이용객의 집중적인 이용에 그 원인이 있겠다. 현재 宣靖陵은 단체이용객에 의한 환경피해가 심하여 표토가 유실, 수목의 뿌리가 노출되어 다른 곳에서 토양을 운반하여 덮어주는 관리를 하고 있는 실정이므로 동구릉의 환경피해의 확산에도 주의가 요구된다.

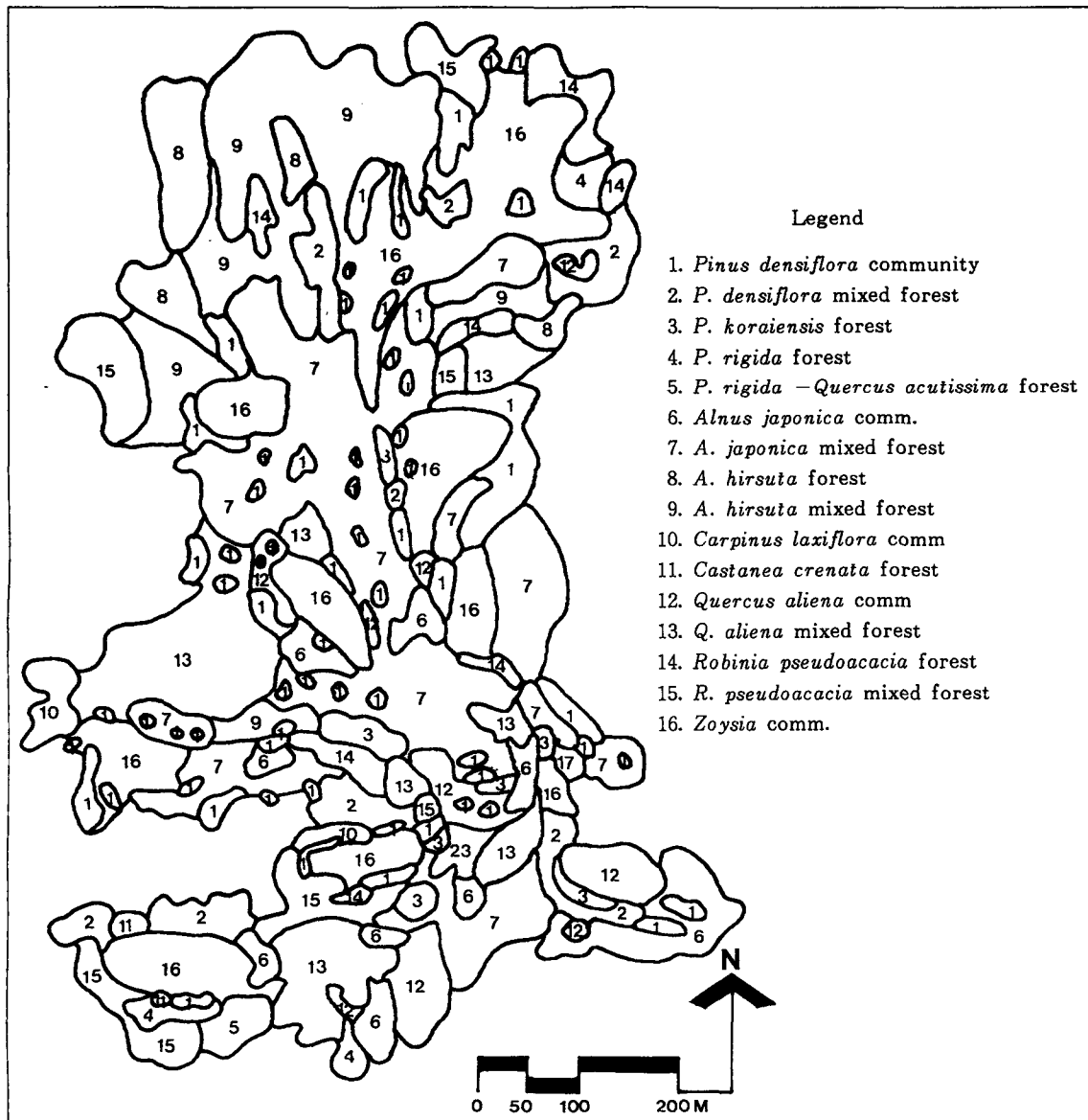


Figure 1. Map of actual vegetation of Donggu Royal Tomb forest.

2. 現存植生

동구릉의 植生相觀에 의한 現存植生圖를 그림1에 나타냈으며, 群集別 면적은 표2와 같다. 소나무순림은 조사대상면적의 8.2%인 6.01ha이며, 이중 100년 이상된 老松은 2.84ha이고, 소나무가 우점종이거나 혼잡된 군집은 3.30ha(4.5%)이었다. 오리나무순림은 4.18ha(5.7%)이고, 오리나무가 우점종이거나 혼잡된 군집은 17.14ha(23.3%)인데 이중, 오리나무-

갈참나무군집이 11.30ha이었다. 갈참나무가 우점종인 군집은 11.57ha(15.8%)로 높은 비율을 차지하고 있었다. 인공식재된 잣나무와 리기다소나무의 면적은 각각 1.10, 1.40ha이었고, 물오리나무와 아까시나무의 식재면적도 각각 11.38, 5.92ha로서 적지 않은 면적인데, 이런 수종들은 도태되어 가고 있는 소나무, 오리나무의 세력감퇴를 가속화시킬 뿐 만 아니라 동구릉의 식생경관에도 어울리지 않으므로 제거하는 방향을 생각하여야 할것이다.

Table 2. Rate of actual vegetation coverage of the surveyed area in the Donggu Royal Tomb.

Community	Area (ha)	Percentage	community	Area (ha)	Percentage
<i>P. densiflora</i>	6.01	8.2	<i>C. laxiflora</i> - <i>Q. aliena</i>	0.63	0.9
<i>P. densiflora</i> - <i>Alnus japonica</i>	0.54	0.7	<i>C. laxiflora</i> - <i>Q. mongolica</i>	0.23	0.3
<i>P. densiflora</i> - <i>Quercus aliena</i>	1.76	2.4	<i>Castanea crenata</i>	0.17	0.2
<i>P. densiflora</i> - <i>Carpinus laxiflora</i>	0.81	1.1	<i>Q. aliena</i>	3.68	5.0
<i>P. densiflora</i> - <i>Styrax japonica</i>	0.19	0.3	<i>Q. aliena</i> - <i>P. densiflora</i>	0.37	0.5
<i>P. Koraiensis</i>	1.10	1.5	<i>Q. aliena</i> - <i>P. rigida</i>	0.26	0.4
<i>P. rigida</i>	0.85	1.2	<i>Q. aliena</i> - <i>P. densiflora</i> - <i>A. japonica</i>	0.79	1.1
<i>P. rigida</i> - <i>Q. acutissima</i>	0.55	0.8	<i>Q. aliena</i> - <i>A. japonica</i>	5.82	7.9
<i>A. japonica</i>	4.18	5.7	<i>Q. aliena</i> - <i>A. hirsuta</i>	0.65	0.9
<i>A. japonica</i> - <i>P. densiflora</i> - <i>Q. aliena</i>	1.85	2.5	<i>Q. aliena</i> - <i>R. pseudoacacia</i>	1.46	2.0
<i>A. japonica</i> - <i>Q. aliena</i>	11.30	15.4	<i>Q. mongolica</i> - <i>R. pseudoacacia</i>	0.10	0.1
<i>A. japonica</i> - <i>Q. mongolica</i>	3.10	4.2	<i>R. pseudoacacia</i>	1.40	1.9
<i>A. japonica</i> - <i>S. japonica</i>	0.72	1.0	<i>R. pseudoacacia</i> - <i>A. japonica</i>	0.85	1.1
<i>A. japonica</i> - <i>S. obassia</i>	0.17	0.2	<i>R. pseudoacacia</i> - <i>A. hirsuta</i>	1.89	2.6
<i>A. hirsuta</i>	2.72	3.7	<i>R. pseudoacacia</i> - <i>Q. aliena</i>	0.22	0.3
<i>A. hirsuta</i> - <i>Robinia pseudoacacia</i>	2.17	3.0	others	10.27	14.0
<i>A. hirsuta</i> - <i>Q. aliena</i>	6.08	8.3	Total	73.30	100.0
<i>A. hirsuta</i> - <i>C. laxiflora</i> - <i>Q. mongolica</i>	0.41	0.6			

3. 植物群集構造

표3은 조사구별로 주요수종의 平均相對優占值(MIV)를 나타낸 것으로서 조사구7,12의 소나무MIV가 각각 66.3, 42.5%를 나타내었고 조사구 10,11은 오리나무의 MIV가 각각 46.8, 34.7%로서 純林에 가깝다. 한편, 조사구 1을 제외하고는 소나무와 오리나무가 동시에 출현하는 조사구는 없어 같은 niche에 속하지 않는 것으로 생각된다. 그리고 소나무 및 오리나무와 갈참나무간의 MIV의 변화는 서로 逆의 관계를 나타내 동구릉의 소나무, 오리나무의 代價樹種은 갈참나무임을 알 수 있다. 조사구 4에서는 리기다소나무의 MIV가 가장 높으나 상수리나무,

갈참나무, 신나무의 MIV도 15%를 넘어 이곳의 리기다소나무식재는 역사경관의 보존, 생태적 식생관 리측면에서 부적당하다.

그림2는 소나무와 갈참나무의 MIV의 증감에 따라 조사구를 배열하고, 주요수종의 층위별 IV를 표시한 것이다. 소나무의 세력의 감소에 따라 갈참나무의 세력은 증가되며, 또한 조사구 9에서는 서어나무의 IV가 높게 나타났다. 하층(D=2m 이하)에서 소나무의 출현은 全無한 대신에 갈참나무의 출현율은 높아 점차 소나무가 도태될 것으로 판단된다. 한편, 다른 참나무류의 IV는 갈참나무보다 훨씬 낮아 屬間競爭에서 갈참나무가 우세하였다.

Table 3. Mean importance values of woody species for each site.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Pinus densiflora</i>	14.8				26.5	33.4	66.3	15.9	4.9			42.5	25.4
<i>Alnus japonica</i>	20.7	31.9	20.5	6.7				2.4		46.8	34.7		
<i>Quercus aliena</i>	48.3	26.8	41.1	16.1	22.6	18.7	4.9	30.2	15.3	9.2	3.2	3.5	9.1
<i>Q. acutissima</i>	0.2	0.1	1.8	16.3	4.7	8.8		10.4	0.3	3.2	2.1	2.3	5.9
<i>Q. mongolica</i>		0.1			3.0	3.8	11.7		7.4			3.7	1.5
<i>Q. serrata</i>						5.8			1.1		3.1	5.3	11.0
<i>Carpinus laxiflora</i>					8.1	3.1		0.1	39.8				
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	3.0	1.8				0.1		0.5	0.3	4.3	2.9		
<i>Acer ginnala</i>	0.3	2.0	3.3	15.8						0.8	10.9		
<i>Styrax japonica</i>	0.8	3.2	4.0	4.5	13.4	0.6		10.6	1.0	8.9	13.7	2.9	5.6
<i>Prunus sargentii</i>	0.1		0.6		0.2				2.1	0.8	2.8	6.5	3.5
<i>Sorbus alnifolia</i>	0.5	0.3			2.8		1.9	0.4	9.6	1.2		9.1	5.4
<i>Pinus rigida</i>				21.8									3.7
<i>Robinia pseudoacacia</i>						16.8	2.8	0.4					2.2
<i>Lespedeza maximowiczii</i>	0.8	0.3		1.1	0.2	1.0	4.9	1.4	1.0			0.9	0.7
<i>Viburnum erosum</i>			0.6		0.2			0.4	3.0			0.2	
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	1.0		0.8		0.3	1.4	1.1	0.3	2.7			0.9	0.1
<i>Rh. schlippenbachii</i>			0.6		0.2	0.8	0.8		2.3			0.2	0.7
<i>Rhus trichocarpa</i>	0.5		0.8	0.6	0.4	0.2		0.3	1.1	5.4	0.3		
<i>Rh. japonica</i>					2.0		0.5					0.2	2.7
<i>Malus sieboldii</i>	0.2	0.9			1.0					0.9			
<i>Symplocos chinensis for. pilosa</i>	0.7	4.0	7.4	2.2	1.5	0.3		0.2		0.3		0.2	0.7
<i>Euonymus sieboldianus</i>		1.0	0.8	0.7									
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	0.1	8.2	3.2	1.7	0.7	1.7		6.4		1.2			1.0
<i>Viburnum sargentii</i>	3.0	6.9	4.3	3.6				0.2		6.4	1.0		
<i>Rosa multiflora</i>	0.1	1.8	1.8	1.1				0.1		0.2	2.7	0.1	0.2

그림3은 오리나무와 갈참나무의 MIV의 증감에 따라 조사구를 배열하고 주요수종의 층위별 IV를 나타낸 것이다. 오리나무와 갈참나무의 IV는 서로 역의 관계로 오리나무의 대상수종도 갈참나무로 판단된다. 오리나무가 우점종인 지역에서는 오리나무는 상층의 IV보다는 낮으나, 중·하층에서도 출현하여 다른 수종의 경쟁을 인위적으로 완화시켜준다면 오리나무로의 후계림도 가능할 것이다.

표4는 조사구별의 다양성지수를 계산하여 보인 것으로 조사구 7~9까지는 소나무의 MIV가 감소되는 순으로, 조사구 4~10까지는 오리나무의 값이 증가되는 순으로 배열한 것이다. 조사구 7~9에서 소나무의 MIV가 감소됨에 따라 種多樣度(H')는 증가하였으며 MIV가 25.4%되는 조사구 1,3에서 H'가 최대값을 보이다가 소나무의 MIV가 더욱 감소되면

H'도 감소되는데, 이것은 種間競爭이 치열한 군집에서는 H'가 최대이다가 어느 한종이 도태되어 안정단계에 이르면 H'가 감소하기 때문이다.³⁾ 오리나무군집은 오리나무의 MIV의 감소에 따라 H'는 계속 감소하고 있다.

조사구간의 類似度指數(S.I.)을 표5에 나타낸바, 소나무순림인 조사구7에서 소나무의 MIV가 점차 감소하는 순서인 조사구 12, 6, 5, 8, 1, 9로 갈수록 유사도지수가 감소하며, 특히 오리나무가 우점종인 조사구와의 SI는 7%내외의 값을 나타내어 군집간의 우점종이 매우 이질적임을 보여주고 있다. 유사도지수가 20%미만일 때는 완전 이질적인 집단임⁴⁾을 감안할 때, 서어나무가 우점종인 조사구9와 오리나무군집과는 구분지를 수가 있겠다.

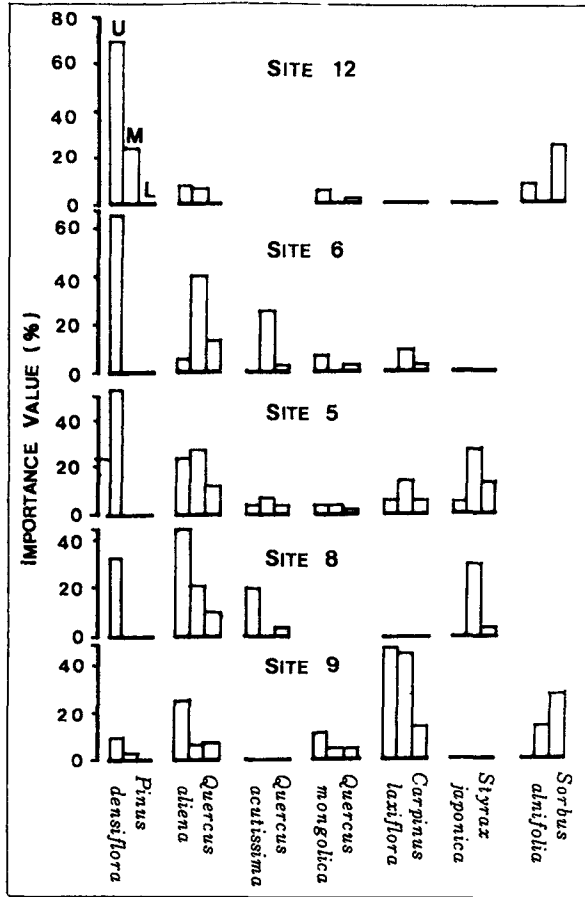


Figure 2. Changes of importance values of major tree species by the layer for *Pinus densiflora* - *Quercus aliena* community (U : upper layer, M : middle layer, L : lower layer)

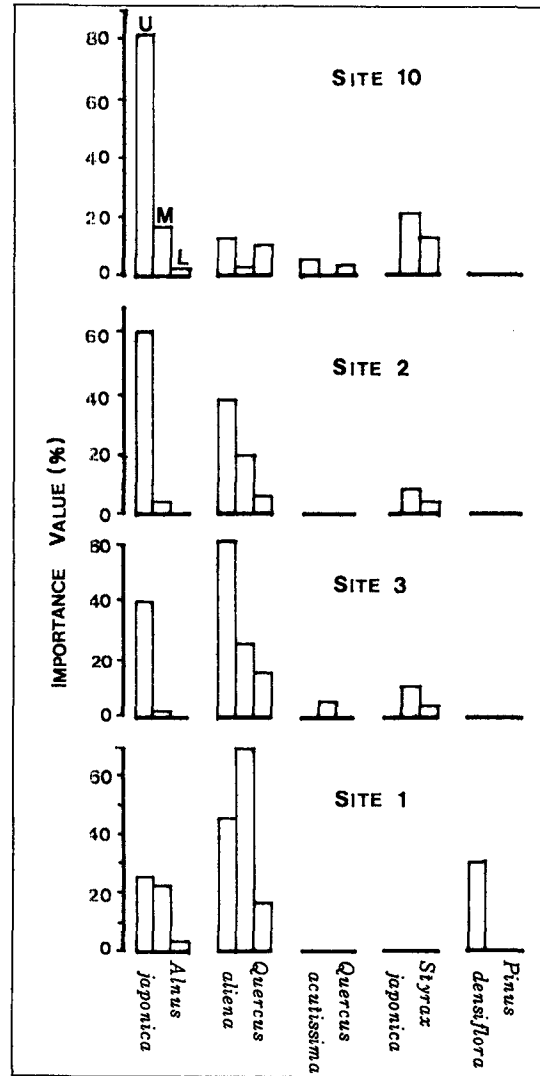


Figure 3. Changes of importance values of major tree species by the layer for *Alnus japonica* - *Quercus aliena* community (U : upper layer, M : middle layer, L : lower layer)

Table 4. Values of various diversity indices of woody species

Community	Site No.	Species diversity(H')	H'max	Evenness (J')	Dominance (1-J')
<i>Pinus densiflora</i>	7	.9473	1.0792	.8778	.1222
	12	.7297	1.4914	.4893	.5107
	6	1.0169	1.3979	.7274	.2726
	5	1.1781	1.4914	.7900	.2100
	13	1.2816	1.5798	.8113	.1887
	8	1.1896	1.5315	.7768	.2232
	1	1.0603	1.4771	.7179	.2831
	9	.8741	1.3802	.6333	.3667
	4	.8768	1.4314	.6126	.3874
	3	1.1373	1.4314	.7946	.2054
<i>Alnus japonica</i>	2	1.0817	1.4150	.7645	.2355
	11	1.0539	1.3010	.8100	.1900
	10	1.2139	1.4314	.8480	.1520

Table 5. Similarity index between each site

site	7	12	6	5	8	1	9	4	3	2	11
12	54.19										
6	48.12	52.34									
5	37.61	46.25	60.21								
8	26.55	39.10	50.20	62.34							
1	22.24	22.83	38.56	43.17	54.46						
9	22.65	30.56	35.03	42.53	31.62	25.08					
4	5.54	10.62	30.48	29.73	38.88	31.61	38.88				
3	6.24	11.13	26.49	33.38	45.11	71.97	20.64	43.85			
2	5.53	7.52	22.74	30.62	43.21	58.83	17.55	39.41	71.37		
11	6.32	11.76	12.69	10.17	9.17	29.12	9.49	25.00	31.91	44.60	
10	6.42	11.19	16.29	25.83	28.68	41.37	14.19	32.18	46.95	58.79	46.39

4. Ordination分析

13개조사구에서 출현한 총수종은 78종인데 이중出現頻도가 3회이상인 42종만으로 ordination분석용 data matrix를 작성하였다. 그림4는 4가지 ordination(PO, PCA, RA, DCA)방법에 의해 분석된 결과를 제1축과 제2축에 도시한 것으로, PCA는 non-PCA, cen-PCA, C&S-PCA를 실시하였다. ordination의 여러방법중 環境句配에 따른 오차를 최소한으로 줄일 수 있는 방법으로 인정된 것이 RA⁹⁾이어서 우선 RA에 의한 결과를 분석한 후 다른 방법을 검토하게 된다. 한편 RA의 제2축의 표현방법을 개선한 DCA가 더욱 효과적임이 밝혀졌다.^{10,11)}

그림4의 RA의 조사구배열에서 제2축의 배열이 집중되어 있으나 DCA에서는 이것이 수정되었다. DCA의 제1축은 total variance의 57.3%를, 제2축까지는 91.4%로서 높은 집중율을 보여 data matrix는 변형하지 않고 이용하였다. DCA결과에서 조사구 10,11은 오른쪽으로, 조사구 7,6은 왼쪽으로 분리된 바, 이 집단들은 각각 오리나무군집, 소나무군집이었고, 중간에 조사구 8은 갈참나무-소나무군집이었고, 조사구 1은 갈참나무-오리나무군집으로서 오른쪽에서 왼쪽으로 오리나무군집, 혼효림(갈참나무-

오리나무군집, 갈참나무-소나무군집), 소나무군집의 순으로 배열되어 DCA가 효과적임을 알 수 있다. 한편, 제2축에서는 제1축에서 분리된 소나무가 우점종인 집단(조사구 7,6,12,13,5,8)과 오리나무가 우점종인 집단(조사구 10,11,2,3,1)으로 나누어 살펴보면, 우선 소나무가 우점종인 집단에서 하부에 위치하는 조사구 7,6,12,13은 소나무의 MIV가 높아 소나무군집이며, 조사구 5,8은 소나무-갈참나무군집이고, 조사구 9는 서어나무-갈참나무군집으로 여기서는 소나무군집, 소나무-갈참나무군집, 서어나무-갈참나무군집의 순으로 배열되어 있다. 오리나무가 우점종인 집단에서 조사구 4는 인공림인 리기다소나무림으로 이를 제외하면, 나머지는 오리나무군집, 오리나무-갈참나무군집의 순으로 배열되어 있었다.

RA는 DCA의 결과와 비슷하나 제2축의 분리가 불분명하고, PO는 오른쪽의 소나무군집의 분리가 명확하지 않았다. non-PCA에서는 조사구 9가 오리나무군집들속에 묻혀 있고, cen-PCA는 조사구 8,9가 제2축의 100%가까운 곳에 위치하여 오리나무군집의 천이도 서어나무군집으로 진행됨으로 나타내나 본조사에서는 이러한 추정이 인정될 수 없었으며, C&S-PCA는 제2축으로 분리경향을 보여 채택하기가 곤란하였다.

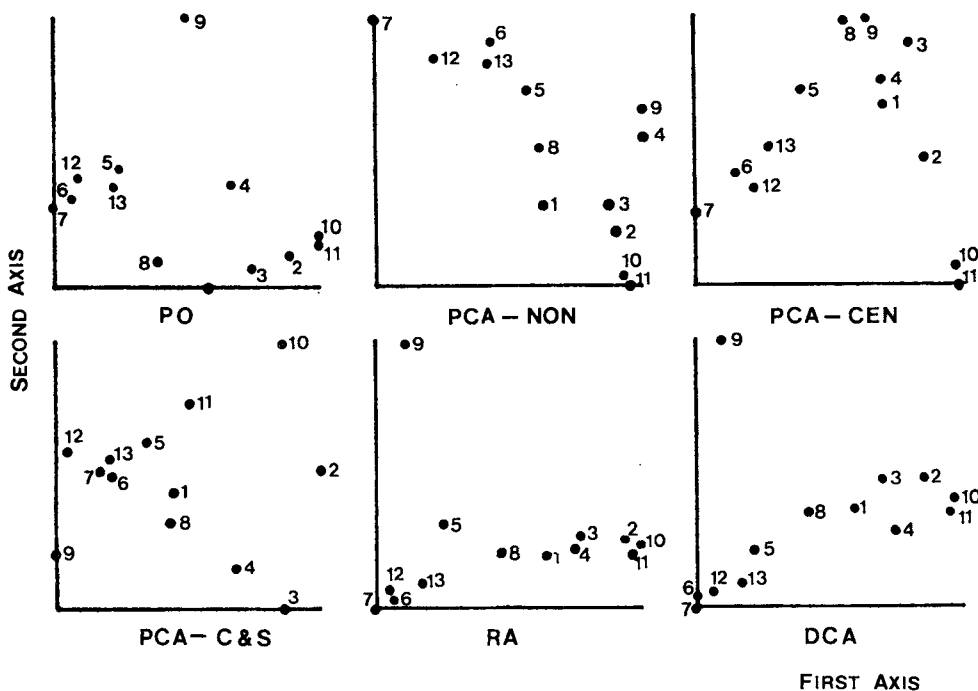


Figure 4. PO, PCA, RA DCA ordination of 13 sites in Donggu Royal Tomb forest.

각조사구의 種組成的 변화에 關連되는 主要環境 요인을 判단하기 爲해 3개의 環境요인들을 4단계 (표6)로 나누어 DCA결과의 제1,2축에 표시한 것이 그림5이다. 그리고 각 環境요인과 DCA, RA의 제1, 2축의 scores와 相關分析을 한 것이 표7이다. 표7에서와 같이 어느 축의 scores도 環境요인과 有意的인 相關관계가 인정되지 않았으나 DCA의 제1축과

pH와의 相關係數(r)가 0.424인데 5%의 有意수준에는 미치지 못하지만 어떤 傾向을 기대할 수는 있겠다. 그림5에 의하면 pH는 제1축에서 대체로 오른쪽은 계급4, 왼쪽은 계급1로 분리되어 있어 동구릉의 環境요인중 토양 pH는 식생군집간에 차이가 인정되었었다. 식생군집의 遷移 초기는 環境요인(특히 物理的인 要因)에 의해 지배당하나 어느정도 遷移가 進行되던 식생에 의해 生態的 遷移가 과우되는데, 이는 土壤의 劣化 등에 의한 토양양료의 변화에 기인되는것이다. 그리고 본 조사지에서 소나무군집보다 오리나무군집의 토양산도가 높은 것은 오리나무의 낙엽층에 Ca함량이 소나무군집보다 높은 것에 기인한다. 그러나 토양유기물함량의 차이가 없는 것은 낙엽채질 및 이용객의 탄압에 의한 것으로 생각된다.

Table 6. Ratings of representing ranges of environmental variables

Class	pH	Humus(%)	Moisture(%)
1	>4.640	>6.690	>19.160
2	4.640 - 4.770	6.690 - 8.560	19.160 - 21.190
3	4.770 - 4.895	8.560 - 9.320	21.190 - 22.890
4	4.895 >	9.320 >	22.890 >

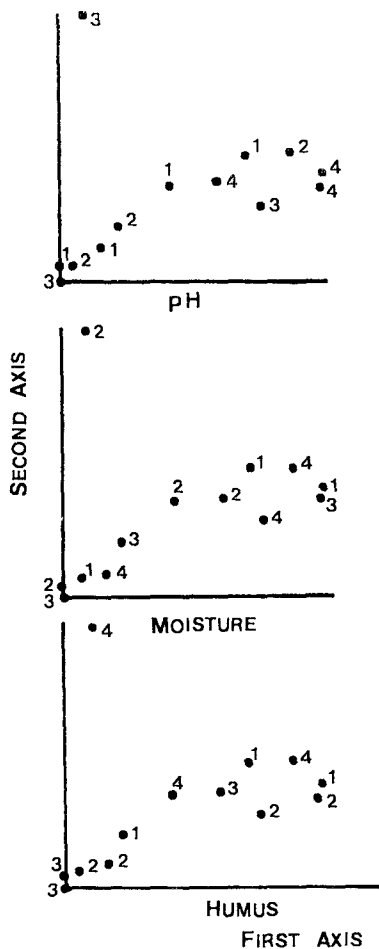


Figure 5. Distribution of environmental factors on DCA ordination based on 13 sites in Donggu Royal Tomb forest.

Table 7. Correlation coefficient between 3 environmental variables and the stand scores of axis 1 and 2

	Stand Scores of axis 1		Stand scores of axis 2	
	RA	DCA	RA	DCA
pH	.395	.424	-.003	.043
Humus	-.105	-.116	.064	.052
Moisture	.014	.010	.037	-.017

그림5은 DCA에 의한 주요수종 25종에 대한 ordination 분석의 결과인데 상층은 제1축에서는 왼쪽에 소나무, 오른쪽에 오리나무가 분리되었고, 제2축에서는 아래쪽에 소나무, 위쪽에 서어나무가 분리되어 있다. 중층은 왼쪽에 생강나무, 오른쪽에 짙레나무로 분리되어 있는데, 이상의 결과로 추정되는 遷移系列을 밝힌것이 표8이다. 표8에서 보이듯이 동구릉 식생군집의 上層中 소나무군집은 소나무→산벚나무, 졸참나무→갈참나무, 상수리나무→서어나무로, 오리나무군집은 오리나무→신나무→갈참나무로 遷移가 進行중이었고, 중층에서는 짙레나무, 백당나무, 노린재나무, 산초→아그배, 개웃나무, 때죽나무, 철쭉, 진달래→덜꿩나무, 생강나무의 순으로 遷移가 進行중이었다. 서울근교의 光陵山¹³⁾은 소나무→갈참나무→서어나무, 北漢山¹⁴⁾은 소나무→졸참나무, 산벚나무→신갈나무, 들메나무로 遷移가 進行중이라고 보고된 바 동구릉도 같은 傾向을 나타냈다. 즉, 동구릉에서 능의 좌우, 후면공간의 景觀을 構成하는 소나무와 전면의 오리나무는 점차로 없어지고 갈참나무 또는 서어나무의 세력이 확장되어 본래의 식생景觀은 사라질 것이다.



Figure 6. DCA ordination of woody species based on 13 sites in Donggu Royal Tomb forest.

- | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|--|
| 1. <i>Pinus densiflora</i> | 10. <i>Acer ginnala</i> | 18. <i>Rh. trichocarpa</i> |
| 2. <i>Alnus japonica</i> | 11. <i>Fraxinus rhynchophylla</i> | 19. <i>Euonymus sieboldianus</i> |
| 3. <i>Carpinus laxiflora</i> | 12. <i>Lindera obtusiloba</i> | 20. <i>Rhododendron mucronulatum</i> |
| 4. <i>Quercus acutissima</i> | 13. <i>Malus sieboldii</i> | 21. <i>Rh. schlippenbachii</i> |
| 5. <i>Q. aliena</i> | 14. <i>Rosa multiflora</i> | 22. <i>Euonymus chinensis</i> for. <i>pilosa</i> |
| 6. <i>Q. mongolica</i> | 15. <i>Lespedeza maximowiczii</i> | 23. <i>Styrax japonica</i> |
| 7. <i>Q. serrata</i> | 16. <i>Zanthoxylum schinifolium</i> | 24. <i>Viburnum erosum</i> |
| 8. <i>Sorbus alnifolia</i> | 17. <i>Rhus japonica</i> | 25. <i>V. sargentii</i> |
| 9. <i>Prunus sargentii</i> | | |

Table 8. Successional trends of the major tree species in the Donggu Royal Tomb forest.

Tree layer		Subtree and shrub layer
<i>Pinus densiflora</i> community	<i>Alnus japonica</i> community	
<i>P. densiflora</i>	<i>A. japonica</i>	<i>Rosa multiflora</i>
↓	↓	<i>Viburnum sargentii</i>
<i>Prunus sargentii</i>	<i>Acer ginnala</i>	<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>
<i>Quercus serrata</i>	↓	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>
↓	<i>Q. aliena</i>	↓
<i>Q. aliena</i>		<i>Malus sieboldii</i>
<i>Q. acutissima</i>		<i>Rhus trichocarpa</i>
↓		<i>Styrax japonica</i>
<i>Carpinus laxiflora</i>		<i>Rhododendron schlippenbachii</i>
		<i>Rh. mucronulatum</i>
		↓
		<i>V. erosum</i>
		<i>Lindera obtusiloba</i>

5. 1920년대와 1980년대의 植生比較

그림7,8과 9,10은 각각 동구릉의 建元陵과 穆陵의 1920년과 1980년대의 능주변경관의 모습이다. 1920년대의 건원릉주변은 100~200년생의 노송이 주를 이루고 있으나 최근의 모습으로는 노송은 건원릉 후면 오른쪽에 胸高直徑(DBH; D) 45cm 인 1주만 존재할 뿐이고 나머지 소나무는 D=20cm 내외로서 30~40년전에 형성된 임분으로 추정된다. 그림 9,10에 나타난 소나무림의 변화는 더욱 심하여 1920년대에는 사진으로 보아 D=40~50cm 인 수령 100~200년생의 소나무는 같은 위치에 3주(D=50~56cm)만 남아 있을 뿐 전부 벌채되어 소나무순림은 갈참나무림으로 변화되어 본래의 능주변의 경관은 볼 수 없게 되었다.

건원릉과 목릉주위에 10×10m 방형구를 각각 6개씩 설치하고 수종별 IV를 구하여 그림11,12를 작성, 군집내의 소나무의 위치를 파악하였다. 그림11에 의하면 건원릉주변의 식생경관은 상층이 소나무가 우점종이나 중·하층에서는 쪽동백, 산벚나무, 팔배나무등의 세력이 왕성하여 소나무림의 경관이 계속 유지되기는 힘들 것이다. 이곳은 원래 능의 造營당시는 토양이 척박하여 소나무만이 생육하자 소

나무고유의 他感作用(allelopathy effect)으로 다른 수종들의 침입이 곤란하였다. 그러나 인간에 의한 소나무의 벌채로 대상수종들의 침입에 의하여 소나무의 타감작용이 파괴된 곳으로서 앞으로 활엽수의 세력을 견제하지 않는다면 얼마남지 않은 소나무는 도태되어 활엽수의 경관으로 바뀔 것이다. 한편, 이곳 능후덕에는 잣나무가 식재되어 수고가 2~3m 정도로 생육하여 중층은 형성하고 있는데, 동구릉의 주요수종은 소나무인바 잣나무는 다른 곳으로 옮기고 소나무의 보호육성을 생각해야할 것이다.

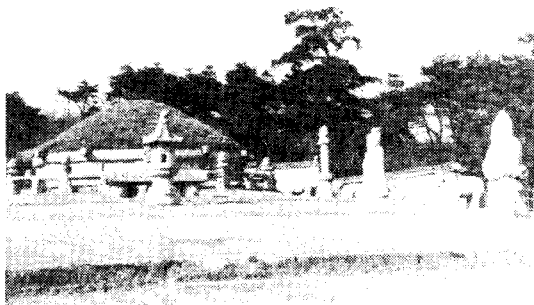
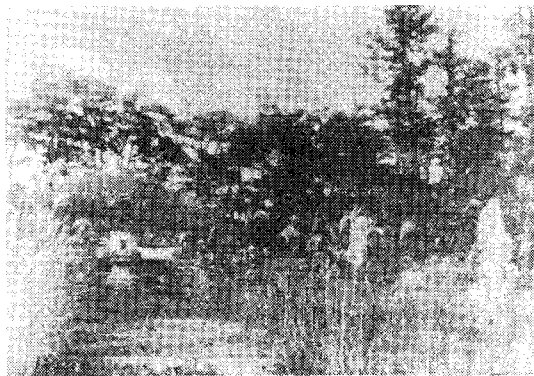


Figure 7. Change of vegetational landscapes between 1920s(above) and 1987(below) around keonwon Royal Tomb

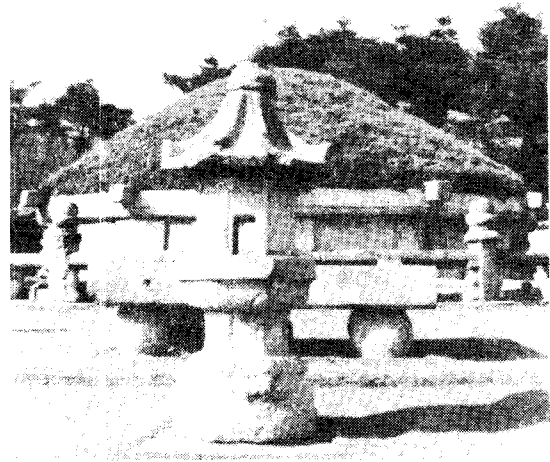
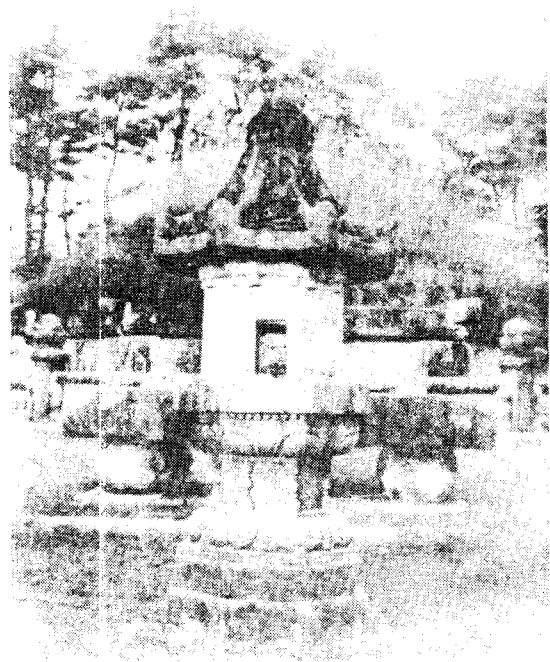


Figure 8. Changes of Vegetational landscapes between 1920s(above) and 1987(below) behind keonwon Royal Tomb



Figure 9. Changes of Vegetational landscapes between 1920s(above) and 1987(below) around Mok Royal Tomb.

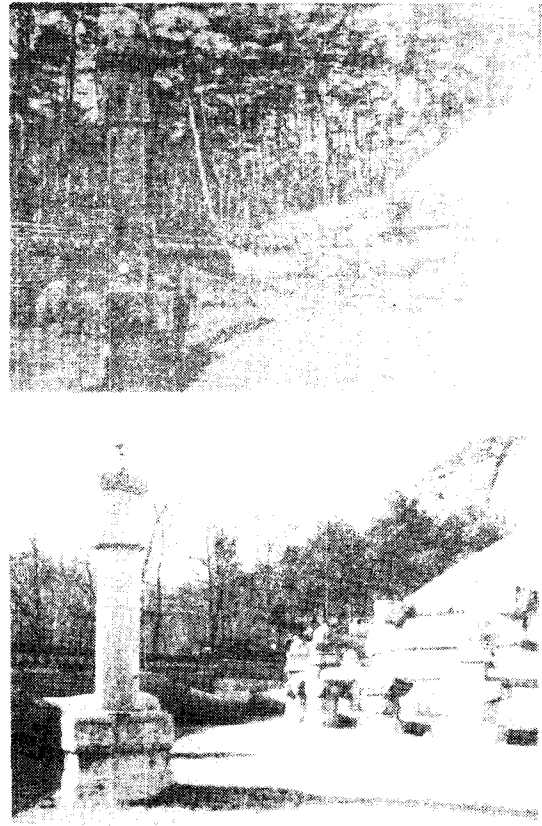


Figure 10. Changes of vegetational landscapes between 1920s(above) and 1987(below) on the west of Mok Royal Tomb.

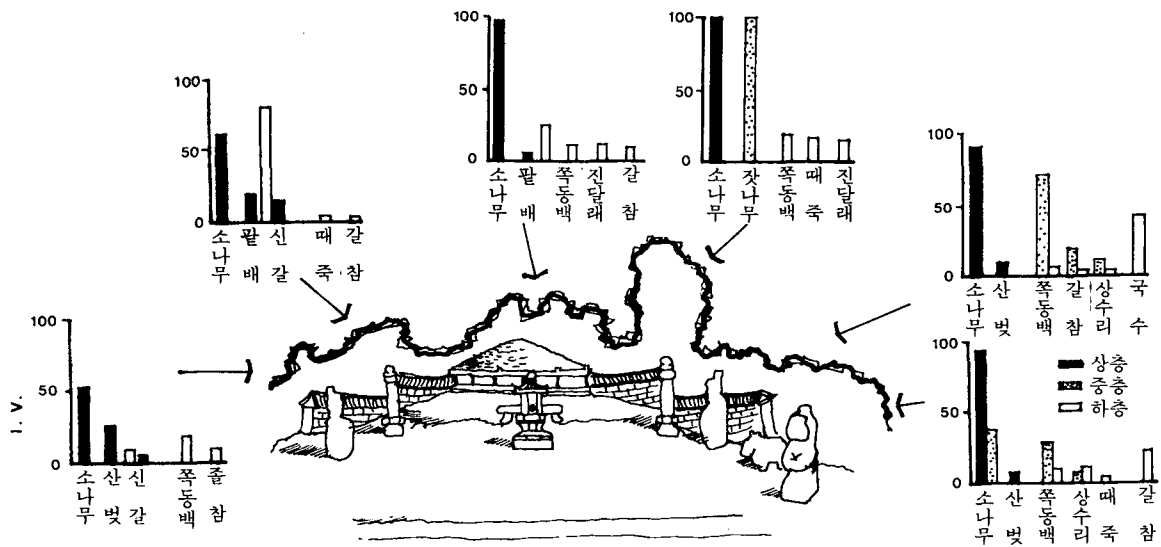


Figure 11. Vegetational structure around Keonwon Royal Tomb forest.

그림12는 목릉에 관한 내용으로 6개의 방형구중 4개에서만 소나무가 우점종을 차지하고 있고, 2개에서는 소나무가 거의 도태된 상태로서 건원릉보다 소나무세력이 약화된 곳이다. 소나무가 우점종인 방형구도 중·하층의 갈참나무, 졸참나무등의 세력이 강하여 소나무가 이들 수종으로 오래지 않아 대체될 것이다. 소나무가 도태된 방형구는 갈참나무,

상수리나무가 우점종을 차지하여 발전단계의 천이까지 진행되었다. 목릉주변 식생군집에도 아까시나무, 리기다소나무, 잣나무가 출현하는데 이런 인공식재수종이 자연식생수종에 미칠 영향은 매우 클 것이며, 또한 능주변의 특유의 역사경관을 파괴하는 주요원인이 되고 있어 이들의 제거를 위한 집중관리가 필요하다.

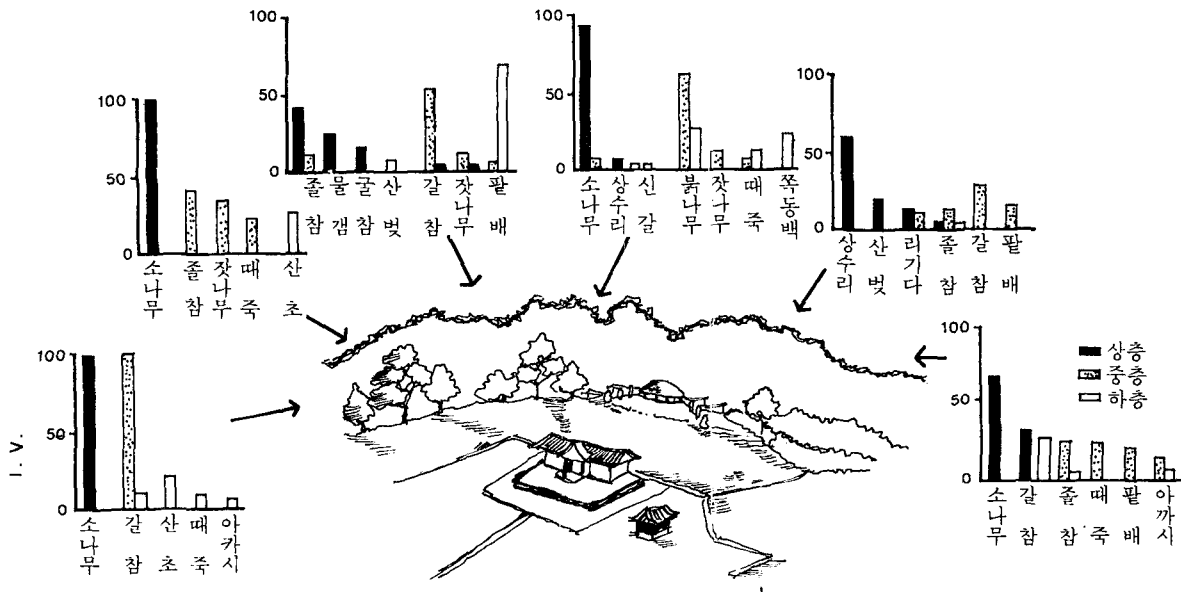


Figure 12. Vegetational structure around Mok Royal Tomb forest.

IV. 結 論

東九陵 植生景觀의 구조변화를 파악하기 위하여 ordination기법에 의한 遷移過程을 예측하고 또한, 1920년대와 1987년의 경관모습을 비교하였는 바 주요결과는 다음과 같다.

1. 동구릉지역의 이용객에 의한 自然環境被害는 피해등급3이상의 면적이 16.11ha로 전체면적 191.4ha의 8.4%인데, 이러한 곳은 식생의 변화가 급격히 이루어진 곳으로서 자연적인 회복이 불가능하므로 적극적인 보전대책이 필요하다.
2. 조사대상지 73.3ha의 현존식생중 소나무순림 및 오리나무순림의 면적은 각각 6.01ha(8.2%), 4.18ha(5.7%)이었고, 갈참나무가 우점종인 군집은 11.57ha(15.8%)이었다. 또한 잣나무, 리기다소나무, 물오리나무, 아까시나무의 인공식재지면적은 19.80ha(27.0%)로서 이들의 제거를 위한 방안이 요구된다.

3. 植物群集構造에서 동구릉의 식생은 소나무, 소나무-갈참나무, 오리나무-갈참나무, 오리나무군집으로 구분되었으며, 相對優占値의 분석결과, 앞으로 소나무, 오리나무의 세력은 약화되고 갈참나무의 세력이 증가될 것이다.

4. PO, PCA, RA, DCA의 ordination기법을 이용한 결과, DCA가 가장 효과적이었다. 또한 DCA에 의한 수종의 遷移系列은 상층에서 소나무군집은 소나무→산벚나무, 졸참나무→갈참나무, 상수리나무→서어나무로, 오리나무군집은 오리나무→신나무→갈참나무, 중층은 쨌레나무, 백당나무, 노린재나무, 산초→아그베, 개웃나무, 때죽나무, 철쭉, 진달래→덜꿩나무, 생강나무의 순으로 천이가 진행중이었다.

5. 1920년대와 1987년의 建元陵 및 穆陵주변의 식생경관을 비교한 결과, 소나무가 우점종이던 군집이 현재는 갈참나무가 우점종으로서 본래의 능력경관은 완전히 이질적으로 변화되었다.

引用文獻

1. Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern wisconsin. *Ecol. Monogr.* 27 : 325-349.
2. Brower, J.E. and Z.H.Zar. 1977. Field and laboratory methods of general ecology. Wm. C. Brown Co., N.Y., 194pp.
3. 崔基哲. 1983. 基礎生態學. 鄉文社, 서울, 251pp.
4. Cox, G.W. 1972. Laboratory manual of general ecology. Wm. C. Brown Co., N.Y., 232pp.
5. Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie forest border region of Wisconsin. *Ecology* 72 : 476-496.
6. 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 Univ., N.Y., 185pp.
7. Gauch, H.G., R.H. Whittaker and T.R. Wentworth. 1977. A comparative study of reciprocal averaging and other ordination techniques. *J.Ecolgy* 65 : 157-174.
8. Gauch, H.G. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge Univ. Press, N. Y., 298pp.
9. Hill, M.O. 1973. Reciprocal averaging : An eigenvector method of ordination. *J. Ecology* 61 : 237-249.
10. Hill, M.O. 1979. DECORANA - A FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging. Cornell Univ., N.Y., 52pp.
11. 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. Cornell Univ., N.Y., 5pp.
12. 朝鮮總督府. 1932. 朝鮮古蹟圖譜 11冊 ; 1612-1615, 1628-1632.
13. 姜倫淳, 吳桂七, 1982. 光陵森林群集에 대한 ordination방법의 適用. *韓國植物學會誌* 25(2) : 83-100
14. 李炳薰譯. 1973. 養花小錄. 乙酉文化社. 186pp.
15. 李景宰, 吳求均, 權英先. 1987. 宣靖陵의 適正收容能力 推定 및 管理方案(I), *韓國造景學會誌* 14(3) : 33-45
16. 李景宰, 吳求均, 趙鉉吉. 1988. 宗廟의 植物群集構造分析 및 管理對策. *韓國造景學會誌(투고중)*
17. 文化財管理局. 1986. 朝鮮王陵. 宇進文化社, 서울, 75pp.
18. 吳求均, 李景宰. 1986. 昌德宮 後苑 自然植生の 植物社會學的 研究. *韓國造景學會誌* 14(2) : 27-42
19. 朴仁協, 李景宰, 趙在昌. 1987. 北漢山地域의 森林構造에 관한 연구. *응용생태연구* 1(1) : 1-23
20. Shannon, C.E. and E. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press, Urbana, 117pp.
21. Whittaker, R.H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecol. Monogr.* 26 : 1-80.
22. 任慶彬, 朴仁協, 李景宰. 1980. 京畿道地方 赤松林의 植物社會學的 研究. *韓國林學會誌*. 50 : 56-71.
23. 任慶彬. 1985. 造林學原論. 1985. 鄉文社, 서울, 491pp.