

## 金井山(釜山) 東斜面溪谷 植生の 生態學的 研究

김맹기 · 이학영 · 김종원

부산대학교 자연과학대학 생물학과  
(1993년 2월 8일 접수)

### Ecological studies of eastern valley vegetation in Mt. KumJung(Pusan)

Maeng-Ki Kim, Hak-Young Lee and Jong-Won Kim

*Department of Biology, College of Natural Sciences, Pusan National University,  
Pusan, Korea*

(Manuscript received 8 February 1993)

#### Abstract

This study was carried out to find the relationships between species pairs in the vegetation of eastern valley vegetation in Mt. KumJung from September 20, 1991 to October 15, 1992. Eight sites were selected, each being divided into 5 quadrats, and thus 40 quadrats were in total. To know the correlation among plant species the  $x^2$  values were calculated by using the method of Yates, and the results were analyzed by cluster analysis according to Sneath and Sokal, and the following conclusions were obtained.

The species examined can be subdivided into five groups according to the relationships. However, the relationships are not correlated with pH, water-content, maximum water holding capacity and mineral content of soil probably due to the environmental discontinuity.

Key words : Correlation relationships, Vegetation, quadrats, cluster analysis, maximum water holding capacity, environmental discontinuity

#### 1. 서 론

종사이의 유사성을 기초로 하여 작성하는 집괴법은 Williams와 Lambert(1961), Lance와 Williams(1967)에 의해 도입된후, 종을 일차원적인 배열로 평면차원으로 환원시키는 방법으로서 이러한 집괴법은 종을 식생의 차원에서 그룹화하는데 큰 작용을 한다. 종의 방대한 조사자료를 객관적으로 분류하는데는 많은 양의 계산이 요구되므로 오늘날에는 컴퓨터를 이용하는 수리분류학의 한 분야로 집괴법이 사용되고 있다. 이러한 식생의 집괴

분석은 종과 주변환경과의 관계에서도 예측할 수 있는 것으로, Poore(1956)는 식생의 그룹형성은 생육지 환경요인의 복합적인 상호작용의 결과이며, Greig-Smith(1961)은 균일한 식생에서는 근소한 환경요인의 차이에 의하여 식생이 결정된다고 하였다. 또한 Agnew(1961)는 분류군 추출에서 얻어진 종간의 출현 유무에 기초로 하여 분할표를 작성하여 추출한  $x^2$ 값에 근거한 유의성을 찾아서 전체 식생의 그룹화를 결정하였다. 이 방법은 종간의 강하고 약한 상관관계에 의해 분포양식이 몇 개의 그룹이 형성되지만 조사대상지의 종분포 양

식에 많은 영향을 받는 경향이 있다.

본 연구는 금정산 동사면 계곡에 대한 군집과 군집을 구성하는 종들의 상관성을 조사하여 식생을 그룹화하고, 군집들과 환경구배와의 관계를 파악함으로써 식생의 연속성 여부와 생태적 환경의 정보를 얻기 위하여 1991 9. 20~1992 10. 15 사이에 걸쳐 비교적 교란이 적게 받은 균일한 지역을 중심으로 조사한 결과를 밝히고자 하였다.

### 2. 조사지 개요

본 조사는 금정산 기슭에 위치한 금정산 동사면 계곡 식생에서 비교적 교란을 적게 받은 종조성이 균일한 계곡을 택했다. 조사지는 고도가 170m 정도이며, 식생의 구조가 인공림이 자연림에 혼합된 산림 식생 구배를 가지고 있으며, 동경 129°05', 북위 35°12'에 위치하고 있으며, 연평균 온도는 약 12~14°C, 강수량은 약 1,000~1,500mm이다. 조사지의 넓이는 400×1,200m의 넓이이며, 그중에서 평탄지를 제외한 경사지는 20°~60°가량의 자연적으로 형성된 계곡을 이루고 있는 곳이었다. 경사진 곳(정점 3~8의 위치)에서는 20년 이상 생육한 소나무와 삼나무가 다수 산재해 있고 조사대상지를 따라 계곡의 지류가 있어 충분한 습도를 가지며 광도는 군락의 관목형성으로 인하여 초본층이 얇게 형성되고 있는 것이 특징으로 볼 수 있다.

조사지의 토양의 모암은 화강암이며 토성은 식양토였으며, 토양색은 황갈색, 붉은갈색이고 pH는 4.86~7.35이었고, 함수량은 4.13~6.02% 이었으며, 최대함수량은 14.3~22.6%이었으며, 유기물량은 1.

1°2.2%이었다. A층의 두께는 10~20cm 내외였다. 조사지는 Fig. 1과 같다.

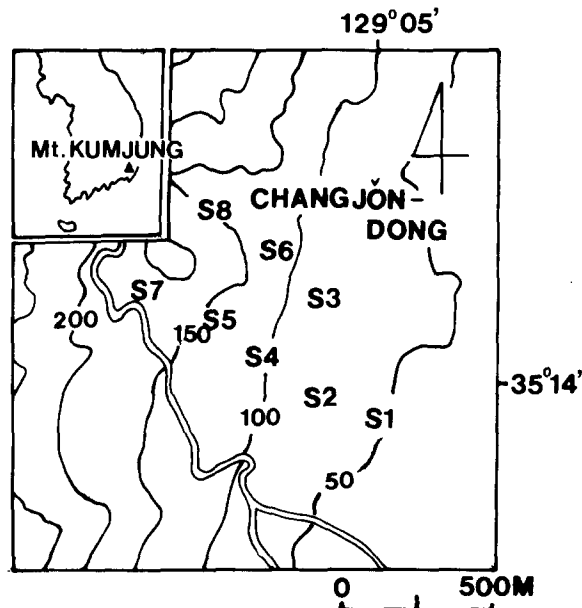


Fig. 1. The map showing surveyed sites of Mt. KumJung.

### 3. 조사내용 및 조사방법

#### 3.1. 식생조사

종조성이 균일한 장소에서 8개 정점을 무작위로 선정하여, 각 정점에서 5×5m<sup>2</sup>로 방형구를 5개씩 계통표본추출법으로 총 40개를 추출했다(Küchler, 1967). 조사측도는 빈도로서, 40개 방형구에 출현한 식물의 종을 기록하였으며 이것을 8개 정점으로 각각 정리하였다(Table 1).

Table 1. The appearance of species in 40 quadrats of 8 sites.

출현종	Site	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5	Site 6	Site 7	Site 8	Total
	Quadrat	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	
쑥( <i>Averaria thunbergiana</i> )		0 0 0 0	0 0 0			0				7
시마초( <i>Erigeron bonariensis</i> )		0 0 0 0	0 0 0		0 0 0				0 0	10
붉은조기꽃( <i>Oplismenus undulatifolius</i> )		0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0	0 0 0 0	0	0 0	23
톱니귀( <i>Ilex dentata</i> )		0 0 0 0 0	0 0 0 0		0 0 0		0		0 0 0	15
참머리명궁( <i>Saifax china</i> )		0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0		26
개오두( <i>Paeonia scandens</i> )		0 0 0	0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0 0		0 0 0	0 0 0	0 0	19
달의장꽃( <i>Camellia communsis</i> )		0 0 0 0	0 0		0 0 0	0	0		0 0 0 0	13
신수리나무( <i>Quercus acutissima</i> )		0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0	0 0 0 0	0	0 0 0 0	24
사철나무( <i>Euonymus japonica</i> )		0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0				0	11
대추나무( <i>Strax japonica</i> )		0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0		25
산초나무( <i>Zanthoxylum schiniifolium</i> )		0 0 0	0 0		0 0	0 0		0		9
산철쭉( <i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>yokohanense</i> )		0 0	0		0	0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0		17



산오리나무( <i>Alnus hirsuta</i> )	0						00		4
사뿔기( <i>Ambrosia crataegifolia</i> )	0						0 0		3
후박나무( <i>Humulus japonicus</i> )	0						0	0 0	4
꽃마리( <i>Trigonotis peduncularis</i> )	0								1
나군도단풍( <i>Acer negundo</i> )	0	0		0 0	0		00		6
사시나무( <i>Crataegus pinnatifida</i> )	0	0							1
물나무( <i>Ahus chinensis</i> )	0	0					0 0		3
한가주나무( <i>Juniperus rigida</i> )	0								6
합박나무( <i>Magnolia sieboldii</i> )	0	0	0 0	0 0			00 0		7
여리나무( <i>Malotus japonica</i> )	0	0	0 0 0				00		10
반나무( <i>Prunus serrulata</i> var. <i>spontanea</i> )	0	0	0 0	0 0			00		2
사시( <i>Urtica japonica</i> )	0								1
환초( <i>Hemoutria elliptica</i> )	0								4
뽕나무( <i>Youngia japonica</i> )	0	0 0 0							2
취소나무( <i>Equisetum arvense</i> )	0							0	1
메느리바람( <i>Persicaria santicosa</i> )	0								1
비목나무( <i>Lindera erythrocarpa</i> )	0								1
갈퀴나무( <i>Ahus effusus</i> var. <i>deciptens</i> )	0								1
개마리( <i>Festuca ovina</i> )	0								1
개마리자비( <i>Festuca parvigluma</i> )	0								1
토끼풀( <i>Trifolium repens</i> )	0								3
양지꽃( <i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i> )	0						0		1
쑥( <i>Miscanthus sinensis</i> )	0								1
덜조목싸리( <i>Lespedeza tomentella</i> )	0								1
도끼근마( <i>Dioscorea bulbifera</i> )	0								1
은사시나무( <i>Populus tomentiglandulosa</i> )	0								1
진뽕나무( <i>Leptogramma mollissima</i> )	0								2
둥글레( <i>Polygonatum humile</i> )	0								2
미자나무( <i>Barberia koreana</i> )	0								1
개마리( <i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i> )	0								1
지모( <i>Aemarrhena asphodeloides</i> )	0								3
좁쌀이( <i>Cardamine parviflora</i> )	0							0 0	1
개마리나무( <i>Vitis thunbergii</i> var. <i>sinuta</i> )	0						0 0 0		1
화양목( <i>Buxus microphylla</i> var. <i>koreana</i> )	0						0		1
어수리( <i>Haracleum moellendorffii</i> )	0						0 0		1
나팔꽃( <i>Liparis kramerii</i> )	0						0 0		1
개마리( <i>Amelopsis brevipedunculata</i> var. <i>heterophylla</i> )	0						0		3
오연꽃( <i>Rhododendron</i> sp.)	0						0	0	1
사시풀( <i>Calamagrostis arundinacea</i> )	0						0 0 0		1
물대나무( <i>Ilex dentata</i> )	0						0		1
쑥대풀( <i>Eucynymus fortunei</i> var. <i>radicans</i> )	0						0		2
쑥대풀( <i>Eucynymus burgenus</i> )	0						0		1
모란수나무( <i>Eraecagnus umbellata</i> )	0						0		1
싸리( <i>Lespedeza bicolor</i> )	0						0		2
메느리바람( <i>Persicaria perfoliata</i> )	0						0		1
쑥대풀( <i>Quercus glauca</i> )	0						0		1
물대나무( <i>Liriodendron tulipifera</i> )	0							0 0	2
갈퀴나무( <i>Galium spurium</i> )	0							0 0	1
고마리( <i>Persicaria thunbergii</i> )	0							0 0	1
쇠별꽃( <i>Stellaria aquatica</i> )	0							0 0	1
반가리꽃( <i>Sanchus oleraceus</i> )	0							0	1
메이주( <i>Chenopodium album</i> )	0							0	1
명색말( <i>Rubus parvifoliata</i> )	0							0	1

주: 각 relve의 quadrat에 출현한 종은 0로 나타냈다.

3.2. x² 산출

조사한 40개 방형구에서 나타난 종을 모두 기록하고 7개 이하의 방형구에 나타난 종을 제외한 33종에 대한 상관관계를 알아보기 위하여 x² 값을 계산하였다. 33개의 각 종들이 쌍으로 출현하는 방형구의 수를 찾아 조합 n(n-1)/2 공식에 의하여, 528번의 2x2 분할표를 작성하여, Yates수정식(Ludwig & Reynolds, 1988), 즉

$$x^2 = \frac{N[|(ad-bc)| - (N/2)]^2}{(a+b)(c+d)(a+c)(b+d)}$$

에 의하여 x² 값을 계산하였다. 계산된 x² 값을 양과 음의 상관으로 구별하였으며 유의수준은 1%와 5%로 표시하였다. 쌍 결합에 의한 양과 음의 유사도지수를 기초로 하여 Sneath와 Sokal(1973) 방법에 의한 spss/pc+program를 이용하여 완전결합 집괴분석(complete cluster

analysis)를 실시하여 각 종에 대한 상호관계를 알아보았다.

### 3.3. Site별 유사도지수

조합계수 방법을 근거로 한 정점별 유사도지수의 산출식은 Jaccard(1908)지수를 이용하여 계산하였다. 이 유사도지수를 이용하여 집괴분석을 실시하였다.

### 3.4. 환경구배분석

토양이 식물의 군집형성에 어떠한 영향을 미치는가를 알아보기 위하여 각 정점에 대하여 다음과 같은 분석을 실시하였다(Michael, 1984).

#### 3.4.1. 토양의 함수량

각 정점에서 채취한 A층 토양을 105°C dry oven에서 4시간 동안 완전 건조시킨후 토양의 무게를 측정하였다. 측정된 습토양에서 건토양 차이를 구한 값을 건토양으로 나눈 백분율을 함수량으로 하였다.

#### 3.4.2. 토양의 유기물

완전히 건조시킨 토양을 600~1000°C의 전기로에서 4시간 동안 완전히 태워서 냉각시킨후 토양의 무게를 측정하여 소각전후의 무게차를 소각시킨 토양으로 나눈 백분율을 유기물량으로 하였다.

#### 3.4.3. 토양의 최대용수량

용지에서 완전 건조시킨 토양을 1.00mm mesh에 쳐서 담은 후 물을 스며나오게 하여 물이 완전히 빠질 때까지 방치하였다가 토양을 채취하여 토양 함수량측정과 같은 방법으로 토양의 최대용수량을 계산하였다.

#### 3.4.4. 토양의 pH

10g의 토양과 50cc 증류수를 넣은 후 한 시간 동안에 10분 간격으로 Metrohm pH meter로 측정하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1. 식생조사

조사지의 식생은 전체 종수가 128종으로 나타났으며 상부에서는 수령이 많은 관목과 교목으로 구성되어, 하부에는 일년에서 다년생초본으로 40 quadrats중에 가장 많이 나타난 종은 청미래덩굴(*Smilax china* L.)로 26 quadrats, 다음은 때죽나무(*Styrax japonica* S. et Z.), 담쟁이덩굴(*Parthenocissus tricuspidata*(S. et Z.) Planch.), 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)가 25 quadrats순으로 나타남을 볼 수 있다. 여기서 청미래덩굴(*Smilax china* L.), 때죽나무(*Styrax japonica* S. et Z.)는 정점 8을 제외한 전 지역에 분포함을 볼 수 있으며, 담쟁이덩굴(*Parthenocissus tricuspidata*(S. et Z.) Planch.), 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.) 계요등(*Paederia scandens* S. et Z.)은 대체적으로 여러지역에 분포함을 볼 수 있었으며, 졸참나무(*Quercus serrata* Thunb.), 산철쭉(*Rhododendron yedoense* var. *poukhanen*(Lev.) Nakai), 고사리(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*(Desv.) Underw.)등은 정점 6, 7, 8에 집중 분포함을 볼 수 있었다.

각 정점에 출현한 종은 정점 1이 52종, 정점 2가 67종, 정점 3이 37종, 정점 4가 68종, 정점 5가 34종, 정점 6이 53종, 정점 7이 36종, 정점 8이 40종으로 나타났다.

### 4.2. 환경구배분석

환경요인 중의 토양의 함수량, 최대용수량, 유기물함량 및 pH의 측정치를 비교하여 보면 Table 2와 같다.

Table 2. Soil water content, Maximum water holding capacity, Organic content and pH at the A Horizon of the Soil in each sites.

Sites	1	2	3	4	5	6	7	8
토양함수량(%)	4.13	4.61	5.69	5.45	4.41	5.23	4.84	6.02
최대용수량(%)	14.3	19.7	22.6	22.6	22.1	20.8	18.8	20.3
유기물함량(%)	2.2	1.7	1.7	1.2	2.1	2.2	2.0	1.1
pH	5.46	6.59	6.94	6.77	4.86	7.35	5.09	5.94

토양함수량은 정점 1에서 가장 낮은 4.13%를 함유하고 있었으며, 이는 경사가 급하고 주변의 식생이 초본류가 희박하고 목본류가 대부분을 차

지하는 단순한 식생을 보이는데 그 이유가 있으며 정점 3에서 가장 높은 5.69%를 기록하였다. 전체 으로는 4.13%에서 6.02%까지의 범위를 나타냈으나 정점간의 큰 차이는 볼 수 없었다.

최대용수량도 정점 1이 가장 낮았고 정점 4가 가장 많은 함수량을 가지고 있었다. 그러나 정점 1을 제외하고 전반적으로 큰차이를 발견할 수 없었다. 유기물량은 1.1%에서 2.2%의 범위를 보였으며 정점 1과 정점 5, 6, 7에서 많았는데 정점 5, 6, 7에서는 소나무 식생의 밀집으로 인한 잔류 유기물의 분해량이 많았던 것으로 생각된다.

pH는 4.86에서 7.35의 범위를 보였으며 정점 5에서 가장 낮았고, 정점 6에서 가장 높은 7.35를 보였다.

#### 4.3. 종 상관에 의한 조합계수( $\chi^2$ )

Table 1에 의해 얻어진 presence-absence의 자료를 이용하여  $2 \times 2$  contingency table을 33종에 대하여 작성하여 구하여진  $\chi^2$ 값에 기초하여 도형을 얻을 수 있었다(Fig. 2). 이 도형에서 계요등은 담쟁이덩굴과 주름조개풀, 씬바귀는 아카시아, 조록싸리, 뱀나무 등과 양의 반응을 보여주며, 주름조

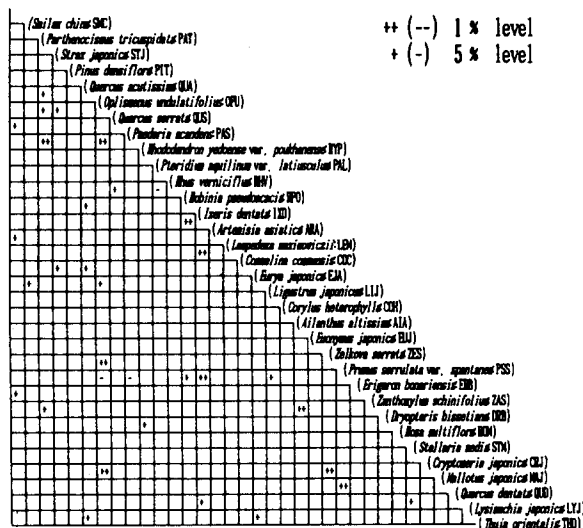


Fig. 2. The relationships between the positive and negative species demonstrated by a complete chi-square matrix for 40 quadrats.

개풀은 느티나무와 삼나무, 가죽나무는 산초나무, 느티나무는 삼나무, 뱀나무는 예덕나무 등에서 강한 양의 반응을 보임을 알 수 있다. 그러나 고사리와 옷나무는 정점 2에서 정점 5까지 음의 반응을 나타내며, 계요등과 뱀나무는 정점 4와 5에서 음의 반응을 보임으로써 집단들이 종에 의해 군집화하는 경향을 나타내고 있다.

#### 4.4. 종 상관에 의한 집괴분석

유사행렬지수(similarity index matrix)에 의한 각종간의 거리는 3차원적 공간에 생육하고 있는 식물각종간의 관계를 이차원적인 평면에 유도한다는 것은 정확하게 일치할수 없다고 Muller-Dombois(1974)가 말한 바와 같이 실제 도형에서 정확하게 일치하지 않는다. 도형에서 그룹의 구별은 상관이 밀접하지 않은 것에 의하여 분리되며 종그룹은 생태적 관계를 명확하게 나타냄을 볼 수 있었다(Fig. 3).

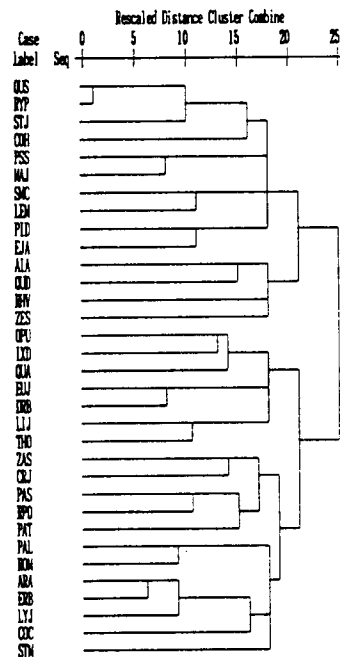


Fig. 3. Cluster analysis diagram based on the similar coefficient in eastern valley vegetation in Mt. KumJung. Refer initial symbols to the plant names in Fig. 2.

군집 1은 계요등, 산철죽, 닭쟁이덩굴, 사철나무, 느티나무, 칙, 청미래덩굴, 닭의장풀, 소나무, 사스레피나무로 이루어지는 집단이며, 군집 2는 가죽나무, 쯤가지풀, 옷나무, 실망초의 집단이며, 군집 3은 주름조개풀, 아카시아, 상수리나무, 난티잎개암나무, 족제비고사리, 광나무, 떡갈나무의 집단이며 군집 4는 산초나무, 별꽃, 줄참나무, 썸바귀, 때죽나무의 집단으로 구성되며 군집 5는 고사리, 삼나무, 쑥, 벗나무, 측백나무, 조록싸리, 쨍레나무에 의해 구성종들이 나누어짐을 볼 수 있다.  $\chi^2$ 에 의한 그룹형성을 환경구배와 비교해본 결과 중의 군집들은 환경구배(토양함수량, 최대용수량, 유기물량, pH)와 일치하지 않은 것은 자료 채집 시기가 가을이었고 시간적으로 짧은 기간에 실시한것으로 자료의 부족함에 기인한다고 볼 수 있겠다.

4.5. 각 정점간의 유사도 지수와 집괴분석

각 정점간의 유사도 지수는 비슷한 양상을 나타내었고, 정점 3과 정점 8사이에서 가장 낮은 지수를 보여주었다(Table 3). 이들 유사도지수에 대한 집괴분석을 실시한 결과 정점 2, 4, 1이 한 군집으로, 정점 5, 6, 7과 다소 이질적인 요소를 가지는 정점 3을 포함하는 한 군집으로, 가장 높은 해발에 위치하는 정점 8이 한 군집으로 각각 그룹화되는 결과를 보여주고 있다. 이것은 정점 8이 같은 계곡의 줄기에서 파생되었지만 각 지점의 고도상의 차이와 지점간의 거리와 경사면에 의한 식생의 차이와 도로등에 의해 인위적인 교란을 받은것으로 생각된다(Fig. 4).

Table 3. Similarity coefficients of the sites.

2	0.201							
3	0.160	0.168						
4	0.226	0.237	0.199					
5	0.181	0.217	0.202	0.209				
6	0.180	0.200	0.189	0.209	0.216			
7	0.170	0.183	0.190	0.188	0.195	0.196		
8	0.186	0.170	0.094	0.156	0.108	0.139	0.136	
Sites	1	2	3	4	5	6	7	8

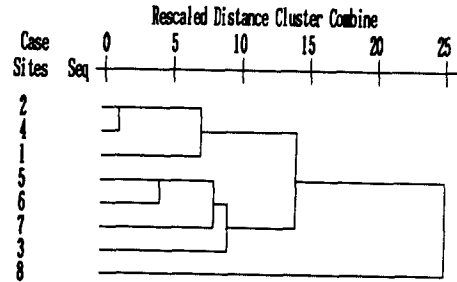


Fig. 4. Dendrogram of clustering of 8 sites using Jaccard's coefficient.

5. 결 론

종 상관에 의한 통계학적 분석방법인 집괴분석에 의하면 종간의 분포상의 상관관계는 Fig. 3와 같은 도형으로 표시될 수 있었다. 이 도형에서 볼 때 식생상의 서열이 5 그룹으로 나누어 질 수 있었지만, 식물들은 환경구배(토양의 최대용수량, 함수량 및 유기물, pH)와 유의성을 찾아볼 수 없었는데 이것은 일정한 균일 지역에서 환경적 요인에 의해 각 식물에 미치는 상관의 크기가 크지 않다는 것과 인위적인 식재등으로 인한 환경의 불연속화 때문이라고 생각되었다. 또한 종의 각 정점에 대한 유사도 지수를 집괴분석으로 실시한 결과 크게 3가지의 그룹으로 도식화됨을 볼 수 있었다. 이것은 고도와 지역에 따른 거리, 도로등에 의해 식생이 인위적으로 구분되는데 그 원인이 있다고 생각된다.

참 고 문 헌

Agnew, A. D. Q., 1961, The ecology of *Juncus effusus* L. in North Wales. *J. Ecol.*, 49 : 83-102.  
 Greig-Smith, 1961, Data on pattern within plant communities, 1. The analysis of pattern, *J. ecol.*, 49 : 695-702.  
 Jaccard, P., 1908, Nouvelles recherches sur la distribution florale, *Bulletin Society Sciences Naturals*, 44 : 223-270.  
 Küchler, A. W., 1967, *Vegetation mapping*, Ronald Press Company. N. Y. 472pp.

- Lance, G. N. and W. T. Williams, 1967, A general theory for classificatory sorting strategies, 1. Hierarchical systems. *Computer J.* 9 : 373-388.
- Ludwig, J. A. and J. F. Reynolds, 1988. Statistical Ecology, - "A primer on methods and computing", Jone Wiley & Sons, Inc., 337pp.
- Michael, P., 1984, Ecological Methods for Field and Laboratory Investigations, Tata McGraw-Hill P.C.L., 402pp.
- Muller-Dombois, Heinz Ellenberg, 1974, Aims and Methods of Vegetation Ecology, U.S.A. : John wiley & Sons, Inc., 458pp.
- Poore, M. E. D. 1956, The use of phytosociological methods in ecological investigations, IV. General discussion of phytociological programs. *J. ecol.*, 44 : 28-50.
- Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal, 1973, Numerical Taxonomy, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 573pp.
- Williams, W. T. and T. M. Lambert, 1961, Multivariate methods in plant ecology. III. The use of an electronic digital computer for association-analysis, *J. Ecol.*, 48 : 689-710.