

종 다양성 지수에 의한 한라산
고지대의 식물군락 분석

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

1980年 12月 日

梨花女子大學校 大學院

生物學科 이 후 남

이후남의 碩士學位 論文을 認准함

指導教授 朴 奉 奎



審査委員

蔡 麟 基



李 永 魯



卞 昌 亨



梨花女子大學校 大學院

목 차

논문개요	viii
I. 서론	1
II. 조사지역 및 조사방법	5
A. 조사지역의 개관	5
B. 조사지소	5
C. 조사방법	7
III. 종 다양성 지수들의 비교결과	9
A. 종 다양성 지수들의 산출	9
B. 종 다양성 지수들의 비교	10
C. 종 다양성의 개념에 의한 Shannon 함수의 적합성 검토	16
IV. 한라산 식물군락의 분석결과	25
A. Shannon 함수에 의한 식물군락의 분석결과	25
B. 토양분석결과	28
V. 고찰 및 결론	30
참고문헌	36
영문초록	42
APPENDIX	44

표 목 차

1. SUMMARY OF SPECIES DIVERSITY INDICES USED IN THIS STUDY.	9
2. THE SIMPSON'S INDEX AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.	11
3. THE MARGALEF'S INDEX (R_1) AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.	13
4. THE HILL'S RATIO ($R_{1:2}$) AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.	15
5. SUMMARY OF SPECIES DIVERSITY ELEMENTS USED IN THIS STUDY.	17
6. THE SPECIES NUMBER (R) AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.	19
7. THE SPECIES RICHNESS INDEX (E_c) AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.	21

8. THE SPECIES EVENNESS INDEX (V') AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.....	23
9. TOTAL NUMBER OF QUADRATS, TOTAL NUMBER OF SPECIES, TOTAL NUMBER OF INDIVIDUALS ENCOUNTERED IN STANDS USED IN THIS STUDY, SHANNON'S FUNCTION $H(H_s)$, PIE (PROBABILITY OF INTERSPECIFIC ENCOUNTER, Δ_1), SPECIES EVENNESS INDEX (V' OR V) AND SPECIES RICHNESS INDEX(E_c) IN EACH 7 STANDS IN MT. HANLA.	25
10. TOTAL NUMBER OF STAND, TOTAL NUMBER OF QUADRATS, TOTAL NUMBER OF SPECIES ENCOUNTERED IN STANDS USED IN THIS STUDY, AVERAGE NUMBER OF SPECIES PER STAND, AVERAGE SHANNON'S FUNCTION H, SPECIES RICHNESS INDEX (E_c) AND SPECIES EVENNESS INDEX (V') IN EACH GEOGRAPHICAL SECTION IN MT. HANLA.	26
11. AVERAGE IMPORTANCE VALUE OF PLANTS IN MT. HANLA.	27
12. CHEMICAL COMPOSITION OF MINERAL SOILS OF 7 STANDS IN MT. HANLA.	29

그 립 목 차

1. Curves of accumulated Species number in function of quadrats number on the 7 stands in Mt. Hanla.....	8
2. Relationship between concentration of dominance as indicated by the Simpson's index (C_d) and the Shannon's function H computed with the data in table 2.	12
3. Relationship between the Margalef's index (R_1) and the Shannon's function H computed with the data in table 3.	14
4. Relationship between the Hill's Ratio ($R_{1:2}$) and the Shannon's function H computed with the data in table 4.	16
5. Relationship between the Species number and the Shannon's function H computed with the data in table 6.	20
6. Relationship between the Species Richness index(E_c) and the Shannon's function H computed with the data in table 7.	22

7. Relationship between the Species Evenness index(V') and the Shannon's function H computed with the data in table 8.	24
8. Variation of species diversity(H) and chemical composition of soils in the 7 stands in Mt. Hanla. (—; 79년, ---; 80년)	34
9. Relationship between soil water content, soil calcium, soil nitrogen and Species diversity (H) computed with the data from 7 stands in Mt. Hanla. (—; 79년, ---; 80년)	35

논문개요

식물 군락의 종 다양성을 나타내는 여러 지수들을 상호 비교하였으며, 그 중에서 Shannon's function H 를 종 다양성의 생태학적 개념 요인의 지수들인 Species Richness index와 Species Evenness index와 비교하였다.

그리고 제주도 한라산 식물 군락의 종 다양성을 Shannon's function H 에 의하여 산출하여, 그것과 토양의 여러 성질(수분 함량, pH, 유기물 함량, 치환성 양이온, 전 질소량)과 관련시켜 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 우점도를 측정하는 데 사용되는 지수인 Simpson's index와 Shannon's function H 는 곡선적인 역비례 관계에 있으므로, 한 종에 의하여 강하게 우점되어진 식물 군락의 종 다양성은 오히려 낮은 값을 나타내었다.

Margalef's index와 Shannon's function H , Hill's Ratio와 Shannon's function H 는 곡선적인 비례 관계에 있었다.

2. Shannon's function H 와 종 다양성 개념 요인의 지수들인 Species Richness index와 Species Evenness index를 상호 비교한 결과, Shannon's function H 가 식물 군락의 종 다양성을 나타내는 데 효과적이라는 결과를 얻었다.

3. 한라산 고도별 Shannon's function H 에 의한 종 다양성은, 1200 - 1500 m의 낙엽활엽수림대가 1500 - 1800 m의 상록침엽수림대보다 높았다. 이것은 낙엽활엽수림 지역이 상록침엽수림 지역보다 식물종들이 다양하고 풍부하며 여러 종에 의하여 우점되는 식물 군락임을 나타내어 준다.

4. 한라산 토양의 여러 성질과 종 다양성과를 비교하여 본 결과, 종 다양성이 높은 낙엽활엽수림 지역이 토양의 수분함량, 질소량, 칼슘의 함량이 높은 경향을 나타내었다. 그러나 유기물 함량은 활엽수림대보다는 표고가 높은 구상나무와 누운향나무림의 지역이 높았다.

I . 서 론

생태학에서 다양성 (Diversity) 의 개념은 식물 군락의 천이 정도와 안정도등과 관련되어 여러 학자들이 연구해 왔으며 계속 관심의 대상이 되고 있다.

Caim & Castro (1959) 등은 지상에서 식물 종 다양성이 가장 높은 지역은 열대 다우림 지역이라고 하였으며, Richards (1969) 는 Cape Peninsula 의 fynbosch 같은 non-forest sclerophyll 지역과 Australia 지역에서 종이 더욱 다양하다고 했고, 그리고 Risser & Rice (1970) 는 Oklahoma 의 upland forest 에서 중부와 서쪽 부분이 동쪽 부분의 숲보다 종 다양성이 높다고 했다.

Margalef (1968) , Odum (1969) 등은 식물 군락의 종 다양성은 초기 천이 단계에서는 빨리 증가되나 최후 단계에서는 안정화되어 극상에서는 다소 감소한다고 했으며, Reiners (1971) 는 아북극 빙하지역의 식물 천이에서 종 다양성은 처음에는 증가하고, 그후 30 - 50 년 동안에는 감소하며 극상에서는 다시 증가된다고 보고했다.

처음으로 군락의 다양성에 대한 개념 정립을 시도한 사람은 Gleason (1922) 이며, 다양성 지수의 측정은 Fisher (1943) 로 부터 시작되었는데 (YI, 1979) 다양성의 기본적인 개념은 대체로 다음과 같이 정의되고 있다.

1. 종 조성이 특별한 규칙없이 분포된 군락에서 모든 종의 개체 수를 통계적으로 처리한 함수. (Margalef, 1969)

2. 종 수와 종 조성의 분포 정도를 나타내주는 간단한 통계적 처리 함수. (Pielou, 1966)

3. 군락에 존재하는 종 수 (Species Richness or Species Abundance) 와 종간의 개체들의 분포 (Species Evenness or Species Equitability) 를 표시하는 함수. (Margalef 1969, Lloyd & Ghelardi 1964, Pielou 1966) 등 이다.

현재까지 다양성 측정에 쓰였거나 또는 쓰이고 있는 지수들은 상당히 많으며, 계속 새로운 지수들이 첨가되고 있다. 이것들을 정리하면 순수한 생태학적 개념 또는 구상에서 출발한 지수들과, Shannon의 정보 이론 (information theory) 에 소개된 Shannon의 함수로 구분할 수 있다. 전자에 속하는 지수들로는

$$d = \frac{S}{\ln \left(1 + \frac{N}{\alpha} \right)} \quad (\text{Fisher, 1943}),$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^s P_i^2 \quad (\text{Simpson, 1949}), \quad d = \sqrt{\sum_{i=1}^s n_i^2} \quad (\text{McIntosh, 1967}),$$

$$\Delta = \left[\frac{N}{N-1} \right] \left[1 - \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N} \right] \quad \text{및} \quad E(S_n) = \sum_{i=1}^n$$

$$\left(\frac{N-N_i}{N} \right) \left[1 - \frac{n}{\binom{N}{n}} \right] \quad (\text{Hurlbert, 1971}) \text{ 등이 있다.}$$

또한 생태학적 구상에서 출발한 지수와 Shannon의 함수와의 개념의 혼합으로 만들어진 지수로는

$$R_1 = \frac{S-1}{\log N} \quad (\text{Margalef, 1957}), \quad R_2 = \frac{S}{\log N} \quad (\text{Odum 등, 1960}),$$

$$R_3 = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (\text{Menhinich, 1964}) \quad \text{와} \quad \text{Hill's Ratio} \quad (\text{Hill, 1973})$$

등을 들 수 있다.

위의 식들이 지니고 있는 생태학적 의미는 다음과 같이 설명할 수 있다.

Simpson's Index는 표본에서 임의적으로 선택된 2개의 개체가 같은 종에 속하게 되는 가능성을 측정한 지수로, 유한한 표본에서

$$\lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad \text{은} \quad C_d = \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right] \quad (\text{Simpson, 1949})$$

로 정의되었다. 또한 표본에서 좀더 많은 종의 수(abundance)에 관한 민감한 지수이기 때문에 Concentration of Dominance index로 간주된다. (Whittaker, 1965)

Shannon's function $H(= -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i)$ 는 Shannon의 정보 이론에서 출발한 것으로, 지금도 computer의 기초 이론분야에 엄연히 존재하는 함수이다.

정보 이론의 계 (System)는 통신계 (Communication system) 또는 물리계 (Physical system)의 일종으로, 통신 (communication)에 쓰이는 canal의 capacity란 주어진 정보원에 의해 발생된 것들을 전달시킬 수 있는 가능성으로, H는 확률 p_i 전체의 entropy이다. 이 함수 H를 Margalef가 생태학분야로 도입한 이후부터 Shannon의 diversity란 관념이 통용되기 시작하

였다.

함수 H의 계산 결과의 해석은 첫째는 한 계의 구성 요소들의 조직 상태를 표현하며, 둘째는 계의 energy 상태를 표현하는 데, 결국 H값의 증가는

1. 계의 무질서 상태의 증가,
2. 계의 조직 상태의 불확실성의 증가,
3. 계 구성 요소들의 우연적인 배치 상태로의 진행,
4. 계 구성의 복잡성의 증가, 즉 그 조직 상태를 이해하기 어려움의 증가등을 의미한다. (YI, 1979)

본 연구에서는 한라산 삼림 군락의 종 조성의 변화를 보기 위하여 종 다양성 지수를 이용하였으며, 종 다양성 변화와 이에 수반되는 토양 변화를 조사하여 비교하였다.

끝으로, 이 논문이 완성되기 까지 많은 지도와 편달을 아끼지 않으신 지도 교수님과 이 범준 교수님 그리고 이대 생태학 교실원 여러분께 감사드립니다.

Ⅱ . 조사지역 및 조사방법

A. 조사지역의 개관

조사지는 제주도 한라산으로, 제주도는 동경 $126^{\circ}52'$, 북위 $30^{\circ}30'$ 으로서 연장 동서 80 km , 남북 40 km 의 타원형의 섬이며, 면적은 1789.65 km^2 이다.

지형은 유년기지형에 속하며, 난류와 몬순기후의 영향을 받는 해양성 기후로 육지보다 한서의 차가 비교적 적다. 가장 더운 7월 하순부터 8월 상순의 평균 기온은 26°C 가량이며, 가장 추운 1월 하순의 평균 기온은 4.7°C 로서 연평균 기온은 14°C 이다.

바람은 10월부터 다음해 4월까지의 북쪽 계절풍이 강하며, 12월과 1월에 가장 심하다. 강우량은 연 1350 mm 정도이며 7, 7, 8, 9월에 가장 많고, 강우일 수는 연 131일 정도이다. 서리는 평균 12월 6일 이후에 내려 다음해 3월 3일 무렵에 그친다.

토양은 Brown forest soil (Gneiss Colluvium)이다.

B. 조사지소

두차례에 걸쳐 (1979년 7월, 1980년 10월) 한라산을 답사하면서, 고도 1200 m 의 영실에서 부터 1800 m 의 대피소까지를 고도에 따라 크게 7개의 Stand로 나누어 조사하였다.

조사된 각 Stand의 고도와 종 조성은 다음과 같다.

1. Stand 1, 2, 3 은 고도 1200 - 1500 m 에 걸친 낙엽 광엽 수림대로

Stand 1 (1200 - 1300 m) 은 8 - 10 m 크기의 졸참나무와 5 - 6 m 크기의 소나무가 교목층을 이루고 하층에는 팽팽나무가 우세하게 많았다.

Stand 2 (1300 - 1400 m), Stand 3 (1400 - 1500 m) 은 서나무와 단풍나무가 우점종으로 나타났다.

2. Stand 4, 5, 6, 7 은 고도 1500 - 1800 m 에 걸친 상록침엽수림대로

Stand 4 (1500 - 1600 m) 는 진달래가 우점종을 이루고 있었으며

Stand 5 (1600 - 1650 m), Stand 6 (1650 - 1700 m), Stand 7 (1700 - 1800 m) 은 5 m 크기의 구상나무가 왜생 (Kummholz) 되어 있었고, 4 m 가량의 고채목이 군데군데 거의 포복상태로 나있었다.

상록침엽수림대는 주로 정금나무, 진달래, 누운향나무, 시로미 등으로 이루어진 광활한 관목대로 특히 1700 m 지대는 진달래등이 나 있는 곳을 제외하고는 토양이 거의 형성되어 있지 않았으며 용암이 노출되어 있었다.

3. 대피소에서부터 백록담 정상까지는 드물게 구상나무가 있을 뿐 관목은 거의 눈에 띄이지 않았으며, 지의나 초본 즉 흰그늘용담, 가는 잎 잔대, 참양지 꽃 및 들쭉나무와 같은 고산성 식물

이 소생하고 있는 지대로 이 지역은 본 연구의 조사지에서는 제외시켰다.

C. 조사방법

각 Stand의 크기는 방형구 ($5\text{ m} \times 5\text{ m}$)에서 새로이 출현한 종을 누적시켜 steady-state한 방형구의 수로 결정되었으며 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

그림 1에서 보듯이, Stand 1, 2는 9 - 11개의 방형구 이상에서는 더이상 새로운 종이 출현하지 않았으며, Stand 3, 4, 5, 6, 7은 6 - 7개의 방형구 이상에서는 더이상 새로운 종이 출현하지 않았다. 그러므로 한라산 식물 군락의 분석 경우에는 10개 이상의 방형구를 Stand의 최소면적으로 결정하였다.

그리고 고도 1200 m 영실에서부터 1800 m까지 거의 100 m간격으로 7개의 Stand를 설정하였다. 7개의 Stand에 총 72개 방형구를 임의적으로 설치하여 출현한 성목 (adult trees), 유목 (saplings), 묘목 (seedlings)에 이르는 모든 종의 개체수와 기저면적 (basal area)을 조사 기록하였다. (APPENDIX)

각 Stand에서 상대밀도, 상대우점도, 상대 빈도를 측정하여 중요치를 계산하였으며, 종 다양성 지수, Species Richness index, Species Evenness index 등을 계산하였다.

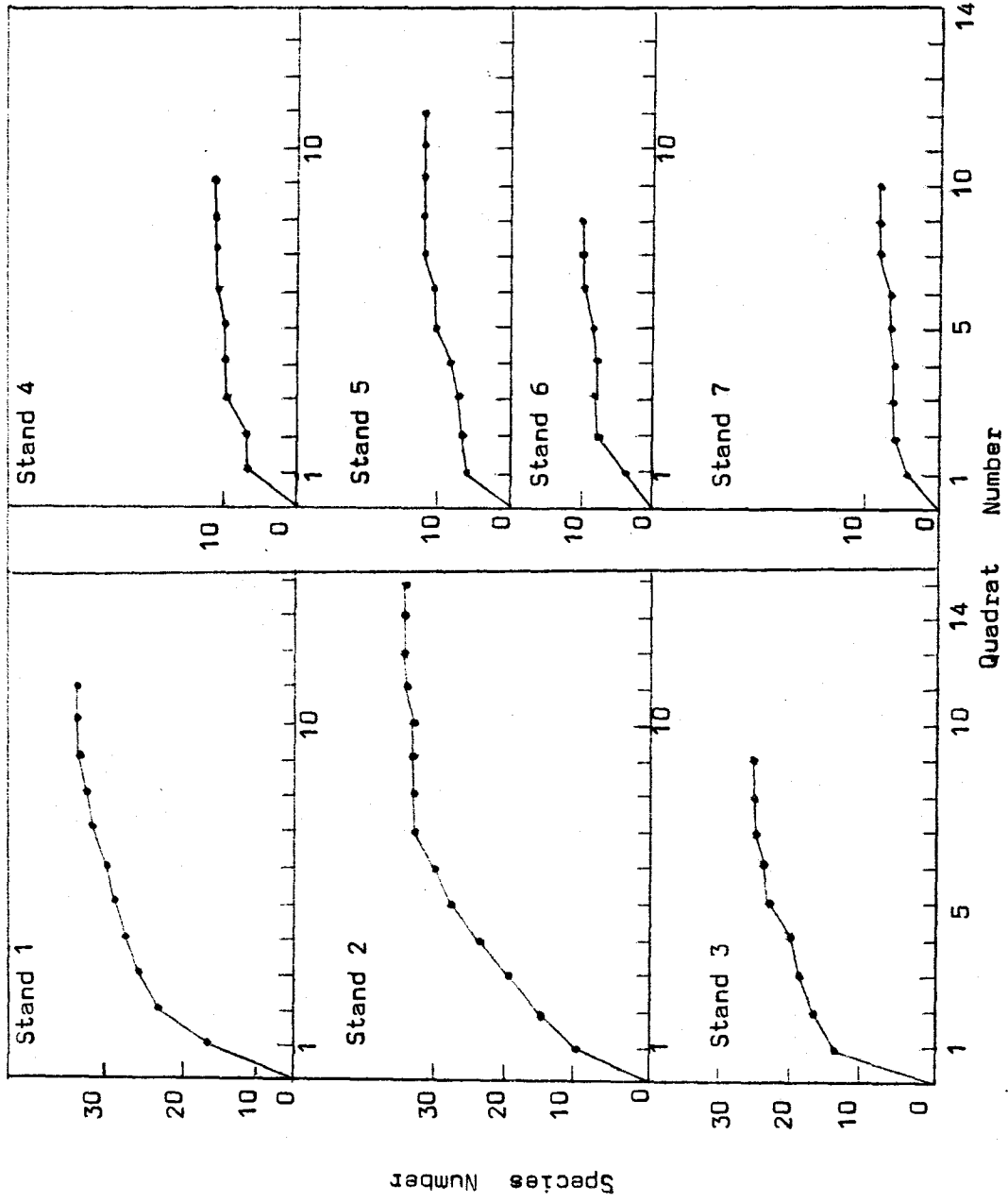


Fig. 1. Curves of accumulated Species number in function of quadrats number on the 7 stands in Mt. Hanja.

Ⅲ. 종 다양성 지수들의 비교결과

A. 종 다양성 지수들의 산출

출현한 종에 의거하여 총 72개 방형구의 종 다양성 지수를 산출하였으며, 이용된 지수들은 다음과 같다. (Table.1)

TABLE 1. SUMMARY OF SPECIES DIVERSITY INDICES USED IN THIS STUDY.

Species diversity index	Equation	Note
Simpson's index	$Cd = \frac{\sum_{i=1}^s n_i (n_i - 1)}{N (N - 1)}$	N; the density per quadrat. S; the number of species in the quadrat. n_i ; the density contribution of the i th species.
Shannon's function H	$H = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$ $= - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$ $= 3.3219 (\log N - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^s n_i \log n_i)$	P_i ; relation abundance. n_i ; the density contribution of the i th species. N; the density per quadrat. S; the number of species in the quadrat.
Margalef's index	$R_1 = \frac{S - 1}{\log N}$	S; the number of species in the quadrat. N; the density per quadrat.
Hill's Ratio	$R_{1:2} = \frac{N_1}{N_2}$	N_1 ; exponential of Shannon's function H. N_2 ; reciprocal of Simpson's index.

단, 목본 식물 군락의 경우,

Shannon's function H 의 P_i 는 relative density values (상대 밀도치) 또는 relative basal area (biomass) values (상대 생체량) 등으로 계산될 수 있다.

그러나 relative density를 이용한 함수와 relative basal area를 이용한 함수와의 상관 정도는 $r = 0.96$, $p = 0.001$ 로 어느 측정치를 이용하나 무관하므로 (P.G. Risser & E.L.Rice, 1970) 본 연구에서는 상대 밀도치로 계산하였다.

B. 종 다양성 지수들의 비교

순수한 생태학적 개념 또는 구상에서 출발한 지수인 Simpson's index와 Shannon의 정보이론에서 비롯된 Shannon's function H 와의 비교결과는 Fig.2에서 보는 바와 같이 곡선적인 역비례 관계 ($r = -0.96$)에 있었다. 즉 한 종에 의하여 강하게 우점되어진 식물 군락의 종 다양성은 오히려 낮은 값을 나타내었다.

Table 2는 총 72개의 측정값 중 통계처리 할 때 필요한 30개의 Data를 나타낸 것이며, 이들의 Data는 난수표에 의해서 선정되었다.

생태학적 구상에서 출발한 지수와 Shannon의 함수와의 개념의 혼합으로 만들어진 지수들과 Shannon's function H 와의 비교 결과는 Fig. 3,4와 같다.

TABLE 2. THE SIMPSON'S INDEX(Cd) AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.

no. Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H	2.30	2.21	1.86	2.87	0.99	3.02	2.2	1.87	2.83	2.38
Cd	0.32	0.29	0.3	0.14	0.13	0.22	0.31	0.18	0.18	0.16
no. Item	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H	2.49	1.75	2.66	2.22	3.23	2.91	1.69	1.8	1.91	1.68
Cd	0.48	0.17	0.22	0.1	0.12	0.12	0.35	0.36	0.26	0.45
no. Item	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H	1.55	1.77	1.55	0.24	1.2	0.32	0.2	1.23	1.75	1.51
Cd	0.47	0.31	0.38	0.92	0.49	0.95	0.98	0.53	0.37	0.42

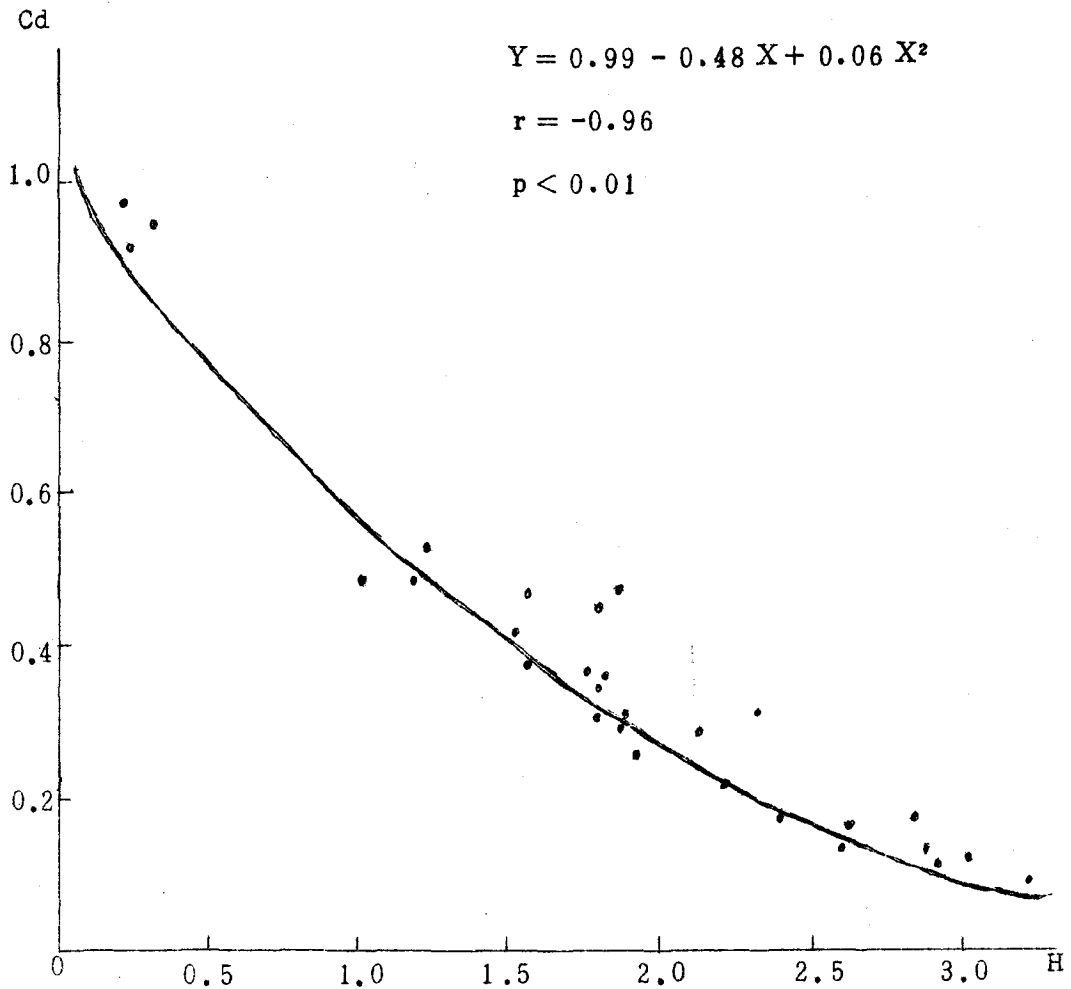


Fig.2. Relationship between concentration of dominance as indicated by the Simpson's index(Cd) and the Shannon's function H computed with the data in table 2.

Fig.3은 Shannon's function H와 Margalef's index을 비교한 것이며, Fig.4는 Shannon's function H와 Hill's Ratio을 비교한 것으로, 모두 곡선적인 비례관계에 있었으며, 각각의 상관계수 r 값은 0.95, 0.86 이었다.

Table 3,4는 총 72개의 측정값 중 통제처리 할 때 필요한 30개의 Data을 나타낸 것이며, 이들의 Data는 난수표에 의해서 선정되었다.

TABLE 3. THE MARGALEF'S INDEX(R_1) AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.

no. Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H	2.64	1.86	2.3	3.48	2.38	2.49	3.1	1.62	3.02	2.36
R_1	5.77	3.17	4.09	8.78	5.07	4.76	6.08	2.88	5.77	4.17
no. Item	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H	1.5	3.23	1.8	1.91	1.57	1.72	1.83	1.77	1.52	1.55
R_1	2.5	7.38	2.6	3.6	2.61	2.61	2.94	2.1	1.63	2.47
no. Item	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H	1.02	0.23	1.2	0.32	1.23	1.51	2.21	1.87	0.99	1.55
R_1	1.28	0.68	1.67	0.79	1.81	1.9	4.31	2.48	2.11	2.78

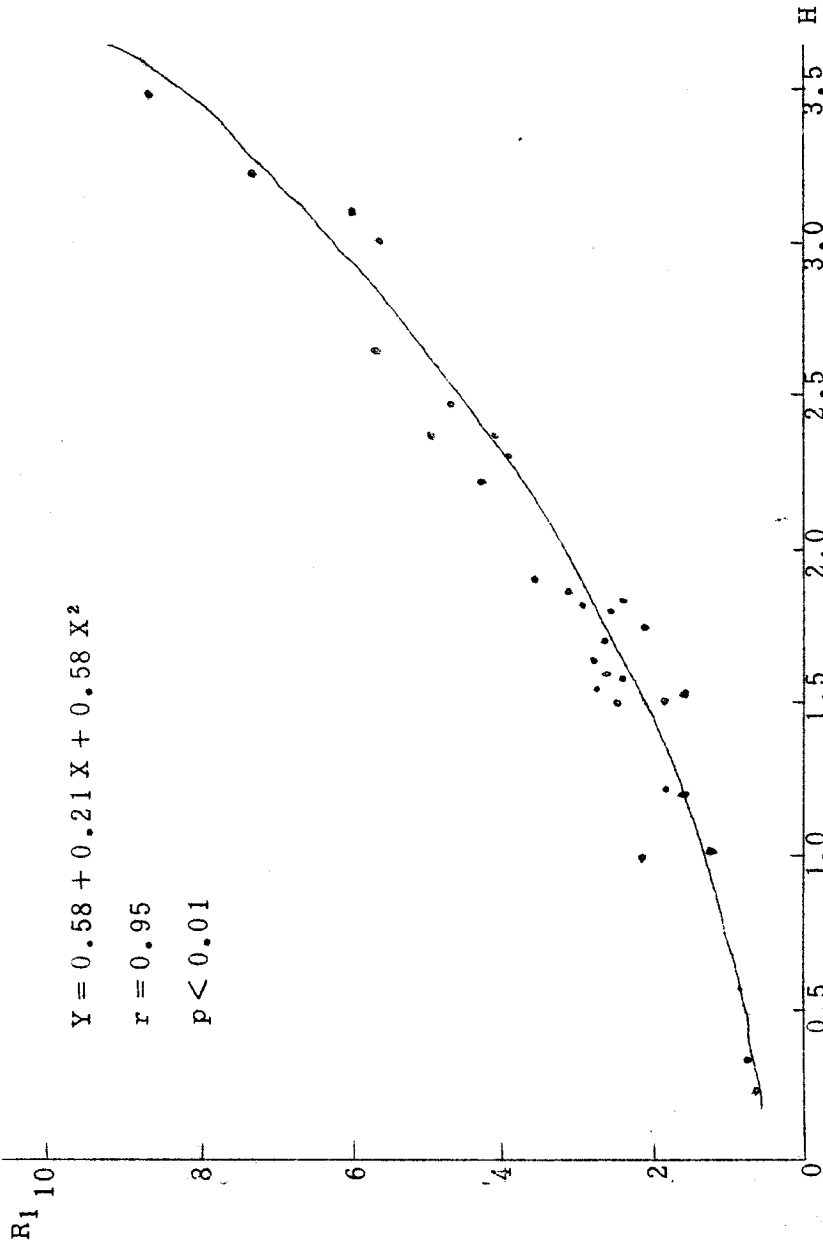


Fig. 3. Relationship between the Margalef's index(R1) and the Shannon's function H computed with the data in table 3.

TABLE 4. THE HILL'S RATIO($R_{1:2}$) AND THE SHANNON'S FUNCTION
H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY
USING A RANDOM NUMBER TABLE.

no. Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H	2.87	2.6	2.38	2.49	1.62	3.02	4.0	2.2	2.0	1.96
$R_{1:2}$	2.47	2.29	1.94	1.93	1.67	2.66	5.46	1.98	1.85	1.92

no. Item	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
H	1.57	1.53	1.5	1.83	1.52	0.86	0.84	1.39	1.02	0.23
$R_{1:2}$	1.64	1.57	1.48	1.87	1.46	1.37	1.35	1.64	1.52	0.95

no. Item	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
H	0.24	0.32	0.2	1.0	3.23	3.22	2.71	3.22	1.67	2.21
$R_{1:2}$	0.67	1.31	1.2	1.33	2.53	4.5	3.3	3.25	2.02	2.64

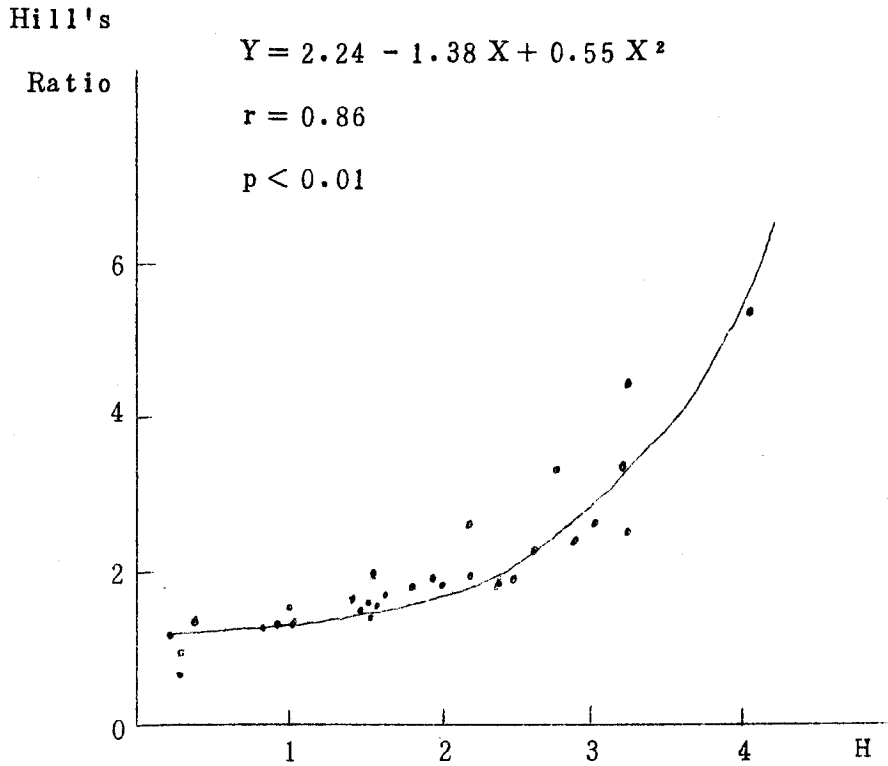


Fig. 4. Relationship between the Hill's Ratio($R_{1:2}$) and the Shannon's function H computed with the data in table 4.

C. 종 다양성의 개념에 의한 Shannon 함수의 적합성 검토

1. 종 다양성 개념 요인의 지수 산출

다양성의 기본 개념에 포함된 Species Richness index와 Species Evenness index는 Table 5에 의거하여 산출하였다.

TABLE 5. SUMMARY OF SPECIES DIVERSITY ELEMENTS USED IN THIS STUDY.

Index	Equation	Note
Species Richness index	$R = S$ $Ec = \frac{S}{\log s_1 - \log s_n}$	<p>S; the number of species in the quadrat.</p> <p>$\log s_1$; the logarithmic importance of the most common s species.</p> <p>$\log s_n$; the logarithmic importance of the rarest s species.</p>
Species Evenness index	$V' = \frac{\Delta_1}{\Delta_{1max}}$ <p style="text-align: center;">or</p> $V = \frac{\Delta_1 - \Delta_{1min}}{\Delta_{1max} - \Delta_{1min}}$	<p>Δ_1; observed value of parameter. = the probability of interspecific encounter.</p> $= \left[\frac{N}{N-1} \right] \left[1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2 \right]$ <p>Δ_{1max}; value parameter would assume if all S species were equally abundant.</p> $= \left[\frac{N}{N-1} \right] \left[\frac{S-1}{S} \right]$ <p>Δ_{1min}; value parameter would assume if one species was represented by $N-(S+1)$ individuals and the other species by one individual each.</p> $= \left[\frac{N}{N-1} \right] \left[\frac{(2N-S)(S-1)}{N^2} \right]$

단, Species Richness index는 군집에서 종의 relative wealth indicator로 개념은 간단하지만 측정하는 표본의 크기에 따라 표본이 크면 클수록 기대된 종 수도 커지며 또한 생태 군집의 완전한 구성 성분도 조사하기 불가능하기 때문에 거의 식으로 정의하기는 어려움이 따른다. 그러나 생태학에서 사용되는 간단한 Species Richness index로는 임의로 선택된 크기의 표본에서의 종 수로 측정되어 진다. 특히 본 연구에서 사용된 Ec index는 Species abundance로 importance value을 이용하기 때문에 종 수로 표현되는 richness보다는 효과적이나 niche에 영향을 받으므로 제한 요인이 없는 것은 아니다. (Peet, 1974)

Species Evenness index는 Pielou's J' ($= H - H_{\max}$), Pielou's J ($= H / H_{\max}$) (Pielou, 1966), $e = S' / S$ (Lloyd & Ghelardi, 1964), $E = e^H / s$ (Buzas & Gibson, 1969)과 $V' = \Delta_1 / \Delta_{1\max}$ or $V = \Delta_1 - \Delta_{1\min} / \Delta_{1\max} - \Delta_{1\min}$ (Hurlbert, 1971) 등의 지수들이 있다. 본 연구에서 Species Evenness index는 V' 값으로 산출하였으며, V' 와 V 의 차이점은 Δ_1 가 낮거나 $\Delta_{1\min}$ 이 클 때를 제외하고는 거의 무시된다. (Hurlbert, 1971)

2. 종 다양성 개념요인의 지수들과 Shannon 함수와의 비교

Species Richness index (R & Ec)와 Shannon's function H와의 비교 결과는 Fig. 5, 6에서 보는 바와 같다.

Fig.5는 종 수와 Shannon's function H와의 관계를 나타내는 것이다. 종 수는 식물 군락의 Species Richness을 간단히 표현하는 것으로, 종 수가 증가되면 Shannon의 함수 값도 증가됨은 알 수 있었다. ($r = 0.95$)

TABLE 6. THE SPECIES NUMBER(R) AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.

no. Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	8	7	10	6	14	11	7	10	14	9
H	2.30	2.64	3.02	2.2	3.22	2.83	2.49	3.1	3.48	2.67
no. Item	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R	9	4	10	5	12	10	13	4	3	3
H	2.85	1.5	2.66	2.22	3.23	2.91	3.4	2.0	1.41	1.69
no. Item	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
R	5	7	6	3	4	2	2	3	2	5
H	1.8	2.29	1.52	1.88	0.86	0.84	1.43	1.0	2.29	1.96

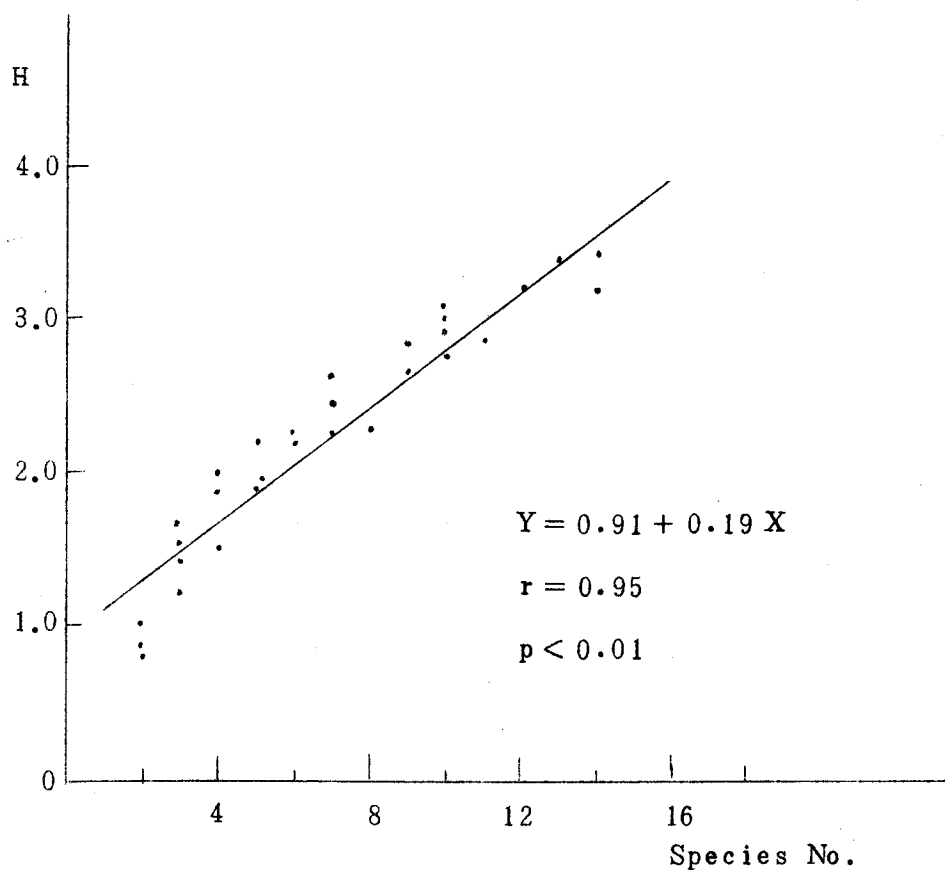


Fig. 5. Relationship between the Species number and the Shannon's function H computed with the data in table 6.

Fig.6은 식물 군락의 Species Richness를 종 수보다 좀더 효과적으로 나타내는 Ec index와 Shannon's function H와의 관계를 나타내는 것으로, 직선적인 비례 관계에 있었다. ($r = 0.83$)

Table 6,7은 총 72개의 측정값 중 통계처리 할 때 필요한 30개의 Data를 나타낸 것이며, 이들의 Data는 난수표에 의해서 선정되었다.

TABLE 7. THE SPECIES RICHNESS INDEX(Ec) AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM TABLE.

no. Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Ec	13.63	11.49	16.35	6.59	5.66	9.74	4.45	5.49	6.44
H	2.85	3.22	3.48	2.21	2.64	3.02	2.49	2.67	2.85	1.75
no. Item	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Ec	2.38	7.89	12.67	11.53	10.52	4.6	6.29	4.01	3.16
H	1.5	2.66	2.71	3.4	2.29	2.29	1.96	1.53	1.5	1.72
no. Item	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	Ec	4	3.67	3.42	3.74	4.04	3.28	3.25	1.99	4.25
H	1.55	1.83	1.77	1.88	1.38	1.44	1.67	1.2	1.75	1.51

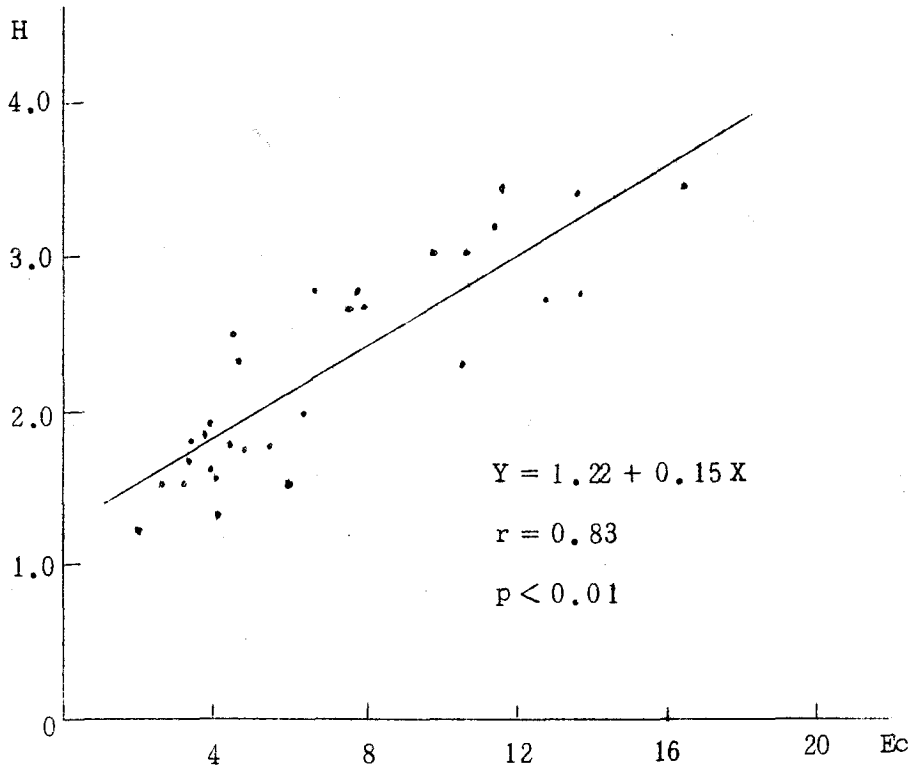


Fig.6. Relationship between the Species Richness index (Ec) and the Shannon's function H computed with the data in table 7.

Species Evenness index (V')와 Shannon's function H와의 비교 결과는 Fig. 7에서 보듯이 직선적인 비례 관계에 있었

다. ($r = 0.88$) 즉 여러 종에 의해 고루 분포되어 있는 식물 군락의 Shannon의 함수 값은 높아짐을 알 수 있었다.

Table 8은 총 72개의 측정값 중 통계처리 할 때 필요한 30개의 Data을 나타낸 것이며, 이들의 Data는 난수표에 의해서 선정되었다.

TABLE 8. THE SPECIES EVENNESS INDEX(V') AND THE SHANNON'S FUNCTION H OF 30 QUADRATS CHOSEN FROM TOTAL 72 QUADRATS BY USING A RANDOM NUMBER TABLE.

no. Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V'	0.77	0.79	0.88	0.96	0.94	0.96	0.93	0.93	0.83	0.88
H	2.30	2.21	2.64	3.48	3.02	4.0	2.36	3.22	2.17	2.83
no. Item	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
V'	0.88	0.83	0.93	0.74	0.87	0.81	0.95	0.96	0.95	0.78
H	3.1	2.67	2.85	1.5	2.66	2.22	3.23	3.4	2.91	1.8
no. Item	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
V'	0.81	0.78	0.84	0.69	0.82	0.87	0.71	0.15	0.2	0.25
H	1.72	1.55	1.83	1.38	1.67	2.2	1.2	0.24	0.32	0.2

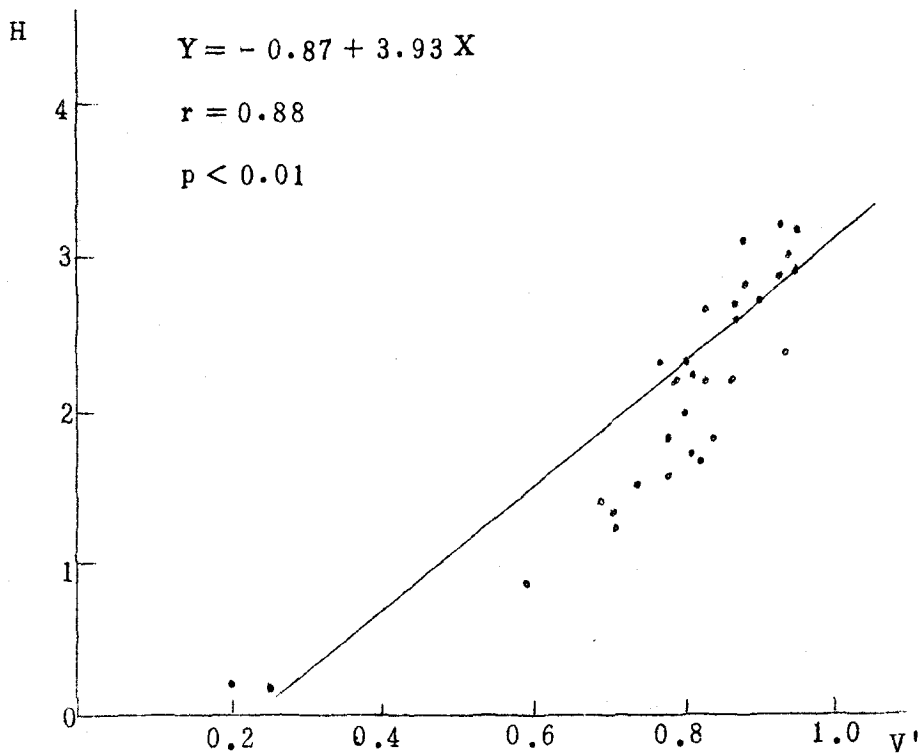


Fig. 7. Relationship between the Species Evenness index (V') and the Shannon's function H computed with the data in table 8.

IV. 한라산 식물 군락의 분석결과

A. Shannon 함수에 의한 식물 군락의 분석결과

한라산의 고도별에 따른 종 다양성, Δ_1 , Species Richness index와 Species Evenness index 등의 값은 Table 9와 같다.

TABLE 9. TOTAL NUMBER OF QUADRATS, TOTAL NUMBER OF SPECIES TOTAL NUMBER OF INDIVIDUALS ENCOUNTERED IN STANDS USED IN THIS STUDY, SHANNON'S FUNCTION H, P_{IE} (PROBABILITY OF INTERSPECIFIC ENCOUNTER, Δ_1), SPECIES EVENNESS INDEX (V' OR V) AND SPECIES RICHNESS INDEX(E_c) IN EACH 7 STANDS IN MT. HANLA

Stand	Elevation (m)	Total No. of quadrats	Total No. of species	Total No. of Indi.	H	Δ_1	V'	V	E_c
1	1200-1300	11	35	424	3.64	0.8467	0.8695	0.8452	22.33
2	1300-1400	14	34	430	4.01	0.9134	0.9388	0.9279	25.98
3	1400-1500	9	25	317	3.70	0.8819	0.9143	0.8983	15.45
4	1500-1600	9	11	193	2.81	0.8236	0.9013	0.8890	8.44
5	1600-1650	11	12	243	2.39	0.7213	0.7837	0.7609	8.07
6	1650-1700	8	10	283	1.83	0.6729	0.7451	0.7260	6.50
7	1700-1800	10	8	322	1.81	0.7144	0.8139	0.8043	5.30

단, N; the density per stand.

S; the number of species in the stand.

n_i ; the density contribution of the i th species.

Table 9에서 보듯이 종 수가 가장 많은 곳은 Stand 1이었으며, 고도가 높아짐에 따라 감소되었다. 개체수가 가장 많은 곳은 Stand 2이었고 가장 적은 곳은 Stand 4이었다.

또한 Shannon's function H에 의해 산출된 종 다양성은 Stand 2에서 가장 높은 값을 보였으며, 대체적으로 Stand 1, 2, 3인 고도 1200 - 1500 m 지역이 Stand 4, 5, 6, 7인 1500 - 1800 m 지역보다 높았다.

한라산의 사면에 따라서 식물 군락의 종 다양성, E_c , V' 를 산출하였다. 그 결과는 Table 10에서와 같이 서쪽부분이 동쪽부분보다 종 다양성, E_c 와 V' 가 높게 나타났으며, Stand 당의 평균 종 수는 북서부분의 지역이 가장 높았다.

TABLE 10. TOTAL NUMBER OF STANDS, TOTAL NUMBER OF QUADRATS, TOTAL NUMBER OF SPECIES ENCOUNTERED IN STANDS USED IN THIS STUDY, AVERAGE NUMBER OF SPECIES PER STAND, AVERAGE SHANNON'S FUNCTION H, SPECIES RICHNESS INDEX (E_c) AND SPECIES EVENNESS INDEX (V') IN EACH GEOGRAPHICAL SECTION IN MT. HANLA

Location	Total No. of stands	Total No. of quadrats	Total No. of species	Average No. of species per stand	Average H	Average E_c	Average V'
North west	3	28	53	27	3.35	18.79	0.86
South west	1	9	25	25	3.70	15.45	0.91
North east	1	8	10	10	1.83	6.50	0.75
South east	2	21	16	9.5	2.31	6.87	0.86

TABLE 11. AVERAGE IMPORTANCE VALUE OF PLANTS IN MT. HANLA

Leading Dominance Species	Dominance Species per Stand No. of quadrats							
		<u>Pinus densiflora</u>	<u>Carpinus laxiflora</u>	<u>Acer palmatum var. palmatum</u>	<u>Rhododendum mucronulatum</u>	<u>Abies koreana</u>	<u>Juniperus chinensis var. japonicum</u>	<u>Empetrum nigrum var. japonicum</u>
<u>Pinus densiflora</u>	2	119	51					
<u>Carpinus laxiflora</u>	3		75	11				
<u>Acer palmatum var. palmatum</u>	9	35	53	135				
<u>Rhododendum mucronulatum</u>	15				111	83	79	68
<u>Abies koreana</u>	12					174	161	144
<u>Juniperus chinensis var. sargentii</u>	3							
<u>Empetrum nigrum var. japonicum</u>	2			30		17	45	39
<u>Prunus sargentii</u>	1	19						30
<u>Symplocos chinensis for. pilosa</u>	6	24	48	15	14			
<u>Ilex crenata var. microphylla</u>	13	62		32				
<u>Acer mono</u>	1	15						
<u>Smilax china</u>	1	16	19	16				
<u>Physocarpus amurensis</u>	4				68			

Table 11. 은 고도가 낮은 곳에서부터 높은 곳에 이르는 순서를 Leading dominance 순위로 정하고 72 개의 방형구를 조사한 importance value 의 변화를 표시한 결과이다.

B. 토양 분석결과

토양 환경 분석을 위하여 토양의 A층을 채취하여 다음과 같은 분석에 사용하였다.

1. 토양 PH는 토양과 증류수의 비를 1 : 2.5로 하여 Coleman PH meter로 측정하였다.
2. 토양 수분함량은 105 °C의 dry oven에서 4시간 건조시킨 후 측정하였다.
3. 유기물 함량은 700 °C Furnace에서 1시간 태운 후 측정하였다.
4. 기타 토양 조성 성분의 측정 : 실내에서 토양을 1주일 정도 건조시킨 후 General screen sieve 0.5 mm로 쳐서, 전 질소 함량은 Micro Kjeldahl 법으로 정량 측정하였으며, 치환성 양이온 (Ca, K, Na)은 Flame Photo meter로 측정하였다.

토양 분석 결과는 다음과 같다. (Table 12)

TABLE 12. CHEMICAL COMPOSITION OF MINERAL SOILS OF 7 STANDS IN MT. HANLA

Item Date	Soil PH		Soil water content		Loss on ignition		T.N (%)	Exchangeable					
	'79	'80	'79	'80	'79	'80		Ca (ppm)	Na (ppm)	'80	'79	K (ppm)	
Stand													
1	4.5	4.97	19.6	17.43	5.39	4.88	0.7	120.4	17.6	35.2	49.6	34.4	
2	3.96	4.86	21.84	22.48	2.34	3.89	0.87	132.8	12.4	60.4	34	32.8	
3	4.63	5.13	22.04	19.95	2.0	4.01	0.81	135.6	97.6	67.5	51.2	47.2	
4	4.55	5.2	13.45	15.06	3.2	3.68	0.49	101.2	88	37.6	92.4	26.4	
5	4.55	5.1	13.2	12.32	3.52	4.17	0.46	79.6	64.8	76.8	74	51.2	
6	4.65	5	10.4	11.56	3.08	4.5	0.21	47.6	17.6	35.6	40	31.6	
7	4.25	4.7	9.31	12.01	2.3	4.72	0.37	60	24	34.8	61.2	27.6	

IV. 고찰 및 결론

Simpson's index는 Stand에서 임의적으로 선택된 2개의 개체들이 같은 종에 속하게 되는 가능성으로부터 제안된 지수이다. (Simpson, 1949)

이 지수의 측정값이 0.9 이상 일때는 한 종에 의하여 강하게 우점을 이루는 군락을 나타내며, 0.3 - 0.7의 값을 갖는 경우는 2종이 고루 분포되어 우점을 이루는 군락을 나타내며, 0.1 - 0.3의 경우는 여러종이 우점종으로 이루어진 군락을 나타내는 것으로, 결국 Simpson's index는 Concentration of Dominance 측정에 쓰이게 되었다. (Whittaker, 1965)

그러므로 이 지수가 식물 군락의 종 다양성을 나타내기 위하여, 여러 형태의 지수들로 변형되어 제안되었다. 제안된 지수들은 Simpson's index의 최대값 1에서 변형된 형태인

$$\tilde{D} = 1 - \sum \left[\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right] \quad (\text{Pielou, 1966}), \text{ Reciprocal of}$$

Simpson's index ; $1 / \sum P_i^2$ (Hill, 1973)와 Variation of Simpson's index ; $D_{mc} = (N - \sqrt{\sum n_i^2}) / N - \sqrt{N}$ (McIntosh, 1967) 등이다.

Margalef's index와 Hill's Ratio는 군락의 Equitability index 또는 Redundancy index 등으로, 이것은 조사집단의 종들이 많고 적음을 설명할 수 있는 지수들이며, 본 연구에서는 함수

H와 비교했을 뿐이다. Peet (1975)에 의하면 Pielou's J, Pielou's J', Lloyd & Ghelardis ratio, redundancy와 Fager의 diveristy formulation 등에 의해서 측정되어진 Equitability 지수들은 생태학적 적용 분야를 모두 표현할 수 없다고 하였다.

Shannon의 함수 H는 정보이론에서 출발한 함수로, 계산된 H란 Shannon의 정의에 따르면 군락의 구성 요소인 각각의 종들의 출현도 또는 부재도의 확률의 합을 의미한다. 함수 H의 확률 P_i 는 여러 사람에게 의해 수정되었는데, 수정된 지수들은

$$H = - \sum_1^n \left(\frac{n}{N} \right) \log \left(\frac{n}{N} \right) \quad (\text{Margalef, 1957}),$$

$$H_b = - \sum_1^n \left(\frac{b}{B} \right) \log \left(\frac{b}{B} \right) \quad (\text{Wilhm, 1967}) \text{와}$$

$$H_p = - \sum_1^n \left(\frac{Pr}{PR} \right) \log \left(\frac{Pr}{PR} \right) \quad (\text{Dickmann, 1968}) \text{ 등이다.}$$

이와같이 종 다양성 지수는 식물 군락의 종 조성의 변화를 나타내기 위하여 만들어진 것이지만, 식물 군락의 Stability, Pollution, Succession, Productivity 등에 적용되기 위하여 계속 여러 지수들이 만들어지고 있으며, 이전의 지수들은 수정되어 가고 있다.

그러나 Shannon's function H를 다양성의 개념 지수들인 Species Richness index (R & Ec)와 Species Evenness index (V')들과 비교한 결과는 Fig.6, 7, 8에서 보는 바와

같이 비교적 높은 상관관계를 나타내고 있으므로 (각각의 r 값은 0.95, 0.83, 0.88) 식물 군락의 종 다양성은 Shannon's function H 에 의하여 산출하는 것이 바람직하다고 본다.

Odum (1971)에 의하면 생태학 분야에서는 2가지 종류의 H 계산이 가능하다고 하였다. 그 하나는 한 ecosystem 내에서 발견되는 생물체 군집들 사이에 존재하는 상호관계의 가능성 또는 확률계산이며, 두번째는 한 군집내에서 나타나는 종들 또는 개체들 사이에 존재하는 상호관계의 가능성 또는 확률의 계산이다.

Travers (1971), Boudouresque (1971)도 한 ecosystem의 구조를 정확히 파악할 수 있는 diversity 측정은 biocenose 각 단계의 모든 생체들을 대상으로 한 계산에 의해서만 가능하다고 지적하였다.

그러나 본 연구에서의 함수 H 의 측정값은 식물종들의 다양한 정도와 그 구성조직의 무질서 정도 또는 어느 한 종이 특별히 많이 나타났는가를 나타내는 것으로, 계산된 H 는 biocenose를 구성하는 각각의 구성요소들 중의 하나인 식물 군락에 관한 것이며, biocenose 전체 또는 ecosystem 전체를 대표하는 값은 아니다.

한라산 식물 군락의 고도별에 따른 종 다양성은 Table 9.에서 보는 바와 같이 1300 - 1400 m에서 가장 높은 값을 보였다. 한라산의 Warmth index (문화 공보부, 1968)에 의하여 1500 m까지를 낙엽활엽수림대, 그 이상을 상록침엽수림대로 보면, 낙엽활

엽수림대가 상록침엽수림대보다 종들이 더욱 다양하고 계 구성의 복잡성이 증가되고 있다.

종 다양성과 환경요인인 토양 분석 결과를 비교하여 보았는데, 토양 수분함량, 전 질소량, 칼슘의 함량은 종 다양성이 높은 낙엽 활엽수림 지역이 높은 경향을 나타냈으며, 유기물 함량은 표고가 높은 구상나무 지역의 상록침엽수림대가 높게 나타났다. (Fig.8)

Fig.8에서 나타난 것과 같이, 종 다양성 지수처럼 낙엽활엽수림대에서 증가경향이 있는 환경 요인은 토양의 수분함량, 전 질소량, 칼슘함량 등이었다.

종 다양성과 토양 수분함량, 전 질소량, 칼슘함량 들과의 상관 계수 r 값은 각각 0.98, 0.97, 0.98로 높은 상관 관계에 있음을 알 수 있었다. (Fig.9)

이와같이 토양의 칼슘과 나트륨의 함량이 높고 수분 함량이 비교적 양호한 낙엽활엽수림대에서 종 다양성은 높은 경향을 나타냈다.

즉 식물 군락에서 geographical location이 식물 종의 다양성에 영향을 미침을 알 수 있었다.

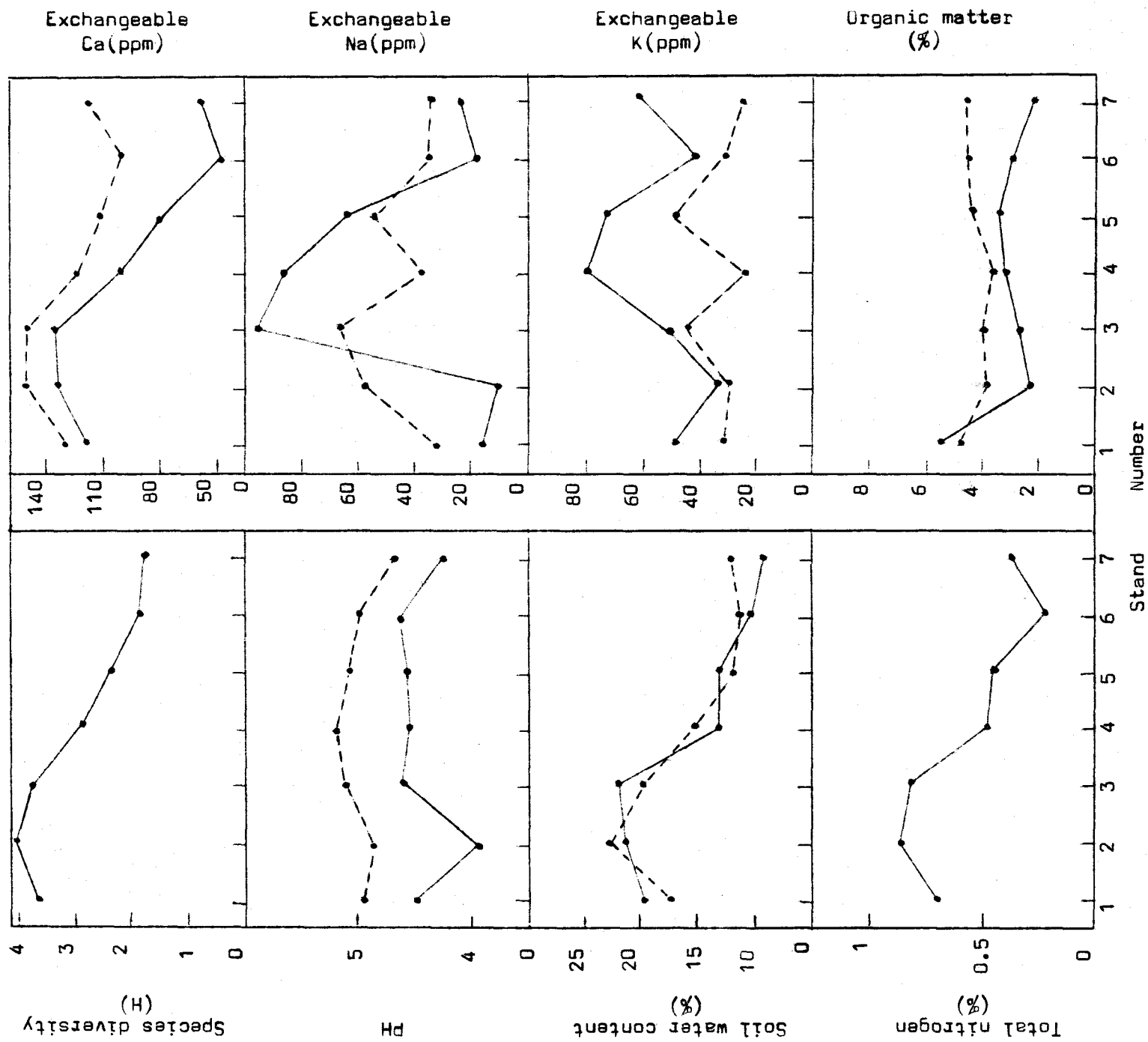


Fig. 8. Variation of species diversity(H) and chemical composition of soils in the 7 stands in Mt. Hanla. (— ; 79^d, --- ; 80^d)

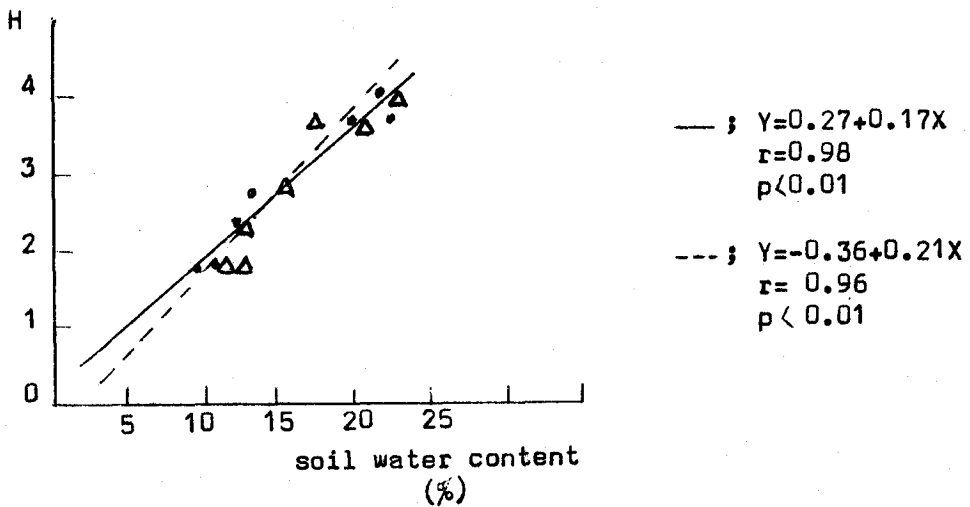
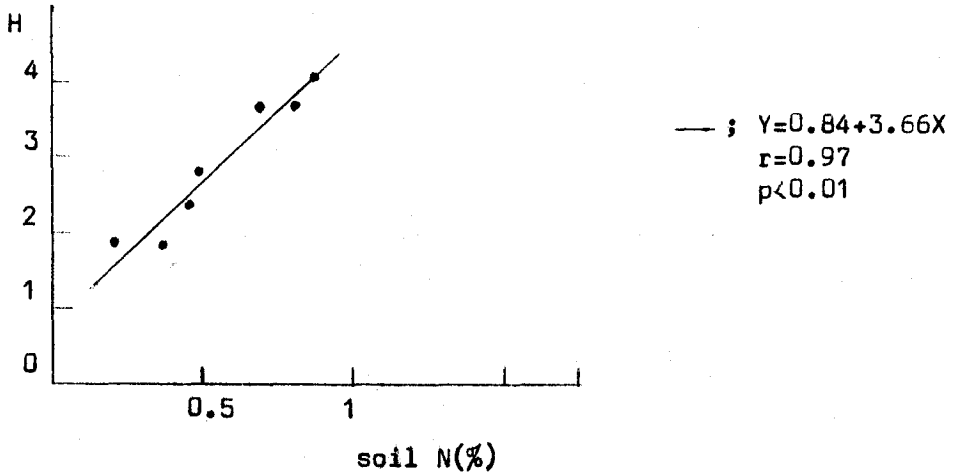
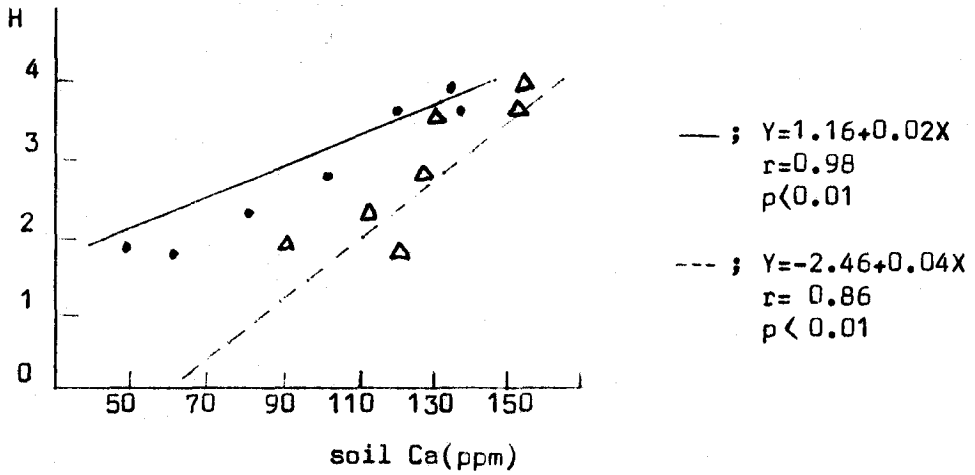


Fig. 9. Relationship between soil water content, soil calcium, soil nitrogen and species diversity(H) computed with the data from 7 stands in Mt. Hanla. (— ; 79년, --- ; 80년)

참 고 문 헌

- 문화공보부 (1968), 「한라산 및 홍도 학술 조사 보고서」, 서울 : 문화공보부.
- 이 영노 (1976), 「한국동식물도감 제 18권 식물편 (계절식물)」, 서울 : 문교부.
- 이 창복 (1966), 「한국수목도감」, 서울 : 임업시험장.
- 大井次三郎 (1953), 「日本植物誌」, 日本 : 至文堂.
- Boudouresque, C. F. (1971), Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthoscen particulier du phytobenthos, Tethys, 3(1): 79-104.
- Buzas, M. A. and Gibson, T. G. (1969), Species diversity: Benthonic Foraminifera in the Western North Atlantic, Science, 163: 72-75.
- Cain, S. A. and G. M. DE O. Castro. (1959), Manual of Vegetation Analysis, Harper, New York.
- Chang, N. K., Park, S. T. and Lee, H. S. (1973), Phytosociological analysis of the forest on the elevational gradient in Mt. Hanla, Jour. Kor. Res. Inst. Bot. Liv., 11: 167-180.
- Colwell, R. K. and Futuyma, D. J. (1971), On the measurement of niche breadth and overlap, Ecology, 52: 567-576.

- Cooper, J. M. and Wilhm, J. (1975), Spatial and temporal variation in productivity, species diversity, and pigment diversity of periphyton in a stream receiving domestic and old refinery effluents, Southwestern Natur., 19(4): 413-428.
- Dickmann, M. (1968), Some indices of diversity, Ecology, 49: 1191-1193.
- Eberhardt, L. L. (1969), Some aspects of species diversity models, Ecology, 50: 503-505.
- Fisher, R. A., Corbert, A. S. and Williams, C. B. (1943), The relation between the number of Species and the number of individuals in a random sample of an animal population, J. Anim. Ecol., 12: 42-58.
- Gallucci, V. F. (1973), On the principles of thermodynamics in ecology, Ann. Rev. Ecol. Syst., 4: 329-357.
- Hill, M. O. (1973), Diversity and evenness: a Unifying notation and its consequences, Ecology, 54: 427-432.
- Hurlbert, S. H. (1971), The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters, Ecology, 52: 577-586.
- Lloyd, M. and Ghelardi, R. J. (1964), A table for calculating the 'Equitability' component of species diversity, J. Anim. Ecol., 33: 217-225.

- MacArthur, R. H. (1967), Note on Mrs. Pielou's comments,
Ecology, 47: 1074.
- Margalef, R. (1957), La teoria de la informacion en ecologia,
Mem. Real Acad. Cienc. Artes Barcelona, 32: 373-449.
- _____ (1968), Perspectives in Ecological Theory, Univ.
Chicago Press, Chicago.
- _____ (1969), Diversity and stability: a practical pro-
posal and a model of interdependence, Brookhaven Symp.
Biol., 22: 25-37.
- McIntosh, R. P. (1967), An index of diversity and the relation
of certain concepts to diversity, Ecology, 48: 392-404.
- Menhinick, E. F. (1964), A comparison of some species - indivi-
duals diversity indices applied to samples of field in-
sects, Ecology, 45: 859-861.
- Monk, C. D., Child, G. I. and Nicholson, S. A. (1969), Species
diversity of a stratified Oak-Hickory community, Ecology,
50: 468-470.
- Monk, C. D. and Nicholson, S. A. (1974), Plant species diver-
sity in old-field succession on the Georgia Piedmont,
Ecology, 55: 1075-1085.
- Odum, E. P. (1969), The strategy of ecosystem development,
Science, 164: 262-270.

- Odum, H. T. (1971), Environment, power, and society, John Wiley & Sons Inc., N.Y.
- Odum, H. T., Cantlon, J. E. and Kornicker, L. S. (1960), An organization hierarchy postulate for the interpretation of species - individual distributions, species entropy, ecosystem evolution, and the meaning of a species - variety index, Ecology, 41: 395-399.
- Ostler, W. K. and Harper, K. T. (1978), Floral ecology in relation to plant species diversity in the Wasatch Mountains of Utah and Idaho, Ecology, 59(4): 848-861.
- Parsons, R. F. and Cameron, D. G. (1974), Maximum plant species diversity in terrestrial communities, Biotropica, 6(3): 202-203.
- Peet, R. K. (1974), The measurement of species diversity, Ann. Rev. Ecol. Syst., 5: 285-307.
- _____ (1975), Relative diversity indices, Ecology, 56: 496-498.
- Pielou, E. C. (1966), Shannon's formula as a measure of species diversity: Its use and misuse, Amer. Natur., 100: 463-465.

- Reiners, W., I. Worley and D. Lawrence. (1971), Plant diversity in a chronosequence at Glacier Bay, Alaska, Ecology, 52: 55-69.
- Richards, P. W. (1969), Speciation in the tropical rain forest and the concept of the niche, Biol. J. Linn. Soc., 1: 149-153.
- Risser, P. G. and Rice, E. L. (1970), Diversity in tree species in Oklahoma upland forest, Ecology, 52: 876-880.
- Sanders, H. L. (1968), Marine benthic diversity, Amer. Natur., 102: 243-282.
- Shafi, M. I. and Yarranton, G. A. (1972), Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary (post-fire) succession, Ecology, 54: 897-902.
- Sheldon, A. L. (1969), Equitability indices: Dependence on the species count, Ecology, 50: 466-467.
- Simpson, E. H. (1949), Measurement of diversity, Nature, 163: 688.
- Tramer, E. J. (1975), The regulation of plant species diversity on an early successional old - field, Ecology, 56: 905-914.
- Travers, M. (1971), Diversité du microplancton du gol fe de Marseille en 1964. Mar. Biol., 8(4): 308-343.

- Whittaker, R. H. (1965), Dominance and diversity in land plant communities, Science, 147: 250-260.
- Wilhm, J. L. (1967), Use of biomass units in Shannon's formula, Ecology, 49: 153-155.
- Yi, B. J. (1979), Shannon's formula, Jour. Ocean. Soc. Kor., 14: 32-38.
- Zahl, S. (1977), Jackknifing an index of diversity, Ecology, 58: 907-913.

ABSTRACT

A STUDY OF THE PLANT COMMUNITIES ANALYSIS OF THE MT.
HANLA BASED ON THE SPECIES DIVERSITY INDEX.

Lee, Hoo Nam

This investigation made a comparative study of species diversity indices.

And tree species diversity was measured in 7 Mt. Hanla forest stands (1200-1800m) and was compared with the characteristic of soil.

The result was as follows.

1. The Simpson's index for concentration of dominance and the Shannon's function H were inversely related in a curvilinear fashion.

2. The Margalef's index and the Shannon's function H were positively related in a curvilinear fashion. Also, the Hill's Ratio and the Shannon's function H were positively related in a curvilinear fashion.

3. The Shannon's function H increased with the number of species per quadrat and was positively related to Species Richness index ($R \& Ec$) and Species Evenness index (V'). Therefore the Shannon's function H was suitable for species diversity index in this study.

4. Dominant species on the elevational gradient were Pinus densiflora, Carpinus laxiflora, Acer palmatum var. palmatum, Juniperus chinensis var. sargentii, Empetrum nigrum var. japonicum.

5. Species diversity by the Shannon's function H was high in the deciduous forest (1200-1500m) in Mt. Hanla. Species diversity referred to as the elevation of mountain was related to soil water content, total nitrogen and exchangeable calcium in soils. Thus mesic sites with calcareous and nitrogenous soil supported the highest tree species diversity.

APPENDIX

List of Species in the Stands

Aceraceae 단풍나무과

- Acer palmatum var. palmatum (K. Koch) Rehder 단풍나무
A. mono Maximowicz 고로쇠

Actinidiaceae 다래과

- Actinidia kolomikta Maximowicz 쥐다래

Aquifoliaceae 감탕나무과

- Ilex crenata Thunberg var. microphylla Maximowicz 팽팡나무

Araliaceae 두릅나무과

- Aralia elata (Miq.) Seemann 두릅
Kalopanax pictum (Thunb.) Nakai 음나무

Berberidaceae 매자나무과

- Berberis amurensis Ruprecht 매발톱

Betulaceae 자작나무과

- Betula ermanii Chamisso 사스래나무
B. ermanii var. communis Koidzumi 고채목
Carpinus cordata Blume 까치박달
C. laxiflora (Sieb. et Zucc.) Blume 서나무
C. tschonoskii Maximowicz 개서나무

Caprifoliaceae 인동과

- Abelia insularis Nakai 섬명강나무
Viburnum dilatatum Thunberg 가막살
Weigela subsessilis (Nakai) Bailey 병꽃

Celastraceae 노박덩굴과 (화살나무과)

- Euonymus alatus (Thunb.) Siebold 화살나무
E. alatus var. subtriflorus Francket & Savatier 회잎나무

APPENDIX (CONTINUED)

Cornaceae 층층나무과

Cornus macrophylla Wallich 곰의 말채C. controversa Hemsley 층층나무C. kousa Buerger 산딸나무Gynoxylon japonica Nakai var. virides Nakai 소리딸나무

Cupressaceae 측백나무과

Juniperus chinensis Linné var. sargentii Henry 누운향나무

Elaeagnaceae 보리수나무과

Elaeagnus umbellata Thunberg 보리수나무

Empetraceae 시로미과

Empetrum nigrum Linné var. japonicum K. Koch 시로미

Ericaceae 진달래과

Rhododendrum mucronulatum Turczaninow 진달래R. schlippenbackii Maximowicz 철쭉R. weyrichii Maximowicz 참꽃Vaccinium Koreanum Nakai 산앵도V. oldhami Miquel 정금나무

Euphorbiaceae 대극과

Daphniphyllum macropodum Miquel 굴거리나무

Fagaceae 너도밤나무

Quercus acutissima Carruthers 도토리나무Q. crispulimongolica Nakai 소리나무Q. serrata Thunberg 졸참나무Q. glauca Thunberg 중가시나무

Liliaceae 백합과

Smilax chima Linné 명감

Magnoliaceae 목련과

Magnolia kobus A. P. DE Candolle 목련

Oleaceae 목서과

Fraxinus rhychophylla Hance 물푸레나무Ligustrum foliosum Nakai 섬취뚱나무L. obtusifolium Siebold & Zuccarini 취뚱나무

APPENDIX (CONTINUED)

Pinaceae 소나무과

Abies koreana Wilson 구상나무Pinus densiflora Siebold & Zuccarini 소나무

Ranunculaceae 미나리아재비과

Clematis apiifolia DC. 사위질방

Rosaceae 장미과

Crataegus pinnatifida Bunge 산사나무Malus asiatica Nakai 능금나무Physocarpus amurensis Maximowicz 산국수나무Pourthiaea villosa Decne 윤노리Prunus sargentii Rehder 산벚Pyrus pyrifolia (Burm. f.) Nakai 돌배나무Rosa mutiflora Thunberg 찔레Rubus cratagifolius Bunge 산딸기Sorbus alnifolia (Sieb. et Zucc) C. Koch 팔배나무S. commixta Hedlund 마가목Stephanandra incisa (Thunberg) Zabel 국수나무

Rubiaceae 쪽두선과

Damnacanthus indicus Gaertn. fil. 호자나무

Saxifragaceae 범의귀과

Hydrangea macrophylla (Thunberg) Ser. var. acuminata
(Sieb. et Zucc.) Makino 산수국H. petiolaris Siebold & Zuccarini 등수국Philadelphus schrenckii Ruprecht 곶판나무

Styracaceae 매쪽나무과

Styrax obassia Siebold & Zuccarini 쪽동백

Symlocaceae 회목과

Symplocos chinensis (Lour.) Druca for. pilosa (Nakai)

Ohwi 노린재나무

Taxaceae 주목나무과

Taxus cuspidata Siebold & Zuccarini 주목Torreya nucifera (Linné) Siebold & Zuccarini 비자나무

Tiliaceae 피나무

Tilia amurensis var. glabra Nakai 참피나무

APPENDIX (CONTINUED)

Vitaceae 포도과

Vitis flexuosa Thunberg 새머루

STAND 1.	ELEVATION 1200-1300m	DIRECTION NW 25		INCLINATION DEGREE 2-3°		TOTAL NO. OF SPECIES 35								
Species	Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total No. of Indi.	Total Basal Area (cm ²)
<u>Symplocos chinensis</u> for. <u>pilosa</u>		1	1	1		1		1		3	9	1	18	224.85
<u>Acer palmatum</u> var. <u>palmatum</u>		2		8	5	4	8	5		5	8		45	3079.76
<u>Cornus controversa</u>								1		1			2	6.68
<u>Acer mono</u>			2	2		5		1	1				11	337.12
<u>Quercus crispulimonqolica</u>						3		1		7			11	475.07
<u>Pinus densiflora</u>		2	2	1	14	3	21	1	8	1	3		56	50877.33
<u>Carpinus laxiflora</u>			1	2			5		3				15	984.99
<u>Pyrus pyrifolia</u>								1					1	152.94
<u>Actinidia kolomiota</u>									1				1	7.07
<u>Cornus macrophylla</u>										1			1	283.39
<u>Carpinus cordata</u>					1					1			2	3.27
<u>Philadelphus schrenckii</u>					1					2			3	3.33
<u>Berberis amurensis</u>						1							1	0.78
<u>Quercus serrata</u>		1		1	3						4	1	10	2119.73
<u>Fraxinus rhynchophylla</u>							1						7	7258.19
<u>Ilex crenata</u> var. <u>microphylla</u>		29	24	41	25		2		5	20			146	27.93
<u>Euonymus alatus</u>			1				2						3	9.42
<u>Viburnum dilatatum</u>			2	1		2							5	15.7
<u>Hydrangea petiolaris</u>		1	1			1							3	0.6
<u>Carpinus tschonoskii</u>		1		1		1							3	162.28
<u>Liquidum foliosum</u>			6	6									12	2.4
<u>Tilia amurensis</u> var. <u>glabra</u>		1	1	1									3	9.42
<u>Cornus kousa</u>			1										1	63.62
<u>Pourthiaea villosa</u>		1	2	1									4	29.05
<u>Sorbus alnifolia</u>		1	1			1							3	320.44
<u>Daphniphyllum macropodum</u>		1	4			1	2						8	70.15
<u>Vitis flexuosa</u>			1										1	3.14
<u>Prunus sargentii</u>		5	6	4	1	5							21	297.53
<u>Kalopanax pictum</u>		1	2										3	6.28
<u>Liquidum obtusifolium</u>		1				1							2	6.28
<u>Crataegus pinnatifida</u>		7											7	1.4
<u>Cynoxylon japonica</u> var. <u>virides</u>				2									2	6.28
<u>Taxus cuspidata</u>		5											5	1
<u>Rhododendrum weyrichii</u>				1									1	12.57
<u>Smilax chima</u>		1	2	1		1	1						6	4.73
Total No. of Individuals		61	60	73	51	30	42	11	18	41	28	9	424	66865.72
Total No. of Species		17	18	15	8	14	8	7	5	9	5	3		

STAND 2.	ELEVATION 1300-1400m	DIRECTION NW 15	INCLINATION DEGREE 10°													TOTAL NO. OF SPECIES 34	
Species	Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total No. of Indi.	Total Basal Area (cm ²)
<u>Symplocos chinensis</u> for. <u>pilosa</u>			5	4	1		2	6	6	3				2	6	35	502.05
<u>Acer palmatum</u> var. <u>palmatum</u>	9		6	2	8	4	7	4		2	2	8	10	2	1	65	8360.01
<u>Cornus controversa</u>			3	1	3		5	1								11	0.13
<u>Acer mono</u>			3	1	3		5									12	2578.6
<u>Quercus crispulimonqolica</u>						1					3	3	1			8	2093.86
<u>Carpinus laxiflora</u>	2				1	6	7	1	1	6	17	2		1	1	45	12561.3
<u>Carpinus cordata</u>			5	1	3		1		2	1				1		14	6244.66
<u>Philadelphus schrenckii</u>								1								1	0.03
<u>Quercus serrata</u>	2						2	4						1		9	5027.09
<u>Betula ermanii</u>													3			3	242.4
<u>Taxus cuspidata</u>				4						2			1			7	161.6
<u>Pourthiaea villosa</u>					3	3							1	1	6	14	8.58
<u>Prunus sargentii</u>	2	4							1				1			8	823.87
<u>Abies koreana</u>						1										1	254.47
<u>Quercus acutissima</u>						1										1	0.13
<u>Quercus glauca</u>						2										2	1.28
<u>Liquidum obtusifolium</u>				2			2	2	2				3	6		17	16.58
<u>Rubus crataegifolius</u>							2									2	30.54
<u>Torreya nucifera</u>							1									1	1.33
<u>Stephanandra incisa</u>								2								2	0.2
<u>Ilex crenata</u> var. <u>microphylla</u>	3				15						15	5	18	18		74	551.67
<u>Smilax chima</u>	8				16									3		27	5.4
<u>Abelia insularis</u>	4															4	0.8
<u>Carpinus tschonoskii</u>	2				10								3	6		21	4.2
<u>Euonymus alatus</u>	2	2							1							5	6.88
<u>Berberis amurensis</u>		1														1	0.2
<u>Sorbus alnifolia</u>		2														2	81.58
<u>Hydrangea macrophylla</u> var. <u>acuminata</u>				1	2					2						5	131.57
<u>Rosa mutiflora</u>				1												1	3.14
<u>Magnolia kobus</u>				3												3	58.89
<u>Pinus densiflora</u>	2				5		7	6			4		4	2	3	33	19791.93
<u>Cynoxylon japonica</u> var. <u>virides</u>					1											1	0.2
<u>Vaccinium koreanum</u>					1								1			2	0.4
<u>Euonymus alatus</u> var. <u>subtriflorus</u>					3											3	0.6
Total No. of Individuals		36	28	19	72	18	36	27	13	16	41	24	41	48	11	430	59546.27
Total No. of Species		10	8	9	14	7	10	9	6	6	5	8	8	11	4		

STAND 3.	ELEVATION 1400-1500m	DIRECTION SW 5	INCLINATION DEGREE 38°							TOTAL NO. OF SP. 25		
Species	Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total No. of Indi.	Total Basal Area(cm ²)
<u>Symplocos chinensis</u> for. <u>pilosa</u>		10	1				2				13	126.34
<u>Acer palmatum</u> var. <u>palmatum</u>		16	2	6	7	5	10	10	23	7	86	6269.18
<u>Cornus controversa</u>				1		1					2	0.98
<u>Carpinus laxiflora</u>			1	1	2	1			1		6	570.01
<u>Rubus crataegifolius</u>						3	3		3		9	493.19
<u>Acer mono</u>		1			1			1	1	1	5	556.05
<u>Pourthiaea villosa</u>		4				1		6	1		12	178.42
<u>Prunus sargentii</u>						1					1	254.47
<u>Abies koreana</u>						1		1			2	228.75
<u>Kalopanax pictum</u>					1	2			1		4	110.75
<u>Euonymus alatus</u>		3	4	6	5	1				2	21	232.09
<u>Smilax chima</u>		5	1						1		7	20.7
<u>Ilex crenata</u> var. <u>microphylla</u>		5	8	11	7			3	1		35	62.6
<u>Styrax obassia</u>							1				1	2.54
<u>Berberis amurensis</u>		2		3	1			1		2	9	68.64
<u>Rosa mutiflora</u>		2	1		2			1		1	7	2.28
<u>Physocarpus amurensis</u>								2			2	0.7
<u>Elaeagnus umbellata</u>			4					1			5	1.85
<u>Ligustrum obtusifolium</u>		2	1		3			1			7	50.95
<u>Clematis apiifolia</u>		1									1	0.2
<u>Taxus cuspidata</u>		38	3	2	1						44	115.97
<u>Hydrangea petiolaris</u>		1									1	0.2
<u>Sorbus alnifolia</u>				4	4						8	1124.88
<u>Euonymus alatus</u> var. <u>subtriflorus</u>			2	8	3						13	111.17
<u>Cornus kousa</u>		2	33	8	3						16	682.72
Total No. of Individuals		92	31	50	40	16	16	27	32	13	317	18006.67
Total No. of Species		14	12	10	13	9	4	10	8	5		

STAND 4.	ELEVATION 1500-1600m	DIRECTION SE 10	INCLINATION DEGREE 20-25°							TOTAL NO. OF SP. 11		
Species	Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total No. of Indi.	Total Basal Area (cm ²)
<u>Ilex crenata</u> var. <u>microphylla</u>		1	1				2			2	6	0.98
<u>Physocarpus amurensis</u>		13	5	7	9	1	3	4	6	4	52	129.9
<u>Damnacanthus indicus</u>		2			3					20	25	5
<u>Ligustrum ibota</u> var. <u>angustifolium</u>							2	1	18	3	24	282.58
<u>Rhododendrum mucronulatum</u>		8	5	4	10	5	6	3	3	6	50	828.16
<u>Symplocos chinensis</u> for. <u>pilosa</u>		3				7					10	31.4
<u>Vaccinium oldhami</u>		1	1	7	1	1					11	2.2
<u>Elaeagnus umbellata</u>		4	1								5	3.9
<u>Acer palmatum</u> var. <u>palmatum</u>				1	3						4	12.56
<u>Taxus cuspidata</u>				5							5	1
<u>Juniperus chinensis</u> var. <u>sargentii</u>				1							1	0.2
Total No. of Individuals		32	13	25	26	14	13	8	27	35	193	1299.07
Total No. of Species		7	5	6	5	4	4	3	3	5		

STAND 5.	ELEVATION 1600-1650m	DIRECTION NW 15	INCLINATION DEGREE 30°							TOTAL NO. OF SP. 12				
Species	Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total No. of Indi.	Total Basal Area (cm ²)
<u>Berberis amurensis</u>		1	1								5	5	12	151.59
<u>Abies koreana</u>		1	14	1	10	7	4	7	2	6	10	10	72	8550.96
<u>Elaeagnus umbellata</u>		4	4					1	5				14	10.92
<u>Ligustrum obtusifolium</u>		1	1	3				1					6	18.84
<u>Rhododendrum mucronulatum</u>		18	14	7	8	13	5	2	15	2	12	8	104	1830.35
<u>Taxus cuspidata</u>		1								10			11	102.63
<u>Weigela subsessilis</u>		1											1	22.11
<u>Juniperus chinensis</u> var. <u>sargentii</u>				1			8						9	28.26
<u>Damnacanthus indicus</u>						4			1				5	1
<u>Stephanandra incisa</u>						3							3	9.42
<u>Abelia insularis</u>					3								3	0.6
<u>Symplocos chinensis</u> for. <u>pilosa</u>								2		1			3	9.42
Total No. of Individuals		27	34	12	21	27	17	13	23	19	27	23	243	10736.1
Total No. of Species		7	5	4	3	4	3	5	4	4	3	3		

STAND 7.	ELEVATION 1700-1800m	DIRECTION SE 6	INCLINATION DEGREE 10°										TOTAL NO. OF SP. 8	
Species	Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total No. of Indi.	Total Basal Area (cm ²)	
		<u>Abies koreana</u>						25	48	11	18	14		116
<u>Rhododendrum mucronulatum</u>		18	23	17	18	4					33	113	2218	
<u>Berberis amurensis</u>		2					2					4	78.52	
<u>Weigela subsessilis</u>									2			2	12.56	
<u>Taxus cuspidata</u>		3	3	5					3		5	19	177.27	
<u>Juniperus chinensis</u> var. <u>sargentii</u>				9	20	20					7	56	176	
<u>Empetrum nigrum</u> var. <u>japonicum</u>		6	3								1	10	2	
<u>Rhododendrum schlippenbackii</u>		2										2	39.26	
Total No. of Individuals		31	38	42	38	29	50	16	18	14	46	322	21708.61	
Total No. of Species		5	4	3	2	2	2	3	1	1	4			

STAND 6.	ELEVATION 1650-1700m	DIRECTION NE 10	INCLINATION DEGREE 2-5°								TOTAL NO. OF SP. 10	
Species	Quadrat No.	1	2	3	4	5	6	7	8	Total No. of Indi.	Total Basal Area (cm ²)	
		<u>Abies koreana</u>		7	8	15	20	25	9	20	11	115
<u>Rhododendrum mucronulatum</u>		6	11	25	6			28	24	100	1963	
<u>Berberis amurensis</u>						1	1			2	39.26	
<u>Sorbus commixta</u>		1					1			2	38.61	
<u>Stephanandra incisa</u>		1								1	3.14	
<u>Rubus crataegifolius</u>		1								1	50.27	
<u>Ilex crenata</u> var. <u>microphylla</u>			1							1	0.07	
<u>Betula ermanii</u>							3			3	176.71	
<u>Weigela subsessilis</u>			2							2	3.27	
<u>Juniperus chinensis</u> var. <u>sargentii</u>			20	6	20	10				56	176	
Total No. of Individuals		16	42	46	46	36	14	48	35	283	9072.41	
Total No. of Species		5	5	3	3	3	4	2	2			