

北漢江 上流 桂芳川 砂礫地 河岸植生の 遷移系列

金鍾根·任良宰
中央大學校 生物學科

Vegetation Seres on the Pebble Area at Gye-bang Stream Bank of North Han River in Korea

Kim, Jong-Geun and Yang-Jai Yim

Dept. of Biology, Chung-Ang Univ.

ABSTRACT

The primary succession of the pebble area in Gye-bang chon, an upper stream bank of North Han river, was investigated by belt transect method from July to October 1990. The stages of bare area, herbaceous pioneer, perennial herb, woody plants and pine stand were recognized from stream bank to inland. The change of the coverage in herbaceous plants increased with developing successional sere but decreased with increment of woody plants.

The species sequence curves vs. relative coverage were geometric in pioneer stage and gradually changed to lognormal type as the development of forest. The species diversity was highest during then woody plants stage, probably it would be the edge effect.

The soil properties were not noticeable difference between stream side and inland side. It seems that the vegetational development was not enough to affect soil accumulation.

緒 論

一次遷移(primary succession)의 研去는 氷退地(glaciated area, Cooper, 1923, 1931, 1939), 砂地(sand area, Lakela, 1939; McVaugh, 1947), 火山地(volcanic area, Eggler, 1948) 등에서 많이 研究되어 왔으며, 韓國에서 山地의 一次遷移에 관한 研究는 아직 알려진 바가 없다.

植生の 遷移系列을 理解하는데는 種의 分散構造와 層位構造, 그리고 種多樣度の 變化 등을 把握하는 것이 重要하며 특히 植生の 分散構造와 階層構造는 遷移系列을 綜合적으로 判斷하는 根據가 된다(Curtis and McIntosh, 1950; Keith and Leslie, 1981; Falinska, 1985). 또 遷移系列에 따른 植物의 環境(資源)利用에 관한 pattern을 보기 위하여 種序列曲線이 자주 利

用되는데 이러한 種序列曲線を 說明하기 위한 많은 假說中에서 특히 random niche-boundary hypothesis(MacArthur, 1957, 1960), niche pre-emption hypothesis (Motomura, 1932), lognormal distribution(Preston, 1948) 등의 3가지가 注目된다. Whittaker(1972)는 참나무-소나무森林에서 種序列曲線이 遷移初期의 geometric에서 점차 lognormal로 變化함을 밝혔고 以後 Peat(1974), Bazzaz(1975)도 이러한 變化 pattern을 報告한 바 있다.

遷移系列에 따른 環境의 主要 變化는 林床의 土壤條件의 變化를 들 수 있으며 植生과 土壤條件의 關係를 밝힌 研究에는 Croker and Dickson(1957), Olson(1958), Viereck(1970) 등이 있다.

本 研究에서 桂芳川 河岸에 發達한 約 23,000m²의 砂礫地를 裸地→草地→森林의 一次遷移系列이 比較的 뚜렷한 곳을 擇하여 遷移系列에 따른 植物分布의 分散構造의 變化, 種多樣度의 變化 등을 分析하였다.

材料 및 方法

調查地の 概況

本 調查地の 江原道 洪川郡 內面 廣原里(37°N, 128°E)를 흐르는 北漢江의 한 支流인 桂芳川의 河岸砂礫地로 標高 550m 以上の 高地帶이며 周圍에는 標高 700m~800m의 높은 봉우리로 둘러싸여 있어 桂芳川의 빠른 물살이 長方形(長軸 250 m, 短軸 170 m)의 砂礫地를 形成해 놓고 있다.

調查地の 南쪽은 河川이 接하고 있으며 北쪽은 小路를 사이에 두고 耕作地와 接해 있고 耕作地와 小路사이에는 1.5m 정도의 提防이 쌓여 있어 과거에는 小路를 통하여서도 河川의 한 支流가 흘렀을 것으로 推定되어 本調查地는 마치 하나의 小島의 形態를 하고 있다.

이곳은 北東쪽의 河岸에서부터 南西쪽으로 10m까지의 裸地, 90m까지의 草地 以後 250m까지의 소나무숲으로 三分되고 있으며 河岸의 水面을 基準으로 1.5m까지의 高度勾配를 나타내며 洪水期에는 大路 110m선까지 沈水되는 것으로 調查되었다(Fig. 1).

植生調查

調查를 위하여 北東, 南西方向의 長軸을 따라 河岸을 基點으로 하여 外部의 干涉이 最少化되는 中央에 belt transect를 設置하였다. belt transect는 草地와 森林을 區分하여 草地 및 林床에서는 1m×1m의 chart frame을 두 줄로 5m 間隔으로 놓고 出現種別 被도와 個體數를 記錄하였으며 소나무 숲에서는 20m×5m의 Quadrat를 連續的으로 設置하여 Braun-Blanquet (1964)의 全推定法에 따라 優占度, 群度(D.S)를 調查하고 아울러 DBH 1cm이상의 木本에 대하여 每木調查를 實施하였다(Fig. 1).

種序列—重要值 曲線의 分析

調查된 資料를 10m單位로 묶어 整理하고 重要值로 相對植被率을 使用하여 種序列—重要值 曲線(species sequence vs. relative importance curve)를 作成하였다. 이 結果를 세가지 假說 즉, MacArthur distribution(MacArthur, 1957, 1960), geometric series(Motomura, 1932), lognormal distribution(Preston, 1948)을 檢證하였다.

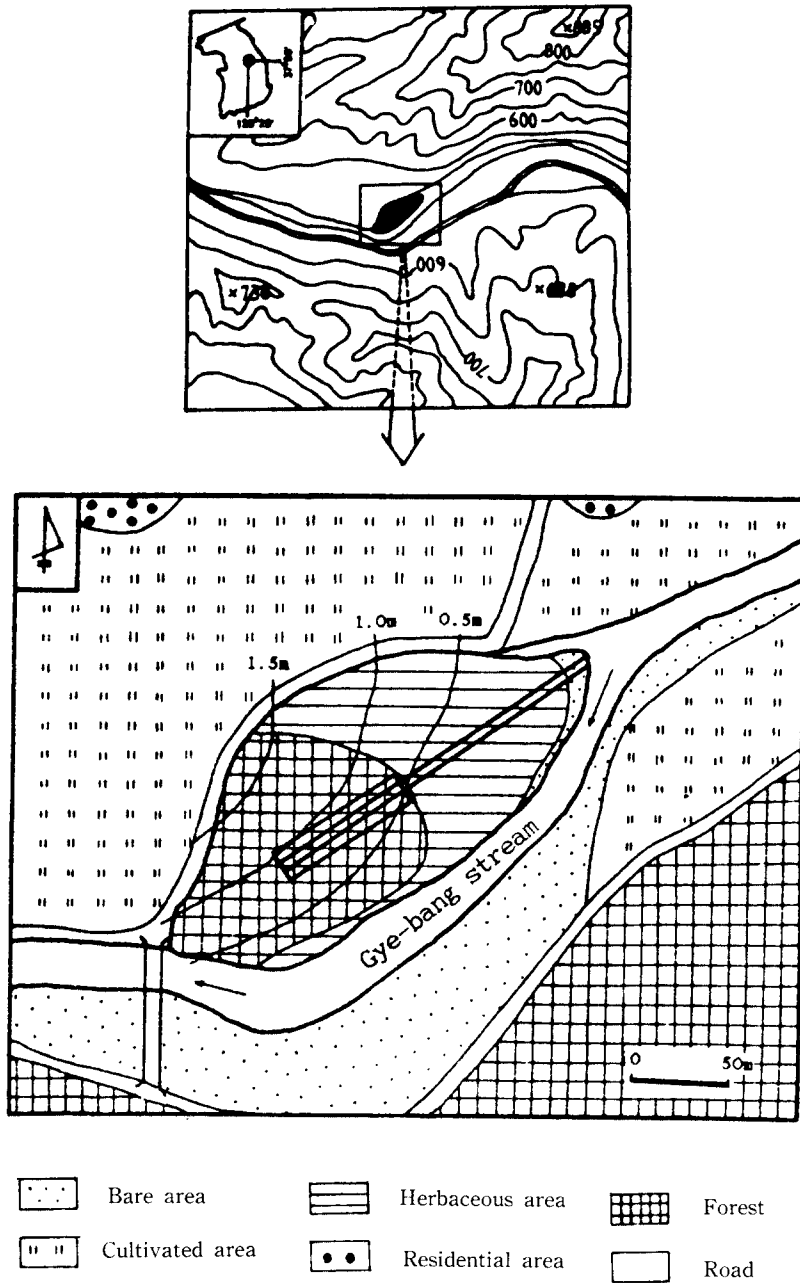


Fig. 1. The topography and land-use of the Gye-bang stream bank. Belt transect was installed on the center of bold line.

種多樣度 算出

種多樣도의變化는 遷移系列을 判斷하는데 重要な key가 될 수 있다(Odum, 1960; Monk, 1967; Loucks, 1970; Whittaker, 1972; McNaughton and Wolf, 1973). 이 때문에 各 belt transect別 環境條件 및 遷移段階를 밝히기 위해 가장 普遍的으로 利用되는 Margalef(1958)의 richness index, Shannon and Weaver(1949)의 diversity index, Hurlbert(1971)의 evenness index를 產出하였다.

A. richness index ; R(Margalef, 1958)

$$R = \frac{S-1}{\ln(N)}$$

S : 標本內 總種數

N : 標本內 各種의 個體數의 合

B. Diversity index ; H'(Shannon and Weaver, 1949)

$$H' = -\sum P_i \log P_i (P_i = n_i/N)$$

n_i : 개개의 種이 갖는 個體數

C. Evenness index ; E(Hurlbert, 1971)

$$E = \frac{D - D_{\min}}{D_{\max} - D_{\min}}$$

D_{\max} : maximum diversity index

D_{\min} : minimum diversity index

環境分析

河岸으로부터 5m 間隔으로 地表下 15cm의 土壤을 採取하여 土性, pH, cation exchange capacity(C.E.C.), 土壤含水量, 有機物含量 等を 測定하였다.

土壤의 機械的 分析은 U.S.D.A.의 soil survey manual(1951)에 記述된 方法에 依해서 分析하였다. 乾土粉末 20g을 2mm체로 쳐서 20% H_2O_2 500ml가 들어있는 비이커에 넣은 後 water bath에 놓고 서서히 熱을 가하면서 휘저었다. 30分後 H_2O_2 25ml를 가하고 다시 15分 동안 熱을 가했다. 또 1% HCl 100ml를 添加하여 1分동안 끓인 後, 식히고 filter paper로 걸러 humus를 除去하였다. Humus가 除去된 土壤水를 12時間 shaking後 물을 부어 1로 만들고 손으로 충분히 혼든 다음 곧바로 20ml pipette를 使用하여 silt와 clay를 除去하였다. 이러한 過程을 맑은 물이 될 때까지 反覆하였다.

pH는 土壤을 24時間 以上 風乾시킨 後 2mm체로 쳐서 자갈을 除去하고, 風乾土 : 蒸溜水를 1 : 5의 比로 섞어 振盪시킨 後 Hitachi-Horiba pH Meter로 測定하였다.

C.E.C.는 pH 2.31의 glacial acetic acid 水溶液 25ml에 2.5g의 土壤을 加하고 pH를 測定하여 다음 式에 의하여 計算하였다.

$$C.E.C. \text{ meq}/100g \text{ soil} = (\text{測定 pH} - 2.31) \times 22$$

土壤의 含水量은 生量을 測定後 105°C dry oven에 24時間 乾燥後 定量하여 乾量에 대한 百分率로 表示했다.

土壤有機物含量은 風乾土를 500~600°C의 furnace에서 4時間동안 灼熱시킨 後 有機物 消失

량을 乾量에 對한 百分率로 計算하였다.

結 果

分散構造

河岸으로부터 170m 距離地點에 걸친 조사에서 10m까지는 裸地階段(bare area stage), 10~60m까지는 草地段階(herb stage), 60~90m까지는 草本-灌木-소나무 幼木階段(herb-shrub-pine sapling and pine seedling stage), 그리고 소나무林階段(pine forest stage)로 區分되었으며, 그 構成種은 草地段階에서는 키 1m이하의 미꾸리낙시(*Persicaria sieboldi*), 사철쭉(*Artemisia capillaris*), 쥐손이풀(*Geranium sibiricum*), 왕고들배기(*Lactuca indica* var. *laciniata*), 쭉(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 미역취(*Solidago virga-aurea* var. *asiatica*) 등이었고, 草本-灌木-소나무 幼木階段에서는 소나무(*Pinus densiflora*)쭉(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 사철쭉(*Artemisia capillaris*), 갈퀴나물(*Vicia amoena*), 그리고 소나무林階段에서는 소나무(*Pinus densiflora*), 갈퀴나물(*Vicia amoena*), 달뿌리풀(*Phragmites japonica*), 큰기름새(*Spodiopogon sibiricus*), 신갈나무(*Quercus mongolica*), 대사초(*Carex siderosticata*) 등이었다(Fig. 2).

草地的 最優占種은 사철쭉으로 미꾸리낙시와 함께 약간의 砂土가 堆積된 곳에 1cm 以下の 높이로 자라고 있다(河岸으로부터 20m까지). 以後 한 뿌리에서 수개의 가지가 나와 둥근 포기를 形成하고(30m까지), 점차 높이가 密度가 增加한다(50m까지). 以後 쭉이 사철쭉을 대신하여 점차 個體數와 높이가 增加하고 砂土가 많이 堆積된 곳에 큰 포기로 成長하며(80m까지) 소나무林的 沿邊인 80m~90m에서는 달뿌리풀이 發達함에 따라 점차 衰退하고 있다(Fig. 3).

植被率과 基底面積의 變化

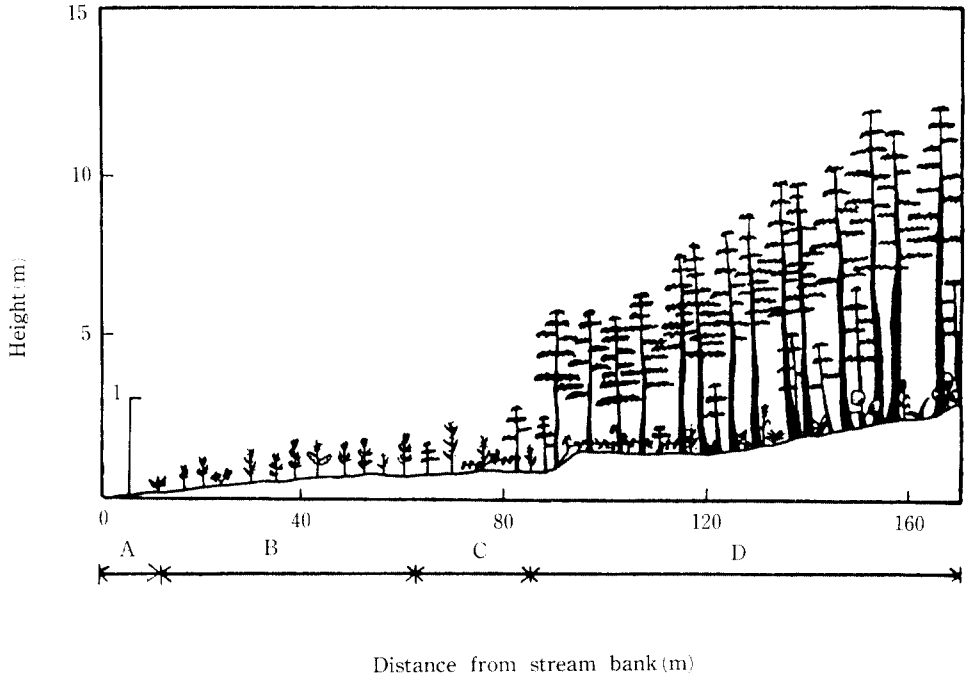
全調査地에 걸쳐 草本과 木本の 植被率(植被率面積/地面積×100)의 變化를 살펴 본 結果 草本은 10m부터 緩慢히 增加하여 숲의 沿邊(60m~80m)에서 20% 前後로 最高值를 나타내며 木本の 侵入과 함께 減少하여 林床에서는 變化가 적게 나타났다. 木本은 60m 거리에서부터 急激히 增加하여 140m以後는 漸近線에 達하고 있다(Fig. 4).

Fig. 5는 草地 및 林床의 植被를 平面的으로 본 것으로, Braun-Branquet(1964)의 被度等級을 適用하면 10m부터 80m까지에서 等級 1~3範圍로 增加하고 100부터 170m까지의 林床에서는 1, 2의 範圍로 變化가 적었다.

河岸으로부터 90m 즉, 소나무 林이 시작하는 곳에서 170m까지의 基底面積(% , 基底面積/地面積×100)의 變化를 調査한 結果 0.05%에서 0.4%의 範圍로 90m부터 緩慢히 增加하였다가 110m에서 增加幅이 줄고 130m 이후 다시 增加하는 S字型 增加曲線을 나타내었다(Fig. 6).

種序列曲線과 種多樣度

河岸으로부터 10m 間隔으로 資料를 整理하여 소나무林 以前에서는 10~20m, 20~40m, 50~60m, 70~80m, 소나무林 以後에는 80~90m, 110~120m, 130~140m, 150~160m 등의 地點에 대하여 相對被度(relative coverage)에 대한 種序列曲線을 作成한 結果 草本先驅種의 侵
















- | | | | |
|---|---|---|------------------------------|
|  | <i>Persicaria sieboldii</i> |  | <i>Carex lanceolata</i> |
|  | <i>Artemisia capillaris</i> |  | <i>Persicaria perfoliata</i> |
|  | <i>Solidago virga-aurea</i>
var. <i>asiatica</i> |  | <i>Spodiopogon sibiricus</i> |
|  | <i>Lactuca indica</i> |  | <i>Quercus mongolica</i> |
|  | <i>Vicia amoena</i> |  | <i>Carex siderosticata</i> |
|  | <i>Phragmites japonica</i> |  | <i>Pinus densiflora</i> |
|  | <i>Artemisia princeps</i>
var. <i>orientalis</i> | | |

Fig. 2. Profile diagram along the distance from stream side to inland. Sample sites were divided into 4 stages : A, bare land, B, herb, C, herb-shrub-pine sapling and seedling, D, pine forest.

入段階인 10~20m 地點에서 geometric series로 나타나고 점차 種數에 增加의 따라 lognormal curve로 變化하였으며 소나무林이 形成되기 시작한 90~100m 地點에서부터 다시 geometric series에 接近하였다. 특히 草地-灌木-소나무 幼木段階인 70~80m地點과 소나무林이 比較的 發達한 150~160m點에서는 種數의 增加와 함께 lognormal에 상당히 接近하고 있어 既存의 研

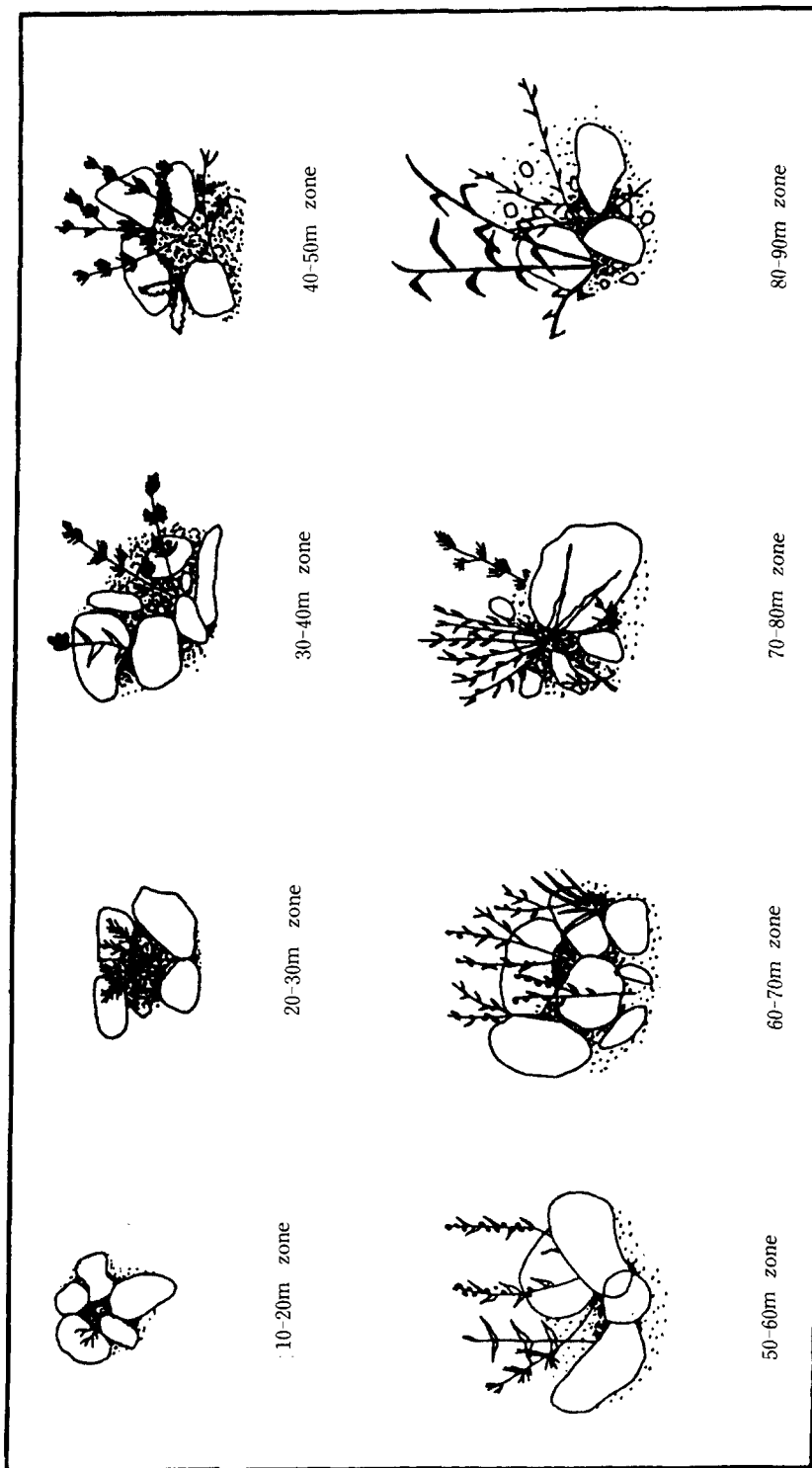


Fig. 3. The typical growing pattern on the herb stage and herb-pine shrub stage.

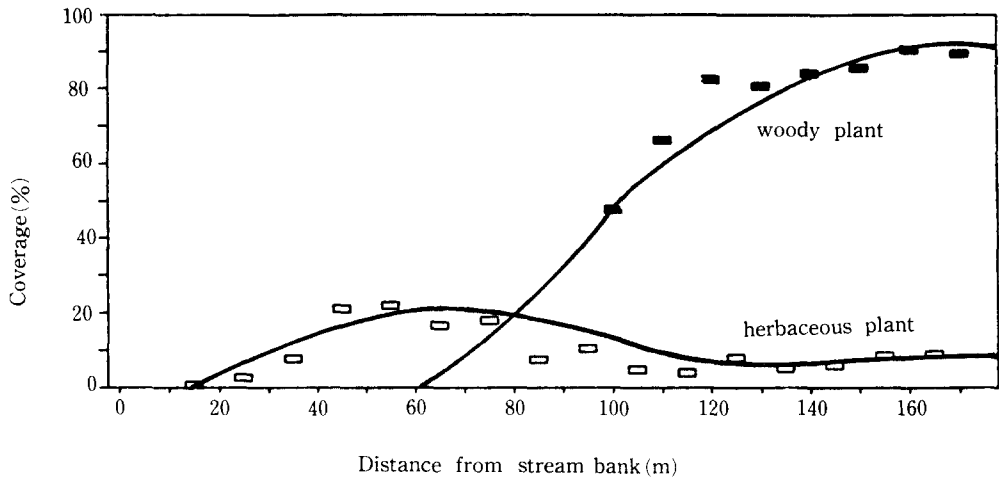


Fig. 4. The change of coverage from stream bank to inland.

究結果(Whittaker, 1972; Peat, 1974; Bazzaz, 1975)와 대체로 一致되는 傾向을 보였다(Fig. 7a, 7b).

河岸으로부터 170m까지의 種多樣度 變化를 調査하고 이를 檢討하기 위하여 種豐富度 및 種均質度を 살펴본 結果, 種多樣度(H')는 約 0.8과 2사이의 範圍에서 大體적으로 소나무林 周邊部인 70~110m에서 높게 나타났으며, 種豐富度(R)와 種均質度(E)는 各各 約 1.5에서 4.0사이, 0.5에서 0.9사이의 範圍로 種多樣도와 같은 傾向을 보였다(Fig. 8).

無機環境과의 關係

土壤條件의 變化를 살펴본 結果 本 調査地는 全體가 砂質土壤(sand content; 95.45%~98.31%)으로 나타났으며 C. E. C. 等은 有意한 變化가 發見되지 않았다. 土壤含水量과 土壤有機物含量 역시 草地 및 소나무林 周邊部에서는 別 有意한 變化가 나타나지 않았으나 소나무林이 比較的 發達하고 있는 130m 以後 부터는 前者가 10.2%, 13.9%, 15.6%, 18.6%, 18.7%, 後者가 0.4%, 0.7%, 0.8%, 1.0%, 1.2% 等으로 微微하나마 增加하는 傾向을 보였다(Table. 1).

組成變化

遷移系列에 따른 種組成의 變化를 보기 위하여 單位面積當 種別 個體數를 調査한 結果 9種의 變化가 뚜렷하였다.

全 區間에서 密度가 가장 높은 種은 사철쭉(Fig. 9-a)과 소나무(Fig. 9-f)로 사철쭉의 境遇 遷移初期段階인 10m地點부터 急激히 增加하여 50~70m附近에서 頂點에 達하였으며 以後 소나무林이 形成되면서 점차 減少하고 소나무林이 比較的 發達하기 시작하는 130m에서 사라졌다. 소나무는 약 70m 附近에서 出現하여 130m에서 急激히 增加하고 150m 附近에서 頂點에 達하였다. 또한, 쭉과 갈퀴나뭇이 넓은 區間에서 나타났으며 미꾸리남시, 미역취 等은 소나무林 以前에, 그늘사초, 조록싸리, 둥굴레 等은 소나무林 以後에 分布하였다.

이들을 遷移段階에 따라 分類하면 사철쭉, 미꾸리남시, 쭉 等이 草地先驅段階, 미역취, 사

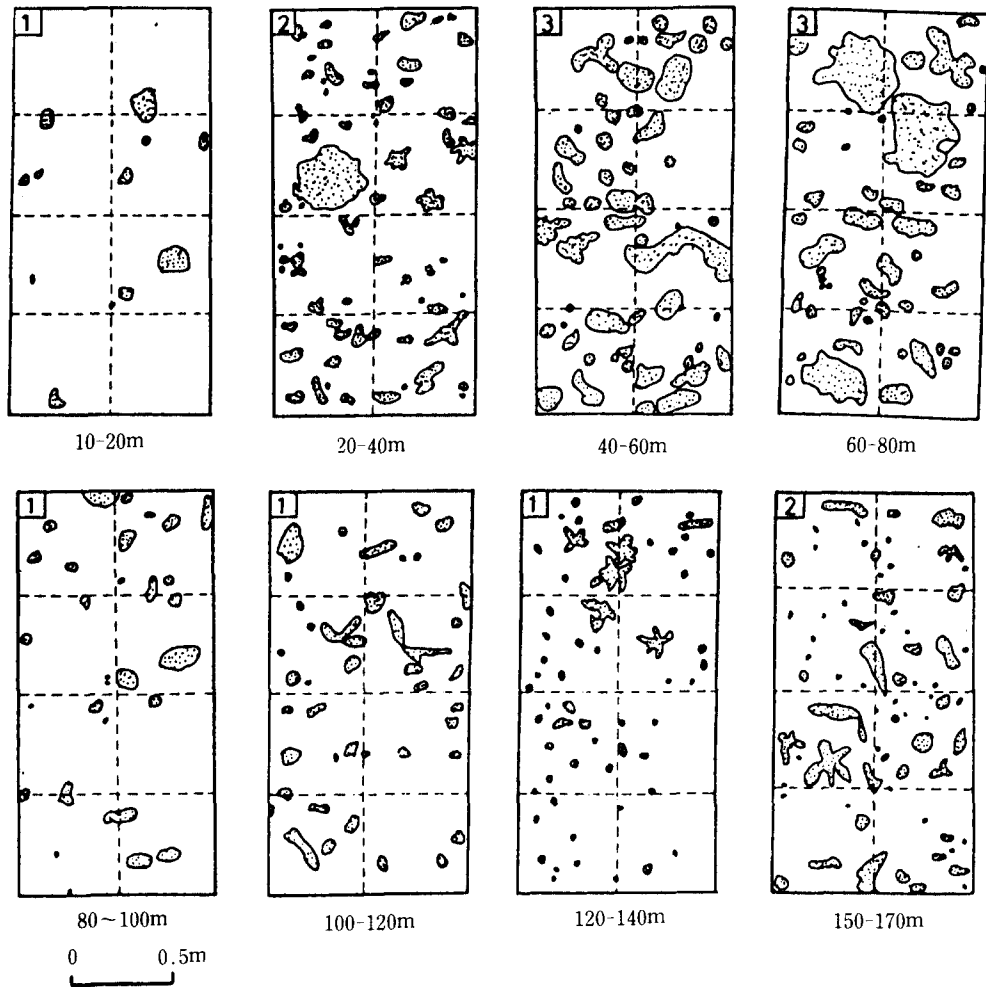


Fig. 5. The spetial distribution pattern of herbaceous plant in coverage at sample plots. numerals in small box : coverage degree

칠썩, 갈퀴나물 등의 草地定着段階, 소나무幼木, 그늘사초, 갈퀴나물 등의 森林初期段階, 以後 소나무, 조록싸리, 둥글레 등의 소나무林段階로 四分 되었다(Fig. 9).

論 議

桂芳川の 砂礫河岸植生の 遷移系列은 河岸으로부터 內陸으로 裸地段階, 草本先驅段階, 多年生草本段階, 木本侵入段階, 소나무林段階로 五分되었으나, 이들의 境界 特히, 木本侵入段階域이 比較적 넓었는데 이는 본 調査地域이 礫岩地라는 特性和 調査地의 양쪽 面인 河川과 農路로부터의 적지 않은 干涉때문으로 여겨진다.

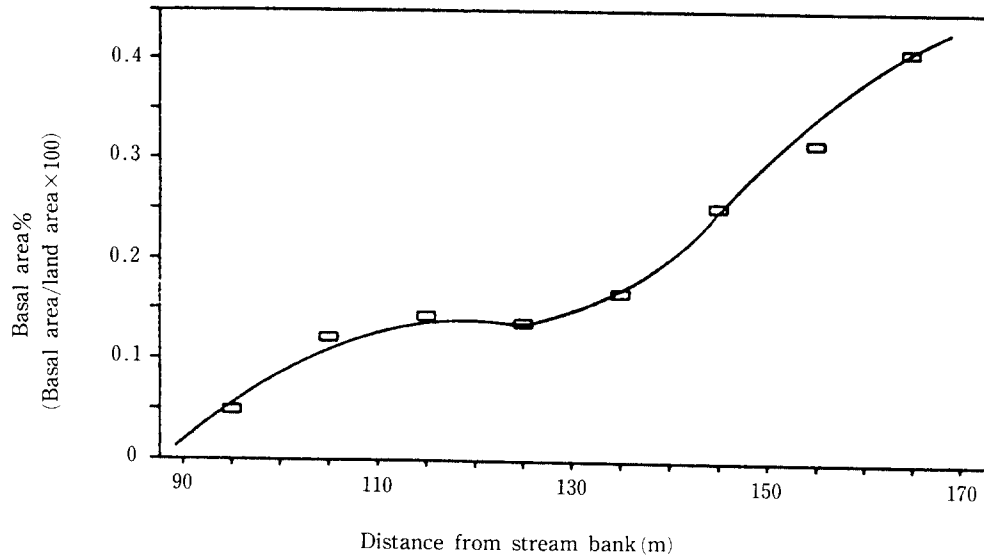


Fig. 6. The change of the basal area(%) in pine forest from stream bank to inland

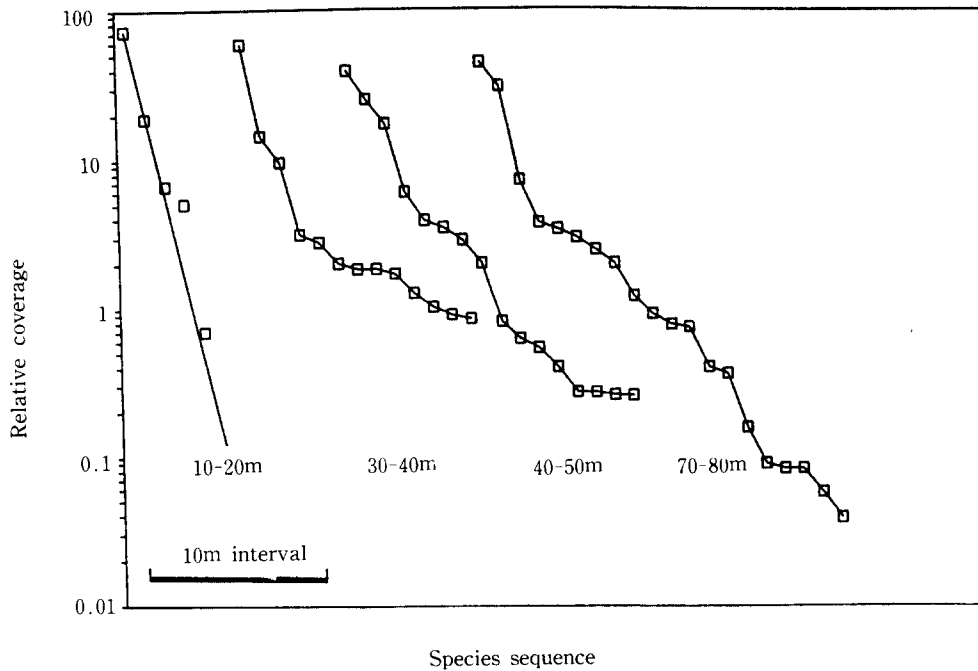


Fig. 7 a. The species sequence vs. relative coverage early stage of pine forest.

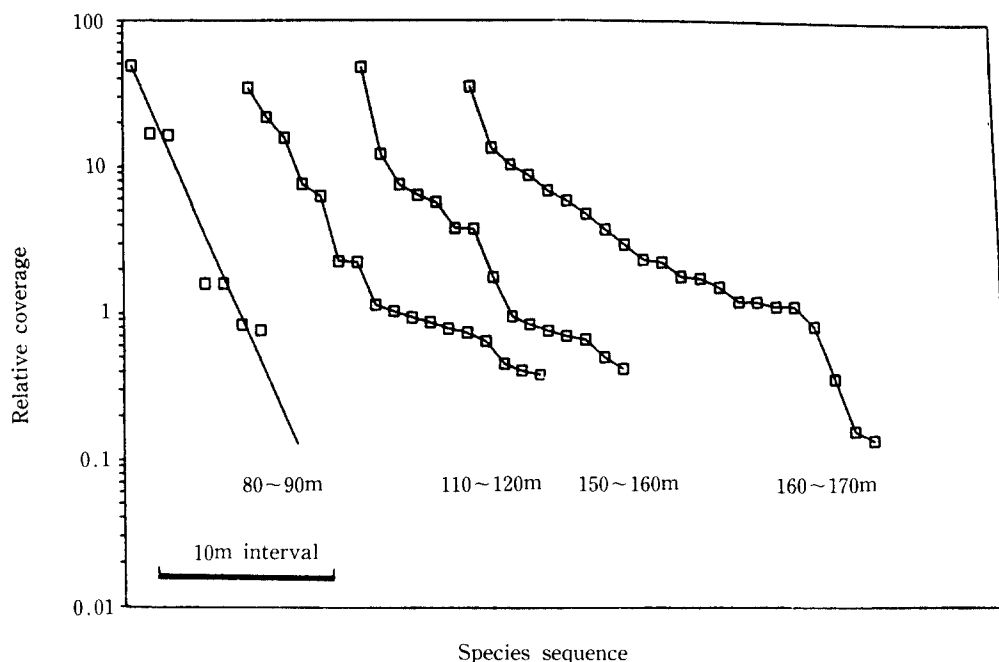


Fig. 7b. The species sequence vs. relative coverage later stage of pine forest.

Table 1. The soil properties of the sample sites from stream bank to inland.

Distance (m) from stream	Sand (%)	pH	C.E.C. (m. e. q.)	Moisture content (%)	Organic matter (%)
20	98.31	6.70	1.50	11.3	0.6
30	79.10	6.75	3.52	17.5	0.9
40	97.01	6.61	5.06	17.7	0.8
50	96.05	6.65	5.94	17.7	0.7
60	96.68	6.62	5.06	17.5	0.7
70	96.59	6.54	5.06	17.4	0.6
80	97.71	6.42	3.30	13.3	0.5
90	98.06	6.26	2.42	18.4	0.7
100	97.98	6.56	3.08	20.5	0.8
110	96.43	6.18	5.72	11.1	0.4
120	97.47	6.24	0.40	12.0	0.5
130	96.51	6.42	2.20	10.2	0.4
140	97.59	6.45	3.26	13.9	0.7
150	95.45	6.35	1.32	15.6	0.8
160	96.75	6.23	3.96	18.6	1.0
170	96.85	6.47	3.30	18.7	1.2

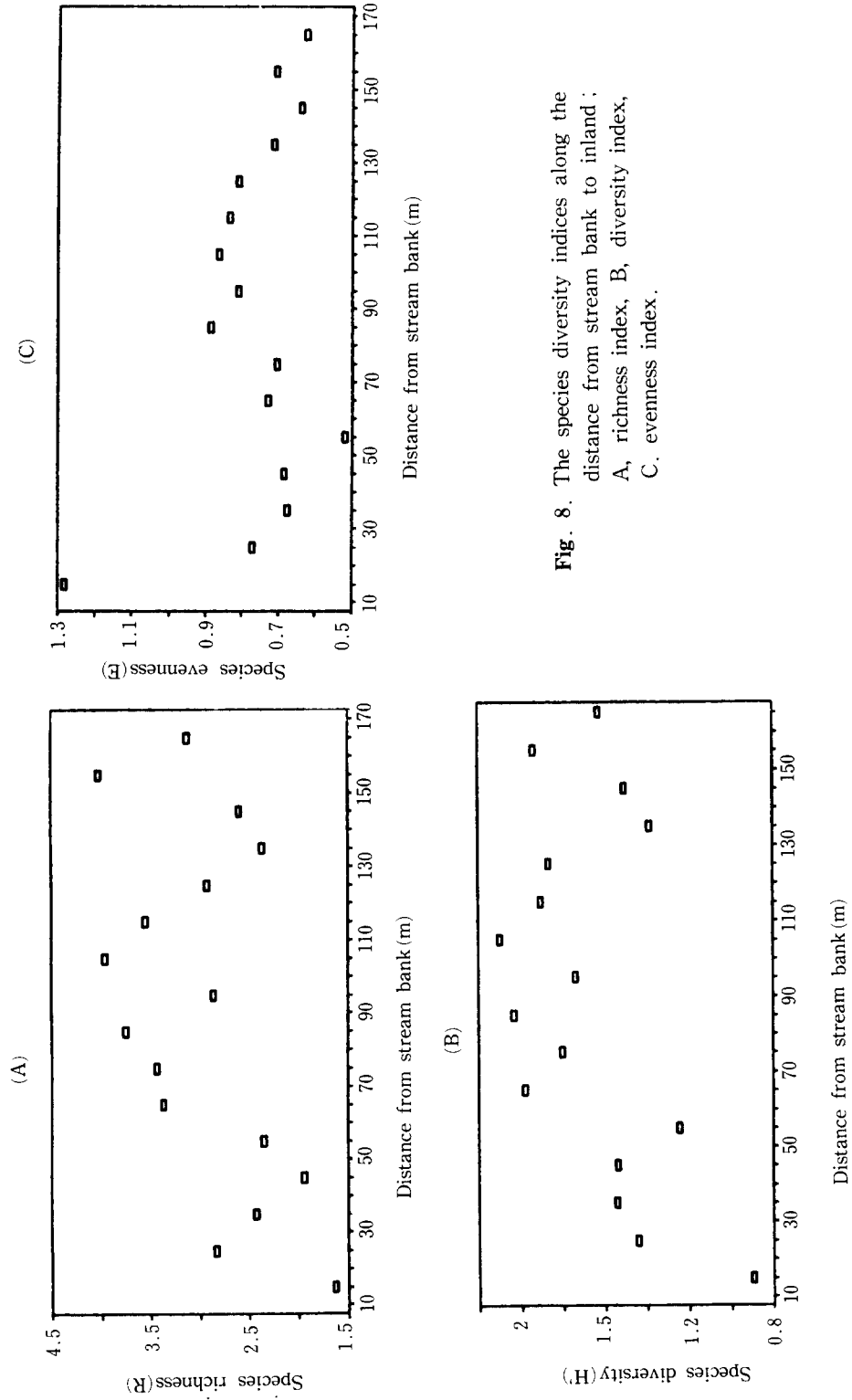
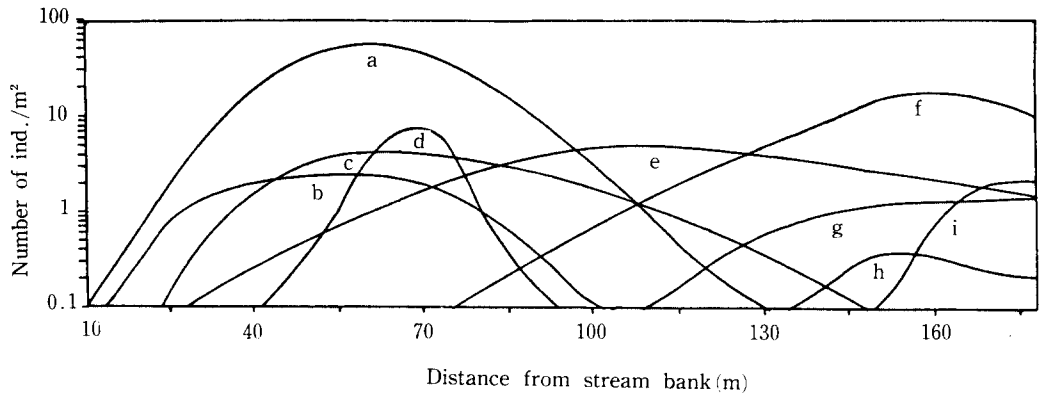


Fig. 8. The species diversity indices along the distance from stream bank to inland ; A, richness index, B, diversity index, C. evenness index.



- | | | |
|--|--------------------------------|--|
| a. <i>Artemisia capillaris</i> | b. <i>Persicaria sieboldi</i> | c. <i>Artemisia princeps</i>
var. <i>orientalis</i> |
| d. <i>Solidago virga-aurea</i>
var. <i>asiatica</i> | e. <i>Vicia amoena</i> | f. <i>Pinus densiflora</i> |
| g. <i>Carex lanceolata</i> | h. <i>Isoetes maximowiczii</i> | i. <i>Polygonatum inflatum</i> |

Fig. 9. The abundance changes of 9 species from the stream bank to inland.

種序列曲線은 遷移初期 geometric series에서 점차 lognormal curve에 가깝게 變化하여 Whittaker(1970)의 結果와 大體로 같았으며, 소나무林 周邊部에서 geometric series에 가까운 曲線이 나타난 것은 이곳이 洪水期때 沈水限界線으로 陸地로부터 河川으로 향한 많은 물골흔적이 있는 등으로 보아 不良한 環境에 1次的 原因이 있는 것 같으며 또한 樹高 5m內外의 密集한 소나무 植分에서는 allelopathy effect도 考慮될 수 있는 듯하며 大體로 Bazzaz(1975)의 old-field에 관한 研究와 一致하였다.

種多樣度의 變化 比較的 發達한 소나무林에서 두드러져 Tramer(1969)의 主張 즉, H'값의 變化가 安定된 環境에서는 種豐富度에 의하고, 不安定한 環境에서는 種均質度에 의한다는 것과 大體로 符合되었으며 Monk(1967), Shafiu and Yarranton(1973)의 見解와는 差異가 있었다. 또한 種多樣度의 全體的인 變化의 樣相이 소나무林 周邊部에서 增加가 뚜렷하였는데 이는 周邊效果(edge effect)때문으로 여겨진다.

土壤의 發達은 遷移系列에 따라 큰 變化가 없었는데 이는 本 調査地가 地形的으로 不安定한 環境인 것과 함께 遷移系列上 아직 植生의 發達이 土壤形成에 크게 影響을 끼치지 못하기 때문으로 생각된다.

한편, 河岸으로부터 170m까지의 本 調査區域 以後는 人爲的인 干涉으로 자세한 調査에서 除外시켰다. 이곳의 植生은 大體로 소나무숲의 延長으로 여겨지나 調査區域內에서 幼木의 狀態로 出現한 신갈나무가 점차 樹高가 높아지고 出現頻度도 높아져 以後의 遷移系列은 신갈나무를 爲主로 한 참나무類가 優占할 것으로 생각된다.

摘 要

桂芳川 河岸砂礫地의 一次遷移를 밝히기 위하여 種의 分散構造, 植被率, 種序列, 種多樣度, 環境分析 및 種組成的 變化를 調査한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 本 調査地는 裸地段階, 草本先驅段階, 草本定着段階, 木本侵入段階, 소나무林段階로 五分되었다.
2. 植被率은 草本의 경우 草本先驅段階에서 草本定着段階로 옮겨감에 따라 緩慢히 增加하며 以後 木本侵入段階에서부터 減少하였다.
3. 種序列曲線은 草本先驅段階의 geometric series에서 점차 lognormal series로 變化하였다.
4. 種多樣度는 소나무林 周緣部에서 周邊效果로 因하여 뚜렷이 增加하였다.
5. 土壤形成은 貧弱하여 成熟 土壤形成에는 더 오랜 歲月이 要할 것으로 보이며 그 時期는 참나무類가 優占하는 段階와 一致할 것으로 보인다.

引 用 文 獻

- Braun-Blanquet. J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde, 3. Auf, Springer-Verlag, Wien, New York 865p. p.
- Bazzaz, F.A. 1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinose. Ecology 56 : 485-488.
- Clements, F.E. 1916. Plant succession : an analysis of the development of vegetation. Carnegie Inst. Washington. 512pp.
- Cooper, W.S. 1923a. The resent ecological history of Glacier Bay. Alaska. I. The interglacial forests of Glacier Bay. Ecology 4 : 93-128.
- Cooper, W.S. 1923b. the recent ecological history of Glacier Bay, Alaska. II. The resent vegetation cycle. Ecology 4 : 223-246.
- Cooper, W.S. 1923c. The recent ecological history of Glacier Bay, Alaska. III. Permanent quadrats at Glacier Bay : An initial report upon a long-study period. Ecology 4 : 335-365.
- Cooper, W.S. 1931. A third expedition to Glacier Bay, Alaska. Ecology 12 : 61-95.
- Cooper, W.S. 1939. A forth expedition to Glacier Bay, Alaska. Ecology 20 : 130-155.
- Crocker, R.L., and Dickson, B.A. 1957. Soil development on the recessional memories of the Herbert and Mendenhall glaciers. southeastern Alaska. Journal of Ecology 45 : 169-185.
- Curtis, J.T., and R.P. McIntosh. 1950. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characteristics. Ecology 31 : 434-455.
- Eggler, W.A. 1948. Plant communities in the vicinity of the volcano El Paracutin Mexico, after two and a half years of eruption, Ecology 29 : 415-436.

- Falinska, K. 1985. The demography of coenopopulations of forest herbs. In : The population structure of vegetation 241-264.
- Hurlbert, S.H. 1971. The non-concept of species diversity : A critique and alternative parameters. *Ecology* 52 : 577-516.
- Keith, V.C. and Leslie, A.V. 1981. Forest succession in relation to nutrient cycling in the boreal forest of Alaska. In : D.C. West(eds). *Forest Succession* 185-211. Springer-Verlag, New York Heidelberg Berlin.
- Loucks, O. 1970. Evolution of diversity, efficiency, and community stability. *Am. Zool.* 10 : 17-26.
- Lakela, Olga. 1939. A floristic study of a developing plant community of Minnesota Pt., Minn. *Ecology* 20 : 189-193.
- MacArthur, R.H. 1957. On the relative abundance of bird species. *Proc. Natl. Acad. Sci. Washington* 43 : 293-295.
- MacArthur, R.H. 1960. On relative abundance of species, *American Naturalist* 94 : 25-36.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *General Systematics* 3 : 36-71.
- Margalef, R. 1963. On certain unifying principles in ecology. *Am. Nat.* 173-187.
- Margalef, R. 1968. *Perspectives in ecological theory.* pp.112. Univ. Chicago Press.
- McNaughton, S.J., and Wolf, L.L. 1973. *General ecology.* Holt Rinehart and Winston, N.Y. 710p.
- McVaugh, R. 1947. Establishment of vegetation on sand flats along the Hudson River, N.Y. *Ecology* 28 : 189-193.
- Monk, C.D. 1967. Tree species diversity in the eastern deciduous forest with particular reference to North central Florida. *Am. Nat.* 101 : 173-187.
- Motomura, I. 1932. A statistical treatment of associations(In Japanese) *Japan. J. Zool* 44 : 378-383.
- Odum, E.P. 1960. Organic production and turnover in old field succession. *Ecology.* 41 : 31-48.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science* 164 : 262-270.
- Olson, J.S. 1958. Rates of succession and soil changes on southern Lake Michigan sand dunes. *Botanical Gazette* 119 : 125-170.
- Peat, R.K. 1974. The measurement of species diversity. *Ann. Rev. Ecology Syst.* 5 : 285-307.
- Preston, F.W. 1948. the commonness, and rarity, of species. *Ecology* 29 : 254-283.
- Shafi, M., and G.A. Yarranton. 1973. Diversity, Floristic richness, and species richness during a secondary(post-fire) succession. *Ecology* 54 : 897-902.
- Shannon., C.E. and Weaver. W. 1949. *the Mathematical Theory of Communication.* University Illinois Press, Urbana, IL.
- Tansley, A.G. 1935. The use and abuse of vegetation concepts and terms. *Ecology* 16 : 284-307.

- Trammer, E. J. 1969. Bird species diversity : components of Shannon's formula. *Ecology* 56 : 905-914.
- Viereck, L. A. 1970. Forest succession and soil development adjacent to the Chena River in interior Alaska. *Arctic and Alpine Reach* 2 : 1-26.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and Measurement of species diversity, *Toxon* 21 : 213-251.
- Whittaker, R. H. 1975. *Communities and Ecosystem*. MacMillan Publ. Co. New York. 385p.

(1991年 6月 1日 接受)