

## 京畿道地方 赤松林의 植物社會學의 研究\*1

任慶彬\*2 · 朴仁協\*2 · 李景宰

### Phytosociological Changes of *Pinus densiflora* Forest Induced by Insect Damage in Kyonggi-do Area\*1

Kyong Bin Yim\*2 · In Hyeop Park\*2 · Kyong Jae Lee\*2

To study the changes of vegetational composition of each plant successional stage of *Pinus densiflora* forest caused by pine gall midge damage, *Thecodiplosis japonensis*, located in Kyonggi-do area, the middle part of Korea, four districts, Anseong, Yongin, Gwangju, and Gapyeong, were selected according to the length of insect damage duration. The forest in the Anseong district was the noninfested one selected as the check. And forests in Yongin, Gwangju, and Gapyeong were the recently damaged, severely damaged, and damage prolonged ones in sequence. It was considered that this order could be in concord with the gradual transition of plant successional stage.

In view of temperature, precipitation and soil factors, these four districts were sited within the same environment. Four survey plots were selected from each district and the distance between them was 3~4 km. Then again four subplots were set within a plot.

Through needle accumulation after insect infestation, light intensity, soil moisture content, and the amount of soil organic matter were increased and these conditions could create a favorable environment enabling the new species invasion and their growth. These were naturally closely related with the increase in quantity of *Pinus densiflora* defoliation.

After considerable time lapse, the quantities of above mentioned factors decreased with the development of the new substitute tree species. It was found that *Quercus mongolica* was an excellently substitute tree species come first in this studied area.

Species diversity increased to a degree at the early stage of the duration of pine gall midge damage and decreased thereafter. As the same manner, similarity index value between plots in the same district decreased to a degree and increased thereafter. This was linked admittedly with the increase and decrease of tree species and evenness.

Synthesizing above mentioned results, the process of plant succession studied quantitatively by changes of relative density and relative importance value, it can be concluded that *Pinus densiflora* forest gives way to Genus *Quercus* forest in which Genus *Lespedeza* and Genus *Rhododendron* species become as subdominance species after removal of the *Pinus densiflora* trees damaged by pine gall midge.

京畿道地方 赤松林의 遷移를 研究하기 爲하여 솔잎혹파리의 被害持續期間에 따라 無被害地로서 安城, 被害先端地로서 龍仁, 被害極基地로서 廣州, 被害持續地로서 加平地域을 設定하고, 各調査地域別 環境要因과 植生狀態를 調査하여 ① 環境要因과 植生狀態와의 關係 ② 森林群集 構造의 比較 ③ 植物相의 變化 等을 分析하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 솔잎혹파리의 被害에 依하여 소나무의 落葉量이 增加하고 光條件, 土壤條件 等の 環境要因에 變化가 오

\*1 Received for Publication Dec. 20, 1980.

\*2 서울대학교 農科大學, College of Agriculture, Seoul National University.

- 게 되면 다른 樹種이 集來하게 되고 代價 樹種인 참나무類의 發達에 依하여 다음 遷移段階로 安定化되는 經路를 밟는다. 本 調査地域內에서는 참나무類中 特히 신갈나무 相對優占值의 增加가 有意의이었다.
2. 솔잎혹파리의 被害가 甚해질수록 調査地域別, 調査區別, 種構成狀態는 점차 多樣해지며, 同一地域內 調査區間 種構成狀態의 差異도 커지는 傾向을 보였다. 그 後 被害가 持續되어 植生狀態가 再構成됨에 따라 種構成狀態는 單純化되는 것으로 나타났다.
  3. 以上과 같은 結果와 相對密度 및 相對優占值에 의한 植生遷移를 綜合分析한 結果 소나무가 優占種을 이루는 本 調査地域內에서는 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 참나무類가 優占種으로 되며 진달래類, 싸리類 등이 下層植生을 形成하는 森林群集으로 變化해가는 것으로 나타났다.

## 結 論

現代生態學의 趨勢는 모든 現象의 相互關係 即, 相互間의 作用과 反作用의 關係를 測定에 依하여 定量化하는 方向으로 進行되고 있다. 이러한 分野를 特히 定量生態學 또는 統計生態學이라고 하며, 動的生態學의 한 分野인 群落遷移도 그러한 方法으로 分析되고 있다.

裸地에서 시작한 植物群落은 裸地, 1年生草本 草原, 多年生草本 草原, 陽樹의 樹木林을 거쳐 極相인 陰樹의 潤葉樹林으로 變化해간다는 것이 一般的으로 알려진 事實이다.

遷移의 分析은 同一地域을 數年間 調査하는 方法外에 環境勾配에 따라 여러 地域을 調査하는 方法에 依해서도 밝힐 수 있다. 溫帶中部에 屬하는 京畿道地方은 소나무가 上層樹冠을 形成하고 참나무類, 싸리類, 진달래類 등이 下層植生을 이루는 赤松林이 代表的인 林相의 內容이다. 우리나라 赤松林에 對한 솔잎혹파리의 被害는 1929年 서울과 木浦에서 發生한 後 現在 계속적으로 全國에 擴大되고 있다. 솔잎혹파리의 被害를 받은 赤松林은 점차 回復되는 地域과 被害가 持續되어 소나무가 枯死하는 地域으로 나눌 수 있다. 後者의 境遇 環境條件의 外的變化 即, 솔잎혹파리의 被害에 依한 2次遷移가 나타나게 된다.

本 調査는 솔잎혹파리의 被害 持續 期間을 基礎로 해서 京畿道地方 赤松林을 無被害地, 被害先端地, 被害極甚地, 被害持續地의 4個 屬性으로 나누어 ① 環境要因과 植生狀態와의 關係 ② 森林群集의 構造比較 ③ 植物相의 變化 등을 分析하였다.

## 研究史

植物群集의 量的인 測定法은 推計統計學의 發展에 依해서 많은 進展을 보이고 있다.

Crutis等<sup>6)</sup>은 種間의 相對的인 量的關係를 重要視하여 相對密度, 相對頻度, 相對被度에 依한 相對優占值(importance value)로써 種間優劣의 比率을 綜合的

으로 나타났다. 植物群集 種構成狀態의 多樣한 程度를 分析하는 데는 各種의 量的인 測定에 依하여 圖式化하는 方法과 數式化하는 方法이 있다. 圖式的인 解析으로는 Whittaker,<sup>13)</sup> Preston<sup>14)</sup>의 樹種別 個體數의 相對值, 樹種別 個體數의 對數值에 依한 種類密度曲線法을 들 수 있다. 數式的인 方法으로는 Simpson<sup>15)</sup> Shannon<sup>16)</sup>, Hulbur<sup>7)</sup>, MacArthur<sup>8)</sup>, McIntosh<sup>9)</sup> 등이 種多樣度, 均在度, 優占度 등의 數式을 提供하였다. Shafi等<sup>10)</sup>은 植物群集의 種構成狀態의 多樣한 程度를 解析하기 爲해서는 種多樣度, 均在度, 優占度에 依하여 綜合 分析하여야 한다고 했다. Brower等<sup>3)</sup>은 理論的인 種構成狀態에 對하여 各各의 數式을 適用한 結果 넓은 面積의 種構成狀態를 標本標出하여 밝히고자 할 때 Shannon<sup>14)</sup>의 數式이 適當하다고 하였다. Monk等<sup>10)</sup>은 森林植生の 種多樣度를 樹冠層別로 調査한 結果, 全林冠의 種多樣度는 樹冠層別 平均值로써 나타낼 수 있다고 하였다.

群集間의 種構成狀態를 比較하기 爲하여 Whittaker<sup>13)</sup>는 2個 群集間의 種構成狀態의 類似度를 量的으로 나타내어 群集相互間의 客觀的인 比較를 試圖하였다.

Bray等<sup>2)</sup>은 類似度指數에 依한 相對的인 位置로써 各植物群集을 2次元座標化할 수 있다고 發表하였다. Brower等<sup>3)</sup>은 植物遷移의 分析으로는 同一地域을 數年間 持續的으로 調査하는 方法外에 環境勾配에 따른 量的인 測定值 即, 密度, 被度, 頻度, 相對優占值, 生物量 등의 變化에 依하여 解析할 수 있다고 하였다. Crutis等<sup>6)</sup>은 相對優占值와 連續體指數(continuum index)에 依하여 森林群集의 連續變化를 나타냄으로써 植生遷移를 分析하였다.

植物群集에 對하여 以上과 같은 分析方法들을 適用한 結果 Shafi等<sup>10)</sup>은 山火에 依한 2次遷移에 있어서 점차 環境이 良好해짐에 따라 種間競爭은 甚해지고, 反對로 不良해질수록 種內競爭이 더 甚해진다고 報告하였다. Cox<sup>5)</sup>은 同一群集內에서 數個의 調査區를 設置하여 各調査區間의 類似度指數를 求할 境遇 85~95%의 값을 나타낸다고 報告하였다. Buell等<sup>4)</sup>은

遷移過程中 極相에 達한 群集間的 類似度指數는 大體로 20% 以下이거나 80% 以上이며 그 理由는 種構成狀態가 單純化하는데 있다고 했다

朴<sup>11</sup>은 環境勾配에 따라 野草地 植生の 分布序列을 調査한 結果 土壤酸性度에 依해 3個의 그룹으로 区分할 수 있었다고 報告하였다. Veno<sup>17</sup>는 遷移系列에 따른 森林植生을 分析한 結果 初期에는 胸高斷面積, 種多樣度, 均在度가 점차 增加하나, 成熟期에는 胸高斷面積은 增加하고 種多樣度, 均在度는 減少한다고 報告하였다. Buell等<sup>4</sup>은 海拔高와 連續體指數間에는 높은 負의 相関을 보이며, 土壤條件이良好한 石灰質土壤에서 種多樣度가 가장 높았다고 發表하였다. Blair等<sup>1</sup>은 針葉樹 成熟木 擇伐을 持續적으로 實施하는 針葉樹林에서 數年間 下層植生の 狀態變化를 調査한 結果, 針葉樹 幼齡木의 相對優占値는 9年間 점차 增加한 后 闊葉樹種의 侵入, 競爭에 依하여 減少한다고 報告하였다. Robertson等<sup>13</sup>은 砂質, 適濕, 濕潤한 狀態의 林地로 갈수록 上層植生の 密度와 均在度는 減少하고, 胸高斷面의 是 增加하며, 下層植生の 種多樣度는 減少하는 傾向을 나타낸다고 하였다. 朴<sup>19</sup>은 土壤湿度勾配에 依하여 內藏山 森

林群集의 連續變化를 調査한 結果 소나무, 신갈나무, 굴참나무, 나도밤나무, 서어나무, 비자나무, 층층나무, 좁은단풍, 굴거리나무의 順으로 進行한다고 發表하였다.

以上에 列挙한 研究內容을 綜合檢討할 때 環境條件이 良好해 갈수록 植物群集의 種構成 狀態는 점차 多樣해진 后 種間競爭의 結果로써 兇達하는 몇몇 優占種에 依하여 安定化 한다는 事實을 把握할 수 있다.

### 材料 및 方法

#### 1. 調査地域의 設定

솔잎혹파리의 被害持續 期間에 따른 京畿道 地方 赤松林의 遷移調査를 爲하여 無被害地로 安城, 被害先端地로 龍仁, 被害極基地로 慶州, 被害持續地로 加平地域을 設定하였다. 被害持續 期間은 各郡 山林課의 回信內容과 中央 林業試驗場 山林病蟲害發生予察年報를 基礎로 하여 定하였다. 調査地域의 位置와 솔잎혹파리 被害의 發生時期는 表1과 그림1에 나타난다.

標本抽出法으로는 한 地域에 있어서 4個의 調査區를, 그리고 한 調査區에는 다시 5個의 小調査區

Tab. 1. The Location of *Pinus densiflora* forests studied and year of pine gall midge outbreak.

District	Plot	Location	Year of outbreak
Anseong	1	Sonaeri, Daedeogmyeon, Anseonggun	Healthy (non-attacked)
	2	Gujangri, Yangseongmyeon	
	3	Deogbongri, Yangseongmyeon	
	4	Yanggiri, Gongdomyeon	
Yongin	1	Songmunri, Naesamyeon, Yongingun	1978 (recently damaged)
	2	Pyeongchangri, Naesamyeon	
	3	Jwahangri, Wonsamyeon	
	4	Naegogri, Wesamyeon	
Gwangju	1	Ojeonri, Jungbumyeon, Gwangjugun	1973 (severely damaged)
	2	Sanseongri, Jungbumyeon	
	3	Hagamri, Seobumyeon	
	4	Geombogri, Jungbumyeon	
Gapyeong	1	Jeryeongri, Bugmyeon, Gapyeonggun	1965 (damage prolonged)
	2	Sobeobri, Bugmyeon	
	3	Mogdongri, Bugmyeon	
	4	Jugdunri, Bugmyeon	

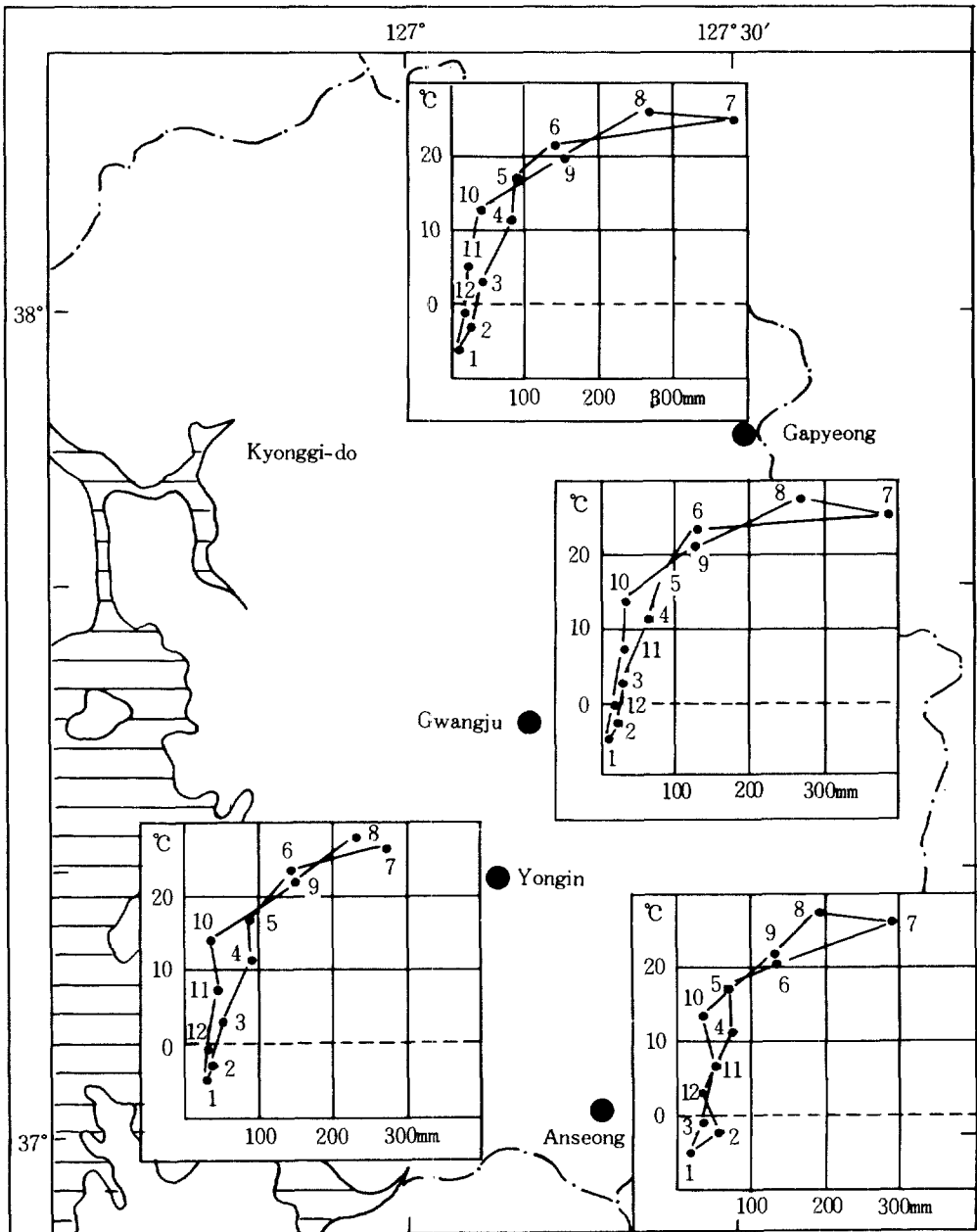


Fig. 1. Location map and climograph of investigated districts.

를 設置하여 總 16個 調査区(4地域 × 4調査区), 80個 小調査区(4地域 × 4調査区 × 5小調査区)로 된 nested quadrat method로 하였다. 한 地域内에 있어서 調査区間의 거리는 3~4km였다. 小調査区의 크기는 上, 中層植生의 境遇 10m × 10m, 下層植生의 境遇 5m × 5m로 하여, 山頂部를 向해 10m 間隔으로 한 調査区内 5個를 設置하였다. 上, 中, 下層의 区分은 上層樹冠을 이루고 있는 樹木群을 上層, 樹

高 2m 以下의 樹木群을 下層, 上層과 下層 사이에 있는 樹木群을 中層으로 하였다. 調査区間 숲잎혹파리 被害外에 他 環境要因의 差異를 可能한 減少시키기 爲하여 各 調査区는 다음과 같은 條件下에서 抽出하였다.

- ① 5ha 以上의 소나무 自生地로서 소나무 上層樹冠의 鬱閉度가 80% 以上인 林分.
- ② 山火 및 間伐 等の 自然的, 人爲的인 攪亂이 最

近 30年間 加해지저 않은 林分.

- ③ 海拔高 500m 以下인 林分.
- ④ 傾斜度 20° 以下인 林分.
- ⑤ 北向斜面에 位置한 林分.

2. 環境要因 調査

調査地域別 30年間 (1931~1960年) 月別 年平均 氣溫과 降水量에 依하여 climograph를 作成하였다. 調査區別로 方位, 傾斜度, 海拔高, 土性, 土深, 土壤水分含量, 土壤有機物 含量, 落葉層 두께 등을 調査하였다. 土壤水分 含量은 약간의 降雨가 있었던 날부터 10~15日이 經過한 後 任意的 3個 小調査區에서 A層 土壤을 約 5g씩 秤量瓶에 넣어 105°C dry oven 에서 24時間 乾燥시킨 後 무게를 測定計算하였다. 이때는 重力水가 除去되고 土壤水分 含量이 field capacity의 平原水準에 있을 때로서 林地 各 地点間 水分含量의 對照가 合理的인 것으로 믿어졌다. 土壤有機物 含量은 105°C 에서 24時間 乾燥시킨 土壤을 700~1000°C 電氣灯에서 4時間 태워 冷却시킨 後 土壤의 무게를 測定하여 計算하였다. 落葉層 두께는 任意的 3個 小調査區 中央部에서 A層을 mm 單位까지 測定하여 平均値로 나타냈다.

3. 植生調査

調査區別로 各·樹種에 對한 樹高와 胸高直徑 등을 測定하고, 樹冠投影圖를 作成하였다. 樹冠投影圖는 樹冠層別(上, 中, 下層)로 作成하였다. 樹冠投影圖에 依하여 調査區別로 樹種別, 樹冠層別 被度, 密度, 頻度を 算定하였다. 한 調査區內에 있어서 樹種別 優劣의 比率을 나타내는 測度로서 Crutis\*의 相對優占値를 使用하였다.

$$\text{相對優占値(IV)} = \frac{\text{相對密度(RD)} + \text{相對頻度(RF)} + \text{相對被度(RC)}}{3}$$

$$\text{相對密度} = \frac{\text{問題種의 密度}}{\text{全體種의 密度 合計}} \times 100(\%)$$

$$\text{相對頻度} = \frac{\text{問題種의 頻度}}{\text{全體種의 頻度 合計}} \times 100(\%)$$

$$\text{相對被度} = \frac{\text{問題種의 被度}}{\text{全體種의 被度 合計}} \times 100(\%)$$

相對優占値는 調査區別, 樹冠層別, 樹種別로 計算하였다. 調査區別, 樹種別 相對優占値는 樹高를 考慮하여 上層에서 3點, 中層에서 2點, 下層에서 1點을 取하여 다음과 같은 式으로 算定하였다.

$$\text{相對優占値(IV)} = \frac{(\text{上層IV} \times 3) + (\text{中層IV} \times 2) + (\text{下層IV} \times 1)}{6}$$

4. 森林群集의 構造 分析

(1) 種 多樣性

한 調査區內에 있어서 種構成 狀態의 多樣度를 나타내는 測度로써 Shannon<sup>14)</sup>의 種多樣度(species diversity)를 使用하였다.

$$\text{種多樣度}(H') = - \sum (n_i / N) (\log n_i / N)$$

N; 한 調査區內에 있어서 總個體數

n<sub>i</sub>; 한 調査區內에 있어서 어떤 樹種의 個體數

調査區別의 種多樣度의 最大 可能值 卽, 最大種多樣度(maximum H')는 Hmax' = log s의 式에 依하여 求하였다. 但 s는 調査區別 樹種數이다. 相對的인 種多樣度를 意味하는 均一度(evenness)는 J' = H' / Hmax'에 依하여 算定하였다. 優占度(dominance)는 1 - J'로 求하였다.

(2) 類似度指數

各 調査區間 種構成 狀態의 類似한 程度는 Whittaker<sup>18)</sup>의 類似度指數(similarity index)를 使用하였다.

$$\text{類似度指數(SI)} = \frac{2C}{S_1 + S_2} \times 100(\%)$$

S<sub>1</sub>; 第一 調査區內 各 樹種의 量의 合計

S<sub>2</sub>; 第二 調査區內 各 樹種의 量의 合計

C; 兩 調査區間의 共通種에 있어서 兩 調査區中 量이 적은것의 合計

本 調査에 있어서는 各 樹種의 量을 調査區當 總和가 100이 되는 相對優占 値로 나타냈으므로 式은 다음과 같이 된다.

$$SI = \frac{2C}{S_1 + S_2} \times 100 = \frac{2C}{100 + 100} \times 100 = C(\%)$$

各 調査區間의 相異度指數(dissimilarity index)는 DI = 100 - SI에 依하여 算出하였다. Bray等<sup>2)</sup>의 方式으로 相異度 指數에 依하여 各 調査區間의 位置를 다음과 같이 X, Y軸에 2次元 座標化 하였다. X軸 座標의 設定은 相異度 指數의 合計가 가장 큰 調査區를 a로 하여 X軸의 零의 座標로 하였다. 調査區 a와 相異度 指數가 가장 높은 調査區를 b로 하고, 그리고 調査區 a와 調査區 b間의 相異度 指數를 調査區 b의 X軸 座標로 하였다. 나머지 各 調査區의 X軸 座標는 다음 式에 依하여 算定하였다.

$$X = \frac{L^2 + Da^2 - Db^2}{2L}$$

L; 調査區 a와 調査區 b間의 相異度 指數

Da; 調査區 a와 問題調査區間의 相異度 指數

Db; 調査區 b와 問題調査區間의 相異度 指數

Y軸 座標를 決定하기 爲하여 *poorness of fit value*  $e = \sqrt{Da^2 - X^2}$ 을 各 調査區別로 求하였다. 가장 높은 *e*의 값을 取하는 調査區를 *a'*로 하여 Y軸의 零의 座標로 하였다. 調査區 *a'*와 X軸上에 1/10L 以內에 位置하며 그중에서 가장 높은 相異度 指數를 取하는 調査區를 *b'*로 하였다. 調査區 *a'*와 調査區 *b'*間의 相異度 指數를 調査區 *b'*의 Y軸 座標로 하였다. 나머지 各 調査區의 Y軸 座標는 다음과 같은 式에 依하여 求하였다.

$$Y = \frac{(L')^2 + (Da')^2 - (Db')^2}{2L'}$$

*L'* ; 調査區 *a'*와 調査區 *b'*間의 相異度 指數

*Da'* ; 調査區 *a'*와 問題調査區間의 相異度 指數

*Db'* ; 調査區 *b'*와 問題調査區間의 相異度 指數

(3) 植物相의 變化

植物相의 變化는 種多樣性, 類似度指數 等과 Brower 等<sup>3)</sup>에 依한 調査地域別, 樹種別 相對密度와 相對優占值의 相對值로써 綜合分析하였다. 調査地域別로 樹種別 相對密度와 相對優占值의 相對值는 다음과 같이 求하였다.

$$RD_j = D_j / \sum D$$

*RD<sub>j</sub>* ; 遷移段階(successional stage)*j*에 있어서의 問題樹種의 相對密度

*D<sub>j</sub>* ; Stage *j*에 있어서의 問題樹種의 密度

$\sum D$  ; 모든 stage에 있어서의 問題樹種의 密度合計

$$RIV_j = IV_j / \sum IV$$

*RIV<sub>j</sub>* ; 遷移段階 *j*에 있어서의 問題樹種의 相對優占值

*IV<sub>j</sub>* ; Stage *j*에 있어서의 問題樹種의 相對優占值

$\sum IV$  ; 모든 stage에 있어서의 問題樹種의 相對優占值合計

本 研究에 있어서 *sere*는 솔잎혹파리 被害의 持續期間에 依하여 4段階로 하였다.

結果 및 考察

1. 環境要因 調査

調査地域別, 調査區別 環境要因의 內容은 그림1과 表2에 나타낸다. 調査地域別 30年間 月平均 氣溫과 降水量에 依한 climograph의 形態에 있어서는 큰 差異가 보이지 않는다. (그림 1) 無被害地인 安城 地域의 各 調査區는 北東斜面인 調査區 1을 除外하고

Tab. 2. Environmental gradient of investigated districts.

District	Plot	Aspect	Slope (°)	Altitude (m)	Soil texture	Soil depth	Water content (%)	Organic compound content (%)	Depth of litter (cm)
Anseong	1	NE	5	40	sandyloam	deep	14.6	7.1	1.0
	2	N	5	80	do.	medium	21.8	7.0	0.8
	3	N	10	100	do.	do.	18.5	6.9	0.7
	4	N	5	40	do.	do.	20.3	9.2	0.7
	Mean		6	65			18.8	7.6	0.8
Yongin	1	NW	15	140	sandyloam	deep	30.0	12.0	7.7
	2	NW	15	170	do.	do.	22.7	8.5	3.1
	3	NW	10	220	do.	do.	28.7	9.1	3.5
	4	NW	10	170	do.	do.	32.9	13.2	4.4
	Mean		13	175			28.6	10.7	4.4
Gwangju	1	NW	10	180	sandyloam	medium	24.9	9.6	3.3
	2	NW	20	380	do.	deep	35.5	11.9	4.8
	3	NE	20	340	do.	do.	25.5	17.7	5.6
	4	NW	15	260	do.	do.	28.7	12.4	4.8
	Mean		16	290			28.4	12.9	4.6
Gapyeong	1	NW	15	160	sandyloam	shallow	16.9	7.6	2.3
	2	NW	15	190	do.	do.	23.4	6.5	2.2
	3	NE	5	160	sandy	do.	23.9	9.4	2.8
	4	NW	10	200	do.	do.	22.8	9.4	2.0
	Mean		11	177			22.8	8.2	2.3

모두 北斜面에 位置하고 海拔高는 100m以下이며 5~10°의 緩傾斜地이다(表 2). 土性은 砂質壤土이고, 土深은 中程度이다. 被害先端地인 龍仁 地域의 各 調査區는 모두 北西斜面에 位置하고, 傾斜度는 10~15°이고, 海拔高 140~220m사이에 있으며 土性은 砂質壤土이고 土深이 깊은 편이다. 被害 極基地인 廣州 地域의 各 調査區는 北東斜面인 調査區 3을 除外하고, 모두 北西斜面에 位置하고 있으며 傾斜度는 10~20°, 海拔高는 180~380m사이에 있으며 土性은 砂質壤土이고, 土深은 깊은 편이다. 被害 持續地인 加平地域은 北東斜面인 調査區 3을 除外하고 모두 北西斜面에 位置하고 있다. 海拔高 160~200m, 5~15°의 緩傾斜地로서 土性은 砂質壤土이고 土深은 얇은 편이다.

以上과 같이 調査地域別 各 調査區는 모두 北向斜面의 海拔高 500m以下인 緩慢한 傾斜地에 位置하고 있다. 各 調査區別로 調査한 土壤水分 含量의 地域別 平均値는 無被害地인 安城에서 18.8%, 被害先端地인 龍仁이 28.6%, 被害 極基地인 廣州에서 28.4%, 被害 持續地인 加平에서 22.8%로 나타나고 있다. 土壤有機物 含量은 安城이 7.6%, 龍仁이 10.7%, 廣州가 12.9%, 加平이 8.2%였다. 落葉層 두께는 安城이 0.8cm, 龍仁에서 4.4cm, 廣州에서 4.8cm, 加平에서 2.3cm로 測定되었다. 이와같이 土壤水分 含量, 土壤有機物 含量, 落葉層 두께는 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 점차 增加하다가 다시 減少하는 傾向을 보였다. 朴等<sup>20)</sup>은 솔잎혹파리의 被害程度에 따라 松林의 環境要因을 被害持續 期間과는 關聯없이 調査한 결과 솔잎혹파리의 被害가 甚한 地域일수록 土壤水分 含量, 土壤有機物 含量, 落葉層 두께가 더 높은 값을 보이며, 이러한 理由는 솔잎혹파리의 棲息條件과 關聯된다고 報告하였다.

本 研究에서는 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 소나무의 落葉이 점차 增加하여 落葉層 두께가 增加하고 이에 따라 土壤有機物 含量, 土壤水分 含量도 增加한 後 소나무가 점차 枯死하여 감에 따라 소나무 落葉의 減少에 依하여 그들 값이 減少하는 것으로 思料된다. 無被害地인 安城보다 被害 持續的인 加平地域에 있어서 落葉層 두께, 土壤水分 含量, 土壤有機物 含量이 높은 값을 보인다. 이러한 理由는 加平地域의 소나무가 現在 完全히 枯死된 狀態가 아니며, 代償 樹種인 潤葉樹種의 落葉에 依한 것으로 推測 된다. Shafi等<sup>16)</sup>은 環境이 좋아질수록 種間 競爭은 甚해지고, 反對로 不良할수록 種內 競爭이 더 甚해 진다고 報告하였다. 이러한 觀點에서 볼때 本 研究에서는 솔

잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 소나무의 落葉이 增加하고 光條件, 土壤條件 등 環境에 變化가 와서 種間 競爭이 있게되고 代償樹種의 發達에 依하여 다시 安定化的 經路를 밟는 것으로 思料된다.

## 2. 植生 調査

### (1) 安城地域

無被害地인 安城地域의 調査區 1은 樹高 4~5m 胸高直徑 6~8cm의 소나무가 上層樹冠을 이루는約 8ha의 赤松林이다. 소나무 上層樹冠의 被度는 95%이고, 密度는 109本/500m<sup>2</sup>으로 나타났다. 소나무의 樹幹은 大部分 굵었고, 側枝가 複雜하게 엉켜 있었다. 毬果의 着生量은 적은 편이었다. 中層 樹冠을 이루는 樹種으로는 소나무를 主로 하고 상수리나무, 굴참나무 등이 드물게 나타났다. 下層 植生으로는 소나무稚樹, 떡갈나무, 싸리, 굴참나무, 상수리나무 등이 고르게 分布하며 땅비싸리, 갈참나무 등도 간혹 出現하고 있었다. 調査區 2는 樹高 6~7m, 胸高直徑 20~24cm의 소나무가 上層 樹冠을 形成하고 있는 赤松林이다. 소나무 上層 樹冠의 被度는 93.4%이고, 密度는 67本/500m<sup>2</sup>이었다. 소나무의 樹幹은 대개 굵었고, 側枝는 엉켜있으며, 毬果 着生量은 적은 편이다. 中層 樹冠은 소나무 幼齡木을 主로 하고 상수리나무, 개암나무, 굴참나무, 자작나무, 노간주나무 등이 간혹 나타난다. 소나무 稚樹, 졸참나무, 상수리나무, 국수나무, 진달래, 싸리 등이 下層植生으로서 고르게 分布하고 있다. 調査區 3은 樹高 8~10m, 胸高直徑 26~30cm의 소나무가 上層樹冠을 이루고 있는 50ha 程度의 赤松林이다. 上層樹冠을 形成하고 있는 소나무의 被度는 96.4%이고, 密度는 46本/500m<sup>2</sup>이었다. 소나무의 枝下高는 比較的 높은 편이며, 毬果 着生量은 적다. 中層 樹冠으로는 소나무를 主로 하고, 간혹 밤나무, 개울나무, 갈참나무, 상수리 나무 등이 出現한다. 소나무 1~2年生 稚樹, 철쭉, 상수리나무, 싸리, 갈참나무, 졸참나무 등이 고르게 下層 樹冠을 形成하고 있다. 調査區 4는 樹高 4~5m, 胸高直徑 8~10cm의 소나무가 上層 樹冠을 이루고 있는 赤松林이다. 上層 樹冠을 形成하고 있는 소나무의 被度는 87.8%이고, 密度는 67本/500m<sup>2</sup>이었다. 소나무의 樹幹은 大部分 굵고, 毬果 着生量은 적은 편이다. 中層 樹冠은 소나무를 主로 하고 상수리 나무, 보리수 등이 드물게 나타난다. 下層 植生은 貧弱한 편으로 소나무 稚樹, 상수리나무, 싸리 등이 드물게 나타난다. 表 3은 調査地域別, 樹冠層別, 樹種別 相對優占値를 보이고 있다. 安城地域의 出現樹種 總數는 22種이었다. 소나무의 相





對優占値는 上層에서 100%, 中層이 68.6%, 下層에서 30.9%로 平均 78.5% 이었다. 他樹種의 相對優占値와 比較해 볼때 安城地域은 上, 中, 下層에서 모두 소나무가 優占種으로 나타났다. 소나무를 除外한 他樹種의 平均 相對優占値는 모두 5% 以下였다.

### (2) 龍仁地域

被害 先端地인 龍仁 地域의 調査區 1은 樹高 6~10m, 胸高直徑 16~20cm의 소나무가 上層樹冠을 이루는 約 30ha의 赤松林이다. 소나무 上層樹冠의 被度는 92.4%이고, 密度는 66本/500m<sup>2</sup>이었다. 中層樹冠을 形成하는 樹種으로는 소나무를 主로 하고 갈참나무, 개웃나무, 떡갈나무, 졸참나무 등이 고르게 分布하고 있다. 下層 植生은 소나무 稚樹, 갈참나무, 철쭉, 떡갈나무가 主要 優勢種이고, 개암나무, 서어나무, 때죽나무 등이 出現한다. 調査區 2는 樹高 8~10m, 胸高直徑 20~24cm의 소나무가 上層樹冠을 이루고 있는 赤松林이다. 소나무 上層樹冠의 被度는 87.4%이고, 密度는 50本/500m<sup>2</sup>이었다. 소나무 樹幹은 거의 굵고, 側枝는 複雜하게 엉겨져 있고, 毬果着生量은 적은 편이다. 中層樹冠으로는 소나무를 主로 하며, 밤나무, 상수리나무, 굴참나무, 떡갈나무 등이 出現하고 있다. 下層 植生은 소나무 稚樹, 개암나무, 떡갈나무, 자작나무, 철쭉, 진달래 등이 나타난다. 調査區 3은 樹高 5~7m, 胸高直徑 10~12cm의 소나무가 上層樹冠을 形成하는 20ha 程度의 赤松林이다. 上層樹冠을 이루고 있는 소나무의 被度는 81.8%이고, 密度는 84本/500m<sup>2</sup>이었다. 中層樹冠은 소나무를 主로 하며, 노간주나무, 밤나무, 졸참나무, 개웃나무, 신갈나무, 철쭉 등이 出現한다. 떡갈나무, 진달래, 신갈나무, 소나무 稚樹, 철쭉 등이 下層 植生을 形成하고 있다. 調査區 4는 樹高 10~12m, 胸高直徑 16~20cm인 소나무가 上層樹冠을 이루고 있는 約 20ha의 赤松林이다. 소나무 上層樹冠의 被度는 88.4%이고, 密度는 66本/500m<sup>2</sup>이었다. 中層樹冠은 소나무를 主로 하고, 개웃나무, 밤나무, 자작나무, 떡갈나무 등이 나타난다. 소나무 稚樹, 철쭉, 떡갈나무, 졸참나무, 상수리나무 등이 下層樹冠을 形成하고 있다. 表 3과 같이 龍仁地域의 出現樹種 總數는 28種이었다. 上, 中層樹冠에서는 소나무의 相對優占値가 各各 92.8%, 60.4%로 소나무가 優占種으로 나타났다. 下層 植生의 境遇 철쭉 17.5%, 떡갈나무 14.6%, 소나무 9.6%, 진달래 8.5%, 졸참나무 7.3%, 갈참나무 7.2% 등의 順이었다. 樹種別 平均 相對優占値는 소나무 68.1%, 밤나무가 6.9%이며, 他樹種은 모두 5% 以下로 나타

났다.

### (3) 廣州地域

被害 極甚地인 廣州 地域의 調査區 1은 樹高 8~12m, 胸高直徑 15~20cm의 소나무가 上層樹冠을 이루는 10ha 程度의 赤松林이다. 소나무 上層樹冠의 被度는 84.6%이고, 密度는 49本/500m<sup>2</sup>이다. 소나무의 樹幹은 거의 굵었고, 樹冠幅이 좁다. 中層樹冠은 자작나무, 밤나무, 산초나무, 신갈나무 등이 出現한다. 신갈나무, 졸참나무, 개암나무, 국수나무 등이 下層 植生의 主를 이루고 있다. 調査區 2는 樹高 10~12m, 胸高直徑 30~40cm의 소나무가 上層樹冠을 이루고 있는 約 15ha의 赤松林이다. 소나무 上層樹冠의 被度는 95.4%이고, 密度는 22本/500m<sup>2</sup>이다. 中層樹冠으로는 서어나무, 철쭉, 개웃나무, 신갈나무, 병꽃나무 등이 고르게 分布하고 있다. 철쭉, 서어나무, 당단풍, 병꽃나무, 싸리 등이 下層 植生의 主를 이루고 있다. 調査區 3은 樹高 10~12m 胸高直徑 20~30cm의 소나무가 上層樹冠을 이루는 20ha 程度의 赤松林이다. 上層樹冠을 形成하고 있는 소나무의 被度는 88.8%이고, 密度는 21本/500m<sup>2</sup>이다. 中層樹冠으로는 서어나무, 신갈나무를 主로 하고, 쪽동백, 팔배나무, 개웃나무 등이 나타난다. 下層 植生으로는 진달래, 팔배나무, 신갈나무, 병꽃나무, 개웃나무 등이 出現한다. 調査區 4는 樹高 10~12m, 胸高直徑 20~24cm의 소나무가 上層樹冠을 이루고 있는 赤松林이다. 소나무 上層樹冠의 被度는 87.8%이고, 密度는 47本/500m<sup>2</sup>이었다. 소나무의 枝下高는 높은 편이고, 毬果着生量은 적었다. 中層樹冠으로는 신갈나무, 졸참나무를 主로 하고, 떡갈나무, 개웃나무, 서어나무 등이 出現한다. 下層 植生은 진달래, 철쭉, 싸리, 신갈나무 등으로 構成되어 있다. 廣州 地域의 出現樹種 總數는 40種이었다. 上層樹冠의 境遇 소나무의 相對優占値가 91.4%이었다. 中層樹冠에서는 신갈나무의 相對優占値가 22.5%로 優勢種을 이루고 있으며, 떡갈나무, 자작나무 등이 出現한다. 下層 植生은 진달래, 신갈나무를 主로 하고, 相對優占値 5% 以下인 樹種은 21種이었다. 平均 相對優占値는 소나무가 44.1%로 減少한 反面, 신갈나무가 13.6%로 增加를 보이고 있다.

### (4) 加平地域

被害 持續地인 加平地域의 調査區 1은 樹高 6~8m, 胸高直徑 16~20cm의 소나무가 上層樹冠을 이루는 赤松林이다. 소나무 上層樹冠의 被度는 82.2%이고 密度는 45本/500m<sup>2</sup>이었다. 中層樹冠으로는 신갈나

무, 갈참나무를 주로 하며, 굴참나무, 철쭉, 개웃나무 등이出現한다. 신갈나무, 철쭉, 싸리, 소나무稚樹, 노간주나무 등이 下層 植生을 이루고 있다. 調査区 2는 樹高 7~9m, 胸高直径 12~16cm의 소나무가 上層 樹冠을 形成하는 10ha 程度의 赤松林이다. 上層 樹冠을 이루는 소나무의 被度는 96.0%이고, 密度는 103本/500m<sup>2</sup>이다. 中層 樹冠으로는 신갈나무가 優勢種을 이루며, 떡갈나무, 갈참나무 등이 나타난다. 下層 植生은 신갈나무, 철쭉이 主를 이루고 노간주나무, 갈참나무, 싸리 등이 出現한다. 調査区 3은 樹高 6~7m, 胸高直径 8~10cm의 소나무가 上層 樹冠을 이루는 約 5ha의 赤松林이다. 소나무 上層 樹冠의 被度는 80.4%이고, 密度는 64本/500m<sup>2</sup>이다. 中層 樹冠으로는 소나무 幼齡木과 신갈나무, 졸참나무가 主를 이루며, 개암나무, 노린재나무 등이 나타난다. 下層 植生은 신갈나무가 優勢種을 이루고, 떡갈나무, 개암나무, 산초나무 등으로 構成되어 있다. 調査区 4는 樹高 8~10m, 胸高直径 8~10cm의 소나무가 上層 樹冠을 이루는 10ha 程度의 赤松林이다. 上層 樹冠을 形成하고 있는 소나무의 被度는 91.0%이고, 密度는 67本/500m<sup>2</sup>이다. 中層 樹冠으로는 소나무 幼齡木, 신갈나무, 떡갈나무 등이 나타난다. 下層 植生은 소나무 稚樹, 진달래, 떡갈나무, 싸리, 신갈나무 등이 出現한다. 加平 地域의 出現樹種 總數는 31種이었다. 上層 樹冠의 境遇 소나무의 相對優占值가 93.1%로 나타났다. 中·下層 樹冠에서는 신갈나무의 相對優占值가 各各 23.2%, 22.5%, 平均 相對優占值 11.4%로써 代償樹種으로 發達하고 있었다.

#### (5) 調査地域間 比較

調査地域別 出現樹種數는 安城地域이 22種, 龍仁地域 28種, 廣州地域 40種, 加平地域 31種으로 總49種으로 나타났다. 表3에서와 같이 無被害地인 安城地域에서는 소나무의 相對優占值가 樹冠層別(上, 中, 下層) 各各 100%, 68.6%, 30.9%로 모든層에서 優占種을 이루고 있다. 先端地인 龍仁 地域은 上·中層에서는 소나무의 相對優占值가 各各 92.8%, 60.4%로 優占種을 이루고 있다. 下層의 境遇 철쭉 17.5%, 떡갈나무 14.6%, 소나무 9.6%, 진달래 8.5%, 졸참나무 7.3%, 갈참나무 7.2% 등의 順으로 점차 多樣化 되는 것으로 나타났다. 被害 極甚地인 廣州地域은 上層에서는 소나무의 相對優占值가 91.4%로 優占種을 이루고 있다. 中層에서는 신갈나무의 相對優占值가 22.5%로써 優占種을 이루며, 떡갈나무, 개웃나무 등이 侵入하는 것으로 나타났다. 被害持續

地인 加平地域도 이러한 樣相을 나타내고 있으며 代償樹種으로서 신갈나무의 發育을 볼 수 있었다. 調査地域間 共通分布 樹種은 떡갈나무, 졸참나무, 상수리나무, 갈참나무, 진달래, 철쭉, 싸리 등 14種이었다. 그림 2는 調査地域別의 代表的인 小調査区에 대한 樹冠投影圖와 bisect를 보이는데, 無被害地인 安城에서 被害 持續地인 加平地域으로 갈수록 即, 遷移가 前進해 갈수록 潤葉樹種의 數的增加와 生長增加를 보여준다. 그림 3에서는 屬別, 그리고 참나무類의 樹種別 相對優占值의 變化를 보인다. 無被害地인 安城地域에서 被害 持續地인 加平地域으로 갈수록 소나무의 相對優占值는 減少하는 反面 참나무屬의 相對優占值는 점차 增加하고 있다. 싸리屬과 진달래屬은 약간의 變異幅을 보이나 뚜렷한 變化는 나타나지 않았다. 他樹種은 無被害地인 安城地域에서 極甚地인 廣州地域으로 갈수록 增加하다가 持續地인 加平地域에서 다시 減少하는 傾向을 보였다. 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 참나무屬中 特別히 신갈나무 相對優占值의 增加가 有意的이었다. 優占值가 相對的인 값임을 考慮할 때 떡갈나무의 增加도 認定할 수 있다. 그림 4는 소나무와 참나무屬의 相對被度, 相對密度, 相對頻度, 相對優占值에 依한 phytograph를 나타낸다. 無被害地인 安城地域에서 被害 持續地인 加平地域으로 갈수록 소나무의 相對被度, 相對頻度, 相對密度에 依한 실선부의 三角形 크기는 減少하는 反面, 참나무屬은 增加하는 傾向을 보인다. 被害 極甚地인 廣州地域보다 被害 持續地인 加平地域의 소나무 相對優占值가 높게 나타나는 것은 加平地域의 소나무 上層 樹冠 密度가 比較的 높기 때문이다. 그림에서 보이듯이 참나무屬 相對優占值의 增加는 相對被도와 相對密度에 依한 것이었다. 相對頻度는 調査地域間 큰 差異를 보이지 않고 있다. 이러한 理由는 솔잎혹파리 被害와는 相関없이 참나무屬은 赤松林內 下層 植生으로서 고르게 分布하기 때문이다. 思料된다.

### 3. 森林群集의 構造 分析

#### (1) 種 多樣性

表4와 그림5는 調査地域別, 調査區別 種數, 個體數, 種多樣度, 最大種多樣度, 均在度, 優占度를 보인다. 種數에서는 無被害地인 安城이 22種, 被害 先端地인 龍仁 28種, 被害 極甚地인 廣州 40種, 被害 持續地인 加平地域이 31種으로, 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 增加하다가 다시 減少하는 傾向을 보

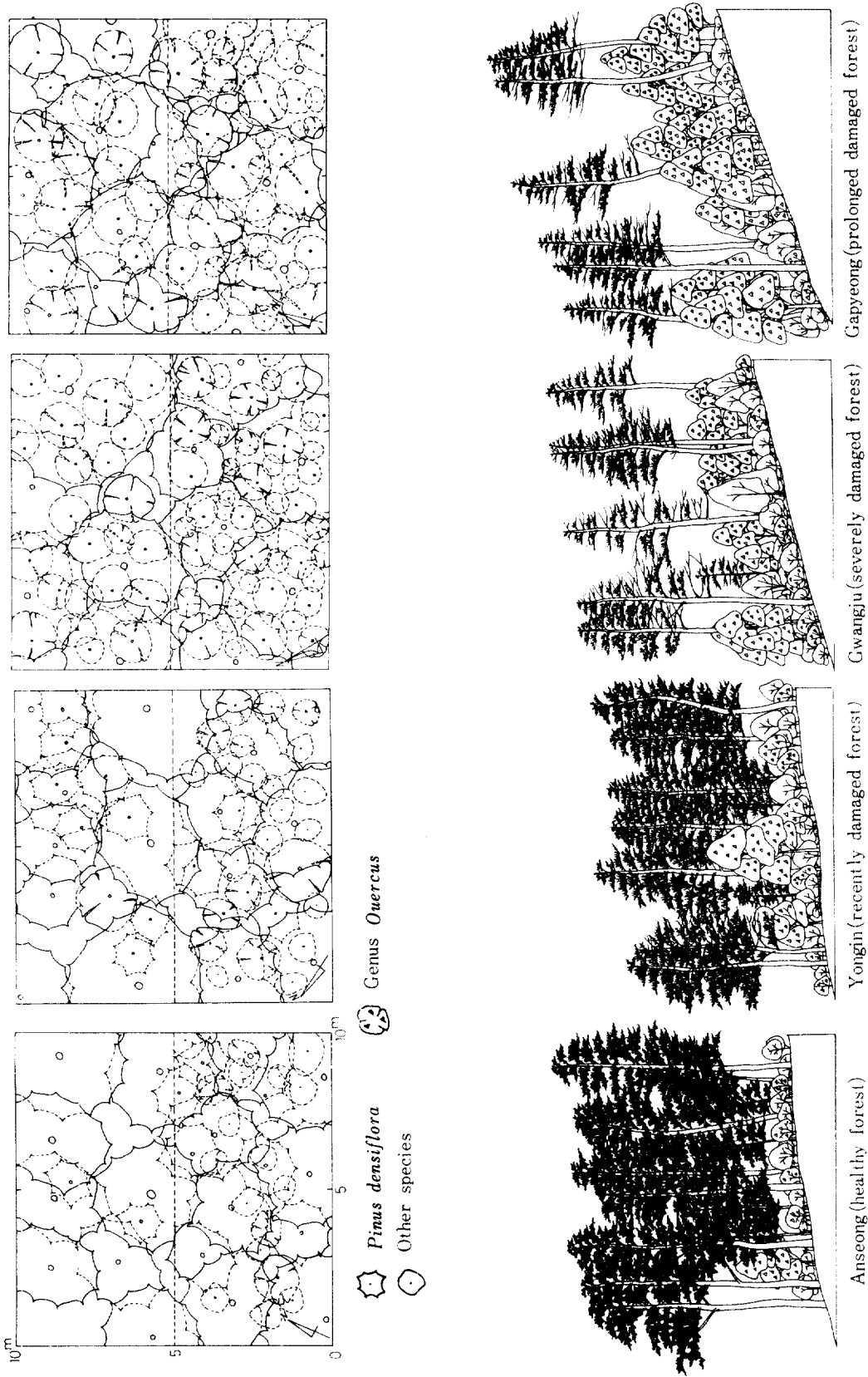


Fig. 2 Crown projection and bisect by district.

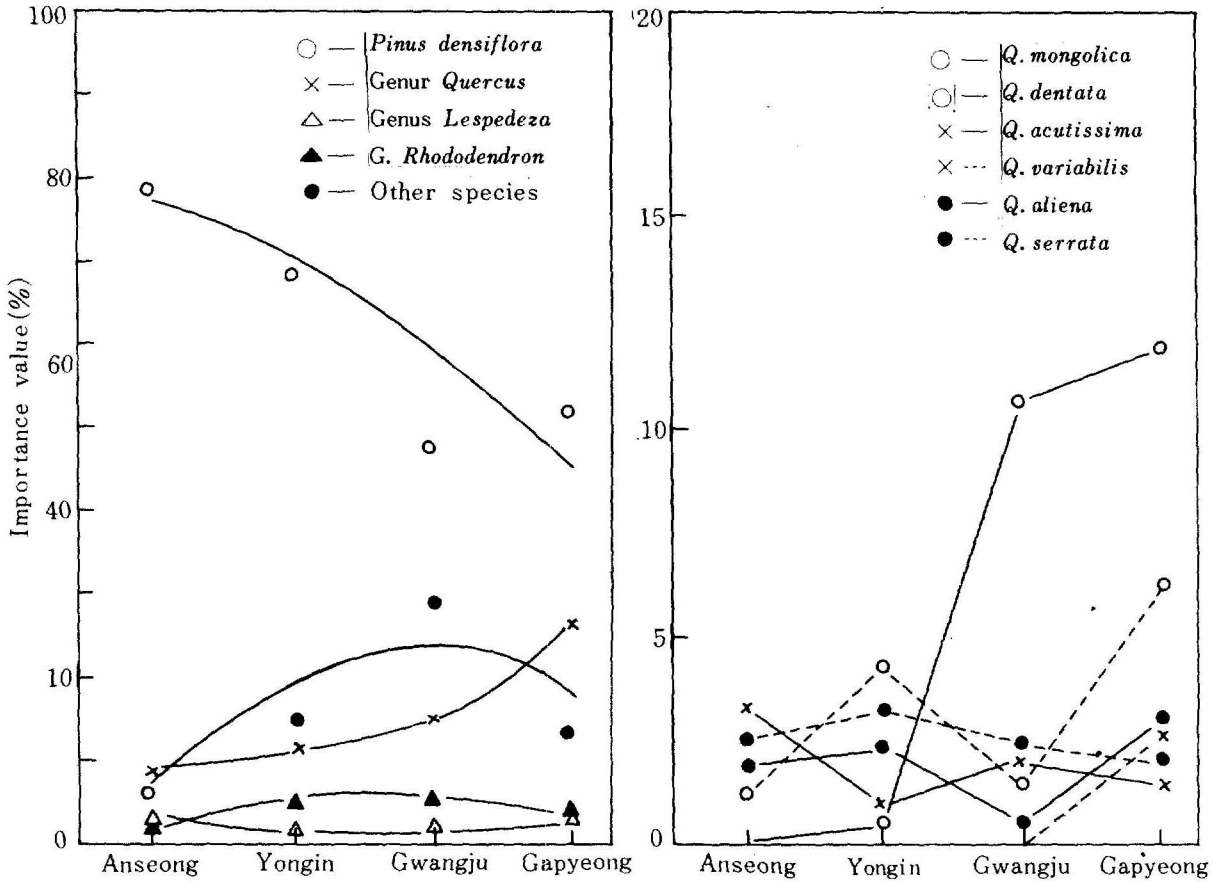


Fig. 3. Changes of importance values in due course of plant succession.

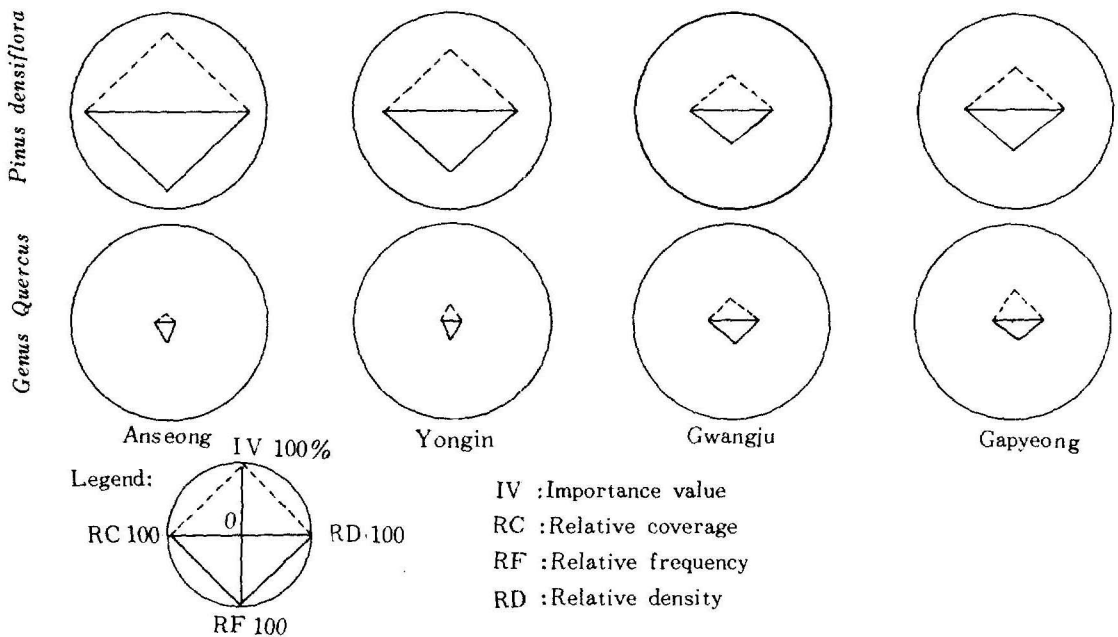


Fig. 4. Phytograph of *Pinus densiflora* and Genus *Quercus* at investigated districts.

었다. 個體數는 安城 1,453本, 龍仁 1,221本, 廣州 816本, 加平 1,272本으로 無被害地에서 被害極基地로 갈수록 減少하다가 被害持續地에서 다시 增加하였다. 이러한 理由는 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 소나무 1~2年生 稚樹는 빠른 減少曲線을 나타내며, 代償樹種인 潤葉樹 稚樹는 느린 增加曲線을 나타내기 때문에 總個體數는 어느 程度 減少하다가 다시 增加하는 것으로 보인다. 種多樣度는 安城 0.6563, 龍仁 0.8364, 廣州 1.0097, 加平 0.8555로 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 增加하다가 減少하는 것으로 나타났다. Shafi等<sup>16</sup>, Veno<sup>17</sup>는 遷移系列을 初期, 發展期, 成熟期로 区分할 때 種多樣度는 점차 增加하다가 成熟期에 이르러 減少한다고 報告하였다. 最大種多樣度는 安成 0.9978, 龍仁 1.2657, 廣州 1.3547로 增加하다가 加平 1.2268로 減少하였다.  $H_{max}' = \log_s$ 의 式을 볼 때 最大種多樣度는 種數와 密接한 關係가 있다. 均在度는 安城 0.6602, 龍仁 0.6607, 廣州 0.7452로 增加하다가, 加平地域에서 0.6980으로 減少하였다. Brwer等<sup>18</sup>은 均在度는 相對的인 種多樣度 即, 1에 가까운 값을 가질수록 種別 個體數가

均一한 狀態라고 하였다. 優占度는 1에서 均在度를 빼 값으로 均在度와는 逆의 關係이다.

이러한 觀點에서 볼 때 本 研究에서는 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 先條件 및 土壤條件 即, 生態的 條件의 變化에 따라 種多樣性이 增加하다가, 種間競爭의 結果 참나무類가 代償樹種으로 發達함으로써 種多樣性은 減少하는 것으로 나타났다.

#### (2) 類似度指數

그림 6은 各 調査區間 類似度指數 및 相異度指數를 보인다. 表 5는 調査地域別 調査區間 類似度指數를 나타내고 있다. 表 5에서 보이듯이 同一 調査地域內 調査區間 類似度指數의 平均値는 無被害地인 安城地域에 83.2%, 被害先端地인 龍仁 83.6%, 被害極基地인 廣州 56.7% 被害持續地인 加平 74.2%의 값을 取하고 있다. Cox<sup>19</sup>는 同一 群集에서 數個의 調査區를 設置하여 類似度指數를 求할 境遇 各 調査區間에는 85~95%의 값을 나타낸다고 하였다. Buell等<sup>20</sup>은 遷移過程中 極相에 達한 群集間의 類似度指數는 大體로 20% 以下이거나 80% 以上이며, 그 理由는 種構成 狀態가 單純化하는데 있다고 報告하였다. 이러한 見

Tab. 4. Values of various diversity by district and plot.

District	Plot	Number of species	Number of individuals	Species diversity (H')	Maximum H' (H' max)	Evenness (J')	Dominance (1-J')
Anseong	1	10	1807	0.5724	1.0000	0.5724	0.4276
	2	14	1400	0.8435	1.1416	0.7360	0.2640
	3	14	1741	0.7128	1.1461	0.6219	0.3781
	4	5	873	0.4965	0.6990	0.7104	0.2896
			22	1453	0.6563	0.9978	0.6602
Yongin	1	20	682	0.8417	1.3010	0.6470	0.3530
	2	20	1251	0.8889	1.3010	0.6832	0.3168
	3	17	1320	0.8744	1.2304	0.7106	0.2894
	4	17	1629	0.7305	1.2304	0.6018	0.3882
			28	1221	0.8364	1.2657	0.6607
Gwangju	1	23	908	0.9910	1.3617	0.7277	0.2723
	2	27	612	1.1115	1.4314	0.7794	0.2206
	3	19	919	0.9340	1.2788	0.7304	0.2696
	4	22	814	1.0021	1.3467	0.7432	0.2568
			40	816	1.0097	1.3547	0.7452
Gae-pyeong	1	22	1532	0.8749	1.3424	0.6517	0.3483
	2	18	1137	0.9617	1.2553	0.7661	0.2339
	3	17	1381	0.8312	1.2304	0.6755	0.3245
	4	12	1022	0.7541	1.0792	0.6988	0.3012
			31	1272	0.8555	1.2268	0.6980

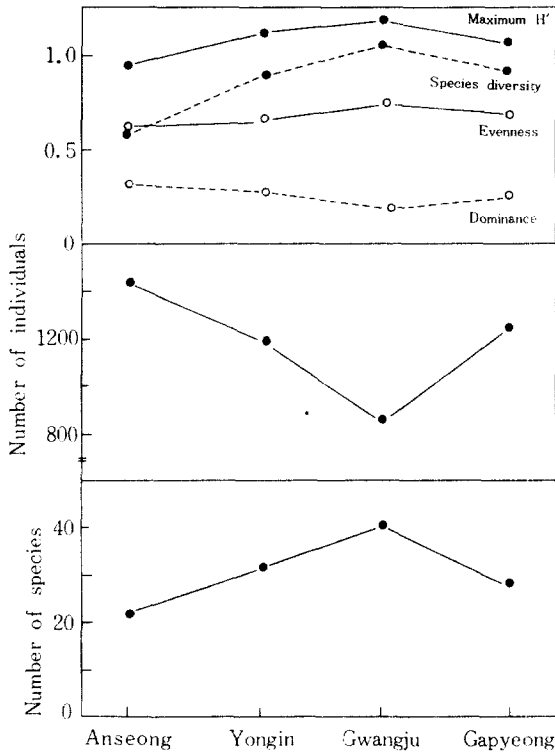


Fig. 5. Changes of various diversity values.

解로 볼 때 安城 및 龍仁地域內 各 調査區間에는 種構成狀態가 類似하다고 할 수 있다. 被害極基地인 廣州地域의 調査區間 類似度指數는 크게 減少하고 있다. 그 理由는 솔잎혹파리의 被害가 甚해짐에 따라 여러 樹種이 侵入하는 것으로 나타났는데, 各 調査區를 設置한 赤松林 周圍 林分의 種構成狀態가 다르기 때문이라고 思料된다. 被害持續地인 加平地域은 被害極基地인 廣州地域에 비해 調査區間 類似度指數가 增加하였다. 加平地域 各 調査區의 環境條件이 거의 同一한 狀態이고, 代償樹種으로서 다같이 신갈나무가 發達하고 있는 것을 考慮해 볼 때, 各 調査區間 類似度指數는 점차 增加한 것으로 推定된다.

그림 7은 各 調査區를 相異度指數에 依하여 2次元 座標化한 것이다. 그림에서 나타나듯이 無被害地인 安城地域 調査區 4 (A-4)에서 被害持續地인 加平地域의 調査區 2 (D-2)로 進行하는 傾向을 보이고 있다. 進行過程中 無被害地인 安城(A), 被害先端인 龍仁(B), 被害極基地인 廣州地域(C)으로 갈수록 相異度指數에 依한 相對的인 거리는 점차 멀어지다가, 被害持續地인 加平地域(D)에서 다시 가까워지는 것으로 나타났다.

Dissimilarity index (%)

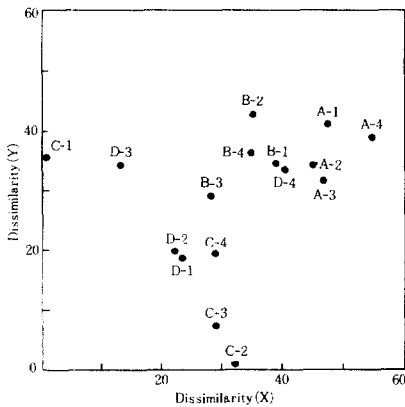
		A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-4	D-1	D-2	D-3	D-4	
Similarity index (%)	D-4	10.9	17.7	16.8	23.3	17.5	29.0	20.8	50.0	44.6	46.1	45.6	37.8	39.2	36.9	26.6	A-1
	D-3	67.2	13.6	20.0	21.9	18.0	25.8	22.6	48.7	37.2	40.2	39.7	37.6	38.9	39.3	24.9	A-2
	D-2	68.4	78.4	22.0	16.7	19.7	23.0	17.3	51.1	35.4	41.0	44.8	31.4	30.3	41.3	27.9	A-3
	D-1	66.1	73.3	92.0	32.1	26.3	37.8	30.1	54.9	46.4	46.0	47.0	46.5	45.5	48.4	31.1	A-4
	C-4	58.4	58.4	63.2	60.3	17.2	21.3	13.2	47.3	37.6	44.0	42.6	28.7	28.7	33.7	26.4	B-1
	C-3	65.5	62.6	66.7	67.4	54.3	21.2	11.0	39.2	42.8	42.9	42.0	37.8	37.6	28.1	24.8	B-2
	C-2	58.9	55.9	65.2	65.4	60.4	75.4	14.6	37.9	33.8	34.8	39.7	25.9	26.7	33.2	23.7	B-3
	C-1	50.7	71.8	59.6	57.3	50.4	51.6	48.0	42.1	37.5	40.3	39.6	30.7	31.6	30.2	23.9	B-4
	B-4	76.1	69.8	68.4	69.3	60.4	59.7	62.5	57.9	52.0	48.4	49.6	42.7	40.4	28.2	49.3	C-1
	B-3	76.3	66.8	73.3	74.1	60.3	65.2	66.2	62.1	85.4	24.6	39.6	34.6	34.8	44.1	41.1	C-2
	B-2	75.2	71.9	62.4	62.2	58.0	57.1	57.2	60.8	89.0	78.8	45.7	32.6	33.3	37.4	34.5	C-3
	B-1	73.6	66.3	71.3	71.3	57.4	56.0	62.4	52.7	86.8	78.7	82.8	39.7	36.8	41.6	41.6	C-4
	A-4	68.9	51.6	54.5	53.5	53.0	54.0	53.6	45.1	69.9	62.2	73.7	67.9	8.0	26.7	33.9	D-1
	A-3	72.1	58.7	69.7	68.6	55.2	59.0	64.6	48.9	82.7	77.0	80.3	83.3	78.0	21.6	31.6	D-2
	A-2	75.1	60.7	61.1	62.4	60.3	59.8	62.8	51.3	77.4	74.2	82.0	78.1	80.0	86.4	32.8	D-3
	A-1	73.4	63.1	60.8	62.2	54.4	53.9	55.4	50.0	79.2	71.0	82.5	76.7	83.2	82.3	89.1	D-4

Legend: A; Anseong B; Yongin C; Gwangju D; Gapyeong

Fig. 6. Similarity and dissimilarity index between plots included in an ordination analysis.

Tab. 5. Similarity index between plots by district.

District	Range of similarity index (%)	Average similarity index (%)
Anseong (A)	78.0 - 89.1	83.2
Yongin (B)	78.7 - 89.0	83.6
Gwangju (D)	75.4 - 48.0	56.7
Gapyeong(D)	66.1 - 92.0	74.2
	48.0 - 92.0	74.4



A:Anseong B:Yongin C:Gwangju D:Gapyeong

Fig. 7. Two-dimensional ordination of plots on the basis of X and Y coordinates.

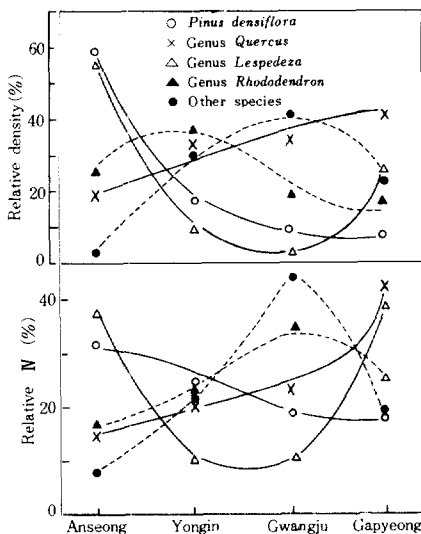


Fig. 8. Changes of relative density and relative importance value.

(3) 植物相의 变化

그림 8은 調査地域別 相對優占值의 相對值로써 植物相의 變化過程을 보이고 있다. 無被害地인 安城, 被害先端地인 龍仁, 被害極甚地인 廣州, 被害持續地인 加平地域으로 갈수록 相對密度와 相對優占值의 相對值에 있어서 소나무는 減少하는 反面, 참나무屬은 增加하는 것으로 나타났으며 싸리屬은 減少하다가增加하는 傾向을 보였다. 진달래屬과 他樹種은 增加하다가 被害持續地인 加平地域에서 減少하였다. Crutis等<sup>6</sup>은 美國 北東部の 森林을 相對優占值와 連續體指數 (continuum index)에 依하여 分析한 結果 乾性的 林地에서 適濕的 林地로 감에 따라 *Pinus banksiana*, *Pinus resinosa*, *Pinus strobus*, *Tsuga canadensis*, *Acer saccharum*의 順으로 進行하는 連續變化를 밝힐 수 있다고 報告하였다. Buell等<sup>4)</sup>은 美國 뉴저지州 北部 森林을 相對優占值, 連續體指數 그리고 類似度 指數에 依하여 分析한 結果 *Quercus prinus*, *Quercus rubra*, *Quercus alba*, *Quercus velutina*, *Acer saccharum*, *Tsuga canadensis*의 順으로 進行하며, 海拔高와 密接한 關係가 있다고 報告하였다.

本 研究에서는 無被害地인 安城, 被害先端地인 龍仁, 被害極甚地인 廣州, 被害持續地인 加平地域을 各各 솔잎혹파리의 被害持續 期間에 따른 遷移系列로 볼 때 그림에서 나타나듯이 참나무屬, 진달래屬, 싸리屬 등이 下層植生을 이루고 있는 赤松林은 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 참나무屬이 優占種으로 되고 싸리屬, 진달래屬 등이 下層植生을 形成하는 禁林群集으로 變化해 가는 것으로 나타났다.

結 論

京畿道 地方 赤松林을 솔잎혹파리의 被害持續 期

間에 따른 調査 地域別 環境要因과 植生 狀態를 調査 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 土壤水分 含量, 土壤有機物 含量, 落葉層 두께는 솔잎혹파리의 被害가 甚할수록 增加하는 傾向을 보였으며, 그 後 被害가 持續되어 植生狀態가 再構成됨에 따라 減少하는 것으로 나타났다.

2. 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 소나무의 相對優占値는 減少하는 反面, 참나무類의 相對優占値는 增加하는 것으로 나타났다. 本 調査地域内에서는 참나무類中 特히 신갈나무 相對優占値의 增加가 有意的이었다.

3. 調査地域別 森林群集의 構造를 分析한 結果 솔잎혹파리의 被害가 甚할수록 種多樣性은 增加하며, 그 後 被害가 持續되어 植生狀態가 再構成됨에 따라 減少하는 것으로 나타났다.

4. 調査地域間, 調査區間의 類似度 指數에 依하면 솔잎혹파리의 被害가 甚할수록 調査地域間, 同一 調査 地域内 調査區間 類似度 指數는 減少하는 傾向을 보이며, 그 後 被害가 持續되어 植生狀態가 再構成됨에 따라 增加하는 것으로 나타났다.

5. 植物相의 變化를 綜合 分析한 結果 소나무가 優占種을 이루는 本 調査地域内에서는 솔잎혹파리의 被害가 持續됨에 따라 참나무類가 優占種을 차지하며 진달래類, 싸리類 등이 下層植生을 形成하는 森林群集으로 變化해 가는 것으로 나타났다.

## 引用 文 獻

- Blair, R. M., and L. E. Brunett. 1976. Phytosociological changes after timber harvest in a southern pine ecosystem. *Ecology*, 57:18-32.
- Bray, J. R., and J. T. Crutis. 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.
- Brower, J. E., and J. H. Zar. 1977. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Company. 194pp.
- Buell, M. F., A. N. Langford, D. W. Davidson, and L. F. Ohmann. 1966. The upland forest continuum in northern New Jersey. *Elcoogy*, 47(3):416-432.
- Cox, G. W. 1972. Laboratory manual of general ecology. Wm. C. Brown Company. 232pp.
- Crutis, J. T., and R. P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32:476-496.
- Hulburt, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology*, 52:577-586.
- MacArthur, R. H. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*, 36:533-536.
- McIntosh, R. P. 1967. An index of diversity and the relation of certain concepts to diversity. *Ecology*, 48:392-404.
- Monk, C. D., G. I. Child, and S. A. Nicholson. 1969. Species diversity of a stratified oak-hickory community. *Ecology*, 50(3):468-470.
- Preston, F. W. 1948. The commonness, and rarity of species. *Ecology*, 29:254-283.
- . 1962. The canonical distribution of commonness and rarity. *Ecology*, 43:185-215.
- Robertson, P. A., G. T. Weaver, and J. A. Cavanaugh. 1978. Vegetation and tree species patterns near the northern terminus of the southern floodplain forest. *Ecol. Monogr.*, 48:249-267.
- Shannon, C. E., and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana. 117pp.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163:688.
- Shafi, M. I., and G. A. Yarraton. 1973. Diversity, floristic richness, and species evenness during a secondary (post-fire) succession. *Ecology*, 54(4):897-902.
- Veno, P. A. 1976. Successional relationships of five florida plant communities. *Ecology*, 57:498-508.
- Whittaker, R. H. 1956. Vegetation of the Great Smoky Mountains. *Ecol. Monogr.*, 26:1-80.
- 朴奉奎. 1975. 內藏山 山林群集의 連續 變化에 關하여 韓國生活 科学院 論叢, 15:101-104.
- 朴奉奎, 金潤植. 1976. 솔잎혹파리에 依해 被害를 받은 松林에 關한 研究. 韓國生活 科学院 論叢, 17:113-142.
- , 韓珍順. 1977. 梨花女子大學校 構内 野草地 植生の Ordination에 關한 研究. 韓國生活 科学院 論叢, 20:7-19.