

## 경북 불영계곡 소나무(*Pinus densiflora*)林的 再生 過程에 관한 研究\*<sup>1</sup>

金聖德<sup>2</sup> · 宋鎬京<sup>3</sup>

### Regeneration Process of the Pine(*Pinus densiflora*) Forest in Bulyung - Gyegog, Kyungsangbuk - Do, Korea\*<sup>1</sup>

Seong Deog Kim<sup>2</sup> and Ho Kyung Song<sup>3</sup>

#### 要 約

本 研究는 慶尙北道 蔚珍郡 불영계곡 一帶에서 土地極相을 形成하고 있는 소나무林을 對象으로 林 分의 再生 過程을 밝히고자 하였다.

소나무 林分은 樹高가 12 - 15m 程度이며, 上層木은 個體가 中心이 되어 임의적으로 分布하고 있으며, 下層木은 集中斑으로 分布하고 있다.

上層木은 주로 60 - 80年 程度의 정점을 갖는 單峰型의 分布를 나타내고 있으며, 이들 林分의 水平 的 分布는 대체로 同齡的 集團을 보여주고 있다.

上層木의 初期 25年 동안의 肥大生長 速度는 中 · 下層木 보다 빠르다.

소나무林의 再生 過程은 林內에 gap이 形成된 以後에 集中的으로 發生한 後生 稚樹가 成長하여 그 中의 몇 個體가 林冠을 形成하는 것으로 推定된다.

#### ABSTRACT

Regeneration process of edaphic pine(*Pinus densiflora*) climax forest in Bulyung - gyegog, Ulsin - gun, Kyungsangbuk - do, was studied.

The height of dominant trees in the stands are 12 - 15m. Upper layers are highly dominated by pine trees and are randomly distributed. Pine trees in lower layer grow in a patch type.

In the upper layer, the age distribution is likely one model type with mode of 60 and 80 years. In the horizontal distribution of these trees, some of the even - aged cluster constituted of several tree were found.

For the first 25 years, the stem diameter increment rates in upper layer are higher than those in the middle layer.

It could be concluded that after the forest canopy had been broken out, the seedlings established densely in a patch in the gap with the decreasing density and some of them, distributed in random, would constitute the canopy.

*Key words* : *Pinus densiflora*, *regeneration process*, *m\* - m relationships*, *age distribution map*.

<sup>1</sup> 接受 1995年 4月 17日 Received on April 17, 1995.

<sup>2</sup> 忠南大學校 自然科學大學 College of Natural Science, Chungnam National University, Taejon, Korea.

<sup>3</sup> 忠南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chungnam National University, Taejon, Korea.

\* 本 研究는 1991 - 1992年度 韓國學術振興財團의 研究費 支援으로 遂行된 研究 內容의 一部임.

緒 論

소나무(*Pinus densiflora*)는 韓半島와 日本 列島 및 中國의 산둥 반도와 滿洲에 걸쳐 分布하고 있는 常綠針葉樹種으로, 水平的으로 北緯 30° 20'에서 46° 사이의 暖帶, 溫帶 및 亞寒帶에 이르고, 地形的으로 海岸으로부터 平地 丘陵地와 山地를 거쳐 亞高山帶에 이르고 있다. 소나무의 氣溫에 대한 分布 범위는 年平均 氣溫이 2.5 - 16.6°C, 最適 氣溫은 年平均 氣溫 9 - 12°C, 降水量에 대한 分布 범위는 544 - 3,420mm, 最適 降水量은 1,000 - 1,500mm이며, 그 土壤 條件은 花崗岩地, 沖積사력지, 火山분출물 堆積地, 부식토 등 통기가 良好한 土壤과 地形的으로 乾燥한 場所 및 養分이 적고 酸性이 강한 土壤이 적합하다(吉岡邦二, 1948).

韓半島에서의 소나무林은 그 群落의 分布 面積이 森林 樹種 中 가장 넓은 面積을 차지하고 있으며, 그 중에서도 崧강소나무와 춘양독소나무의 集團은 代表的인 造林樹種으로 利用되는 品種으로 그의 經濟的 價値가 매우 높아 산림청의 권장 樹種으로 지정되어 있다. 우리나라에서의 소나무林의 變遷에 관하여 研究한 김준민(1980)에 의하면 6,500년 전에는 현재보다 平均氣溫이 약 2°C 정도가 높았으며, 이로 인해 氣候가 比較的 乾燥하였으며, 山火가 자주 일어남으로써 落葉闊葉樹林이 소나무林으로 代치되었으며, 더욱 人間의 農耕 活動으로 西南海岸에서 약 2,300년 이래, 東海岸에서 약 1,400년전 이래 소나무林으로 代치되었으며, 夏季 집중형의 降水에 의하여 現在에도 表土의 침식과 排水가 良好한 花崗岩 土壤으로 인하여 소나무林이 維持되고 있음을 밝히고 있다.

한편 소나무는 耐陰性이 매우 약한 生理的 特性을 가지고 있는 陽樹性의 樹種으로, 現在 우리나라에 널리 分布하는 소나무林은 大部分이 二次 遷移 또는 植栽의 結果 形成되어진 것으로서 一時的인 優占林으로 推定이 된다. 이러한 遷移 途中相의 소나무林은 自體의 更新은 어려울 것으로 思慮되며, 계속적인 管理를 하지 않을 경우에는 소나무의 自生 立地, 즉 山 稜線部の 乾燥地나 花崗岩 등의 母岩이 노출되어 있는 바위산 등을 제외하고는 大部分이 참나무류 및 서어나무류가

優占하는 落葉闊葉樹林으로 遷移가 進行될 것으로 推定이 된다.

現在 山 稜線部나 母岩이 노출되어 있는 立地 등과 같이 落葉闊葉樹種의 定着이 어려운 乾燥한 立地에 발달되어 있는 소나무林은 代表的인 立地極相(edaphic climax)으로 森林 面積은 立地의 面積에 비례하고 있는 極相林으로 알려져 있다.

이제까지의 소나무林에 관한 生態學的인 研究는 群落 分類 및 기재에 관한 研究가 주로 행하여져 왔으며, 林床의 土壤 條件이 척박하고 乾燥한 경우에 있어서도 後繼樹가 될 수 있는 實生 및 稚樹가 발견되고 있는 것이 알려져 있다. 한편, 極相林은 構成하고 있는 個體가 壽命이나 物理的인 착란에 의하여 枯死되고 새로운 個體로 교대됨에 따라 全體로서는 現在에 있는 森林과 거의 비슷한 森林으로 維持되어가는 特徵을 가지고 있다. 이와같은 極相林이 어떻게 發達되고 어떻게 維持되어 가는데 관한 再生 過程에 관한 研究는, 1980년 이후에 주로 世界 各地의 熱帶地域 및 溫帶地域에서의 氣候極相(climatic climax) 林에서 많이 이루어져 왔으나 우리나라의 森林에 관해서는 거의 없는 실정이다.

極相林의 再生에 관한 研究에 있어서, Watt (1947)는 북미의 *Fagus sylvatica* 林에서 행한 일련의 研究(Watt, 1923 1925)와 Jones(1945) 및 Aubreville(1938)의 研究를 총괄하여 極相林의 一般的인 構造는 林冠木의 倒木 等に 의하여 形成된 林冠이 트인 場所("GAP": 이하에서는 GAP으로 칭함)에 기인하는 同齡的인 林冠木의 集團들이 모자이크상으로 構成되어져 있는 林分을 形成하고 있다고 주장하였다. 이와같은 현상은 여러 종류의 森林에서도 報告가 되었으며 (Boremann, 1979; Runkle, 1982; Barden, 1989; Nakashizuka와 Numata, 1982a 1982b; Kim, 1988), 이는 林分에 形成된 GAP이 極相林의 再生 過程에 있어서 重要한 役割을 하고 있다는 것을 밝혀주는 것으로 思慮가 된다. 또한, 溫帶以北 地方의 樹木들은 年輪을 形成하는 特徵이 있으므로, 이를 解析함으로써 樹齡 構造나 過去에 있었던 森林에 대한 착란의 影響과 그 후의 變化, 各 構成 樹種의 生態學的 特性을 考察하는 研究가 행해져 왔다(Oliver와 Stephens, 1977; Lorimer, 1980; Connell, 1989; Whitmore, 1989).

最近에 있어서 우리나라 極相林的 再生 過程에 관한 研究 報告가 極히 一部는 있으나(강상준, 1984; Kim, 1988), 아직까지는 우리나라 全體의 極相林的 維持 機作을 밝히기에는 불충분한 실정이다. 本 研究는 慶尙北道 울진군 불영계곡 一帶에 土地極相으로 發達되어있는 소나무林을 對象으로 立木의 分布 樣式과 樹齡 構造 등의 解析을 주된 方法으로하여 再生 樣式的 推定을 시도하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 調査 地域

調査 地域은 慶尙北道 蔚珍郡 불영계곡 一帶에 土地極相으로 發達되어 있는 소나무林을 研究 對象으로 하였다. 이 地域 一帶는 花崗片麻岩類의 變成岩이 母岩으로 비교적 노출 암반이 많고 土深 또한 20-30cm 程度로 얕으며, 급경사를 이루고 있는 乾燥한 立地로 소나무가 土地極相으로 發達되어 있는 地域이다. 이곳에 다음과 같은 方形區를 설치하였다.

調査地點 1(Plot 1): 해발 320m, 20m×40m,  
평균경사 10°  
남동 160° 방향의 완만한  
바위능선

調査地點 2(Plot 2): 해발 380m, 40m×40m,  
평균경사 30°  
남서 210° 방향의 사면  
상부

그리고 調査地點에 대한 土壤의 特性은 Table 1과 같다(宋鎬京 등, 1995).

### 2. 野外 調査

野外 調査는 1992年 5月-9월에 實施하였으며, 每木 調査와 아울러 生長錐(increment borer)를 이용하여 core를 채취하였다. 每木 調査는 樹高(H)가 1.3m 이상의 全 樹木에 대하여, 種名과

胸高直徑(DBH), 樹高를 測定하였으며, Plot 內에 出現하는 全 樹木의 立木 位置圖와 樹冠 投影圖를 작성하였다.

### 3. 分散 構造의 解析

Iwao(1968, 1972)의 mean crowding - mean( $m^*$  -  $m$ )關係 및  $q$  指數를 이용하여, Plot內에 分布하는 樹木을 上層木( $H \geq 8m$ ), 中層木( $8m > H \geq 3m$ ), 稚樹( $3m > H \geq 1.3m$ ) 및 實生( $H < 1.3m$ )으로 구분하여 각각의 Plot內에서 40m×40m의 면적을 기준으로 하는 면적에 대하여 分散 構造의 해석을 하였다.

### 4. 年輪의 解析

DBH가 3cm 以上の 소나무만을 對象으로 生長錐를 利用하여, 地上 50cm의 位置에서 줄기의 長軸을 관통하는 core를 採取하여 쌍안실체현미경 하에서 年輪을 解析하였다. 또한 中下層木에 있어서는 一部의 代表木을 選定하여 圓板을 採取한 후, 最大直徑과 이에 直交하는 軸의 4방향의 年輪 數 및 每年 成長幅을 測定하여 이의 平均値를 肥大生長量으로 간주하였다.

## 結 果

### 1. 階層 構造와 種構成

Table 2은 Plot 1과 Plot 2 內의 種組成과 樹種別 胸高斷面積의 合計와 個體數의 相對值(%)를 나타낸 것이다.

Plot 1(바위능선부)과 Plot 2(사면상부)의 林分은 樹高가 12-15m에 달하는 소나무가 林冠層에 單一 樹種으로 優占하고 있으며 7m 前後의 中層에는 소나무 및 굴참나무, 신갈나무가 10% 정도의 식피율로 혼재되어 있을 뿐이다. Plot 1은 全 樹木의 個體 數는 적으나 DBH 分布가 다소 大徑木이 많음으로써 흉고단면적 값이 크게 나타내고 있지만 全 樹木의 個體 數에 있어서는 Plot

Table 1. Soil properties of each plots.

Plot No.	pH	Total nitrogen (%)	Organic matter (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (ppm)	Exchangeable cation			C.E.C. (me/100g)
					K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup> (me/100g)	Mg <sup>++</sup>	
1	5.2	0.28	8.4	78	0.37	1.0	0.4	7.3
2	5.0	0.20	4.6	25	0.36	0.6	0.4	8.0

**Table 2.** Floristic composition of tree species, the ratio of basal areas and the number of trees in Plot 1 and Plot 2.

Species	Ratio of BA(%)		NO. of trees(%)	
	Plot 1	Plot 2	Plot 1	Plot 2
<i>Pinus densiflora</i>	98	92	93	86
<i>Quercus mongolica</i>	—	3.6	—	4
<i>Q. serrata</i>	—	3.6	—	5
<i>Q. variabilis</i>	1	0.4	2	2
<i>Lindera obtusiloba</i>	—	0.2	—	2
<i>Styrax obassia</i>	0.5	—	1	—
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	0.5	0.2	4	1
Total	100	100	100	100
	21.3m <sup>2</sup>	17.5m <sup>2</sup>	118	153
	(/ha)	(/ha)	(/ha)	(/ha)

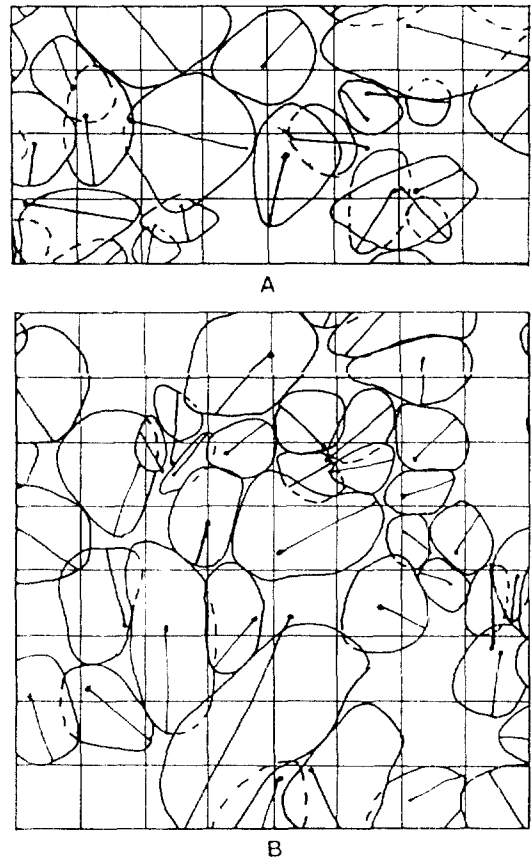
2가 큰 값을 나타내고 있는데, 이는 斜面 上部에 露出 암반이 비교적 적음으로 인하여 소나무가 定着할 수 있는 立地의 頻度가 비교적 많기 때문으로 思慮된다.

한편, 種組成에 있어서는 林冠層(上層)의 組成은 소나무가 單一 樹種으로 優占되어 있는 점은 같으나 灌木層 및 草本層에 있어서는 Plot 1과 Plot 2에 있어서는 差異를 나타내고있는 것이 特徵的이다. 즉 Plot 1에서는 灌木層에 꼬리진달래, 싸리나무, 쇠물푸레 뿐이며 Plot 2에는 신갈나무, 졸참나무, 쌍강나무, 철쭉, 쪽동백, 개웃나무, 소나무, 굴참나무, 쇠물푸레 등이 優占하고 있다. 草本層에 있어서는 그늘사초, 꽃겨노리밥들, 미역취, 새, 삼주, 참취, 맑은대쭉, 노랑제비꽃, 드라지 등이 共通적으로 出現하고 있으며, 이외에 Plot 1에서는 꼬리진달래와 진달래가, Plot 2에서는 기린초, 구질초, 굴참나무, 소나무, 금다타리, 튼나무, 쌍강나무, 딱갈 등이 出現하고 있으나 식피율은 10-20% 정도로 소나무 實生의 定着에는 그다지 影響을 미치지 않을 것으로 思慮된다.

**2. 水平的 構造**

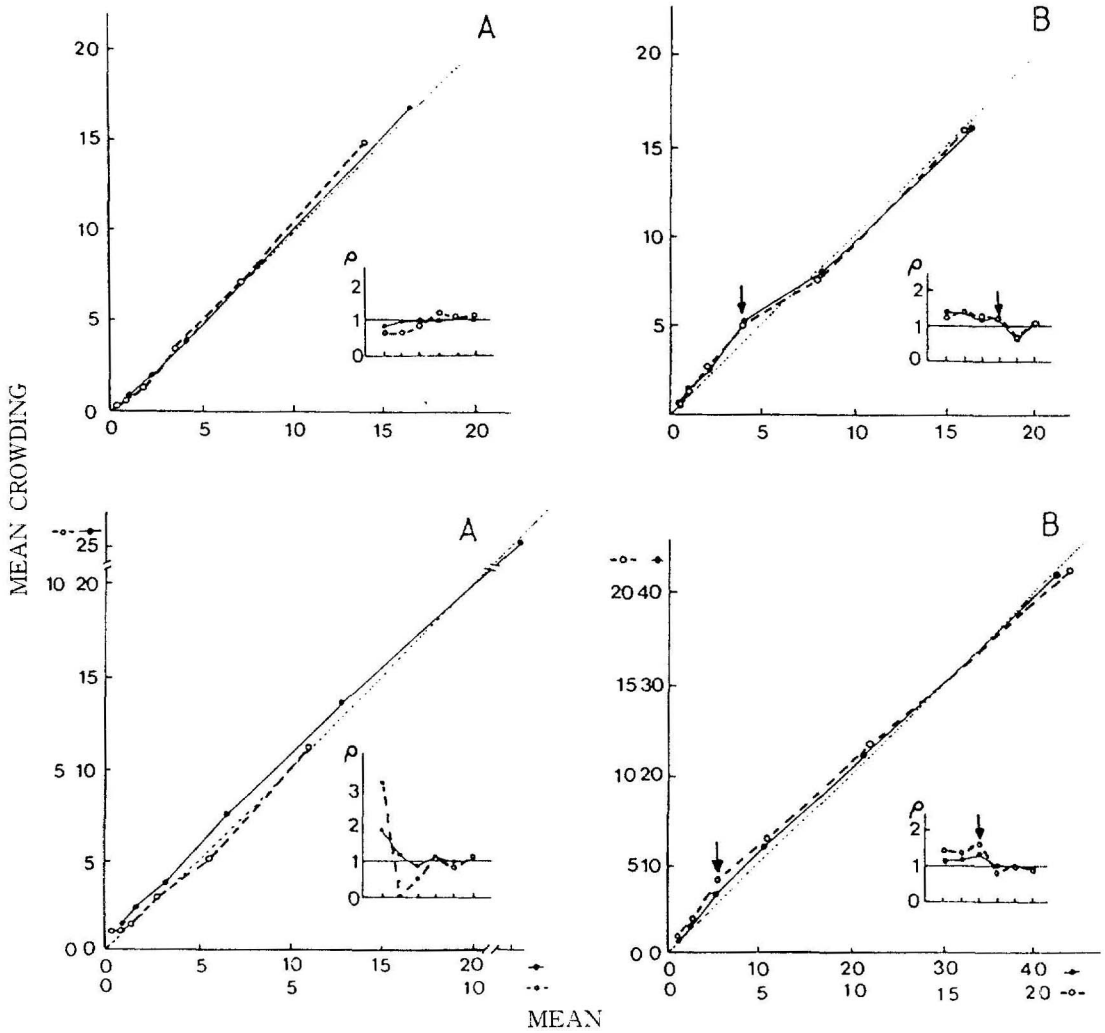
Fig. 1-A, Fig. 1-B는 각각 Plot 1과 Plot 2의 樹冠 投影圖를 나타낸 것으로 林冠의 閉鎖度는 Plot 1이 73%, Plot 2가 53%로 현저한 差異가 나타나고 있다. 이와같은 현상이 각 林分에 있어서는 中·下層木의 個體 數에 影響을 미치고 있다고 생각되어진다.

立木의 分布 樣式의 解析은 個體間의 相互作用의 結果를 間接적으로 推測하는 데에 有效한 方



**Fig. 1.** Crown projection diagrams of Plot 1(A) and Plot 2(B).

法으로 특히 Iwao(1968, 1972, 1977)의 m\*-m 解析法은 종래 解析法의 缺點이 극복되어진 것으로 評價되어지고 있으며, 分布에 관한 情報를 多樣하게 얻을 수 있는 長點이 있다. 이 方法을 利



**Fig. 2.** The  $m^*-m$  relationships of pine trees(· · ·) and total trees(- · -). The upper A and B graphs are showing the upper tree layers and the lower A and B graphs are showing the middle tree layers in each plot. The lower right small graphs are show the change of  $\rho$  index. Arrows indicate the mean clump size.

用한 結果로서  $m^*-m$  關係 및  $\rho$  指數를 나타낸 것이 Fig. 2이다.

上層木은 兩 Plot에 있어서 個體(Plot 1) 또는 작은 集中斑과 個體(Plot 2)가 거의 랜덤으로 分布하고 있는 것을 알 수 있다. 이와는 달리 中層木에 있어서는 어느 정도 분산된 集中斑이 分布의 基本이 되어 있으며, 이들이 랜덤에 가까운 分布를 나타내고 있는 것을 보여주고 있다. 소나무만의 경우에 있어서는 Plot 2에 있어서의 上層木의 分布 樣式이 全體 上層木의 分布 樣式과 差異

가 나타나고 있지만,  $m^*-m$ 의 關係가 全體 上層木의 경우보다 1에 더욱 가까운 近似值를 나타내고 있는 것으로 소나무의 上層木은 더욱 랜덤하게 分布하고 있음을 보여주고 있는 것으로 思慮된다.

이상의 結果를 綜合하여 보면 소나무林에 있어서는 上層木은 個體가 中心이되어 랜덤 分布를 하고있으며, 中層木은 集中斑을 基本으로하는 分布를 나타내고 있음을 알 수가 있다.

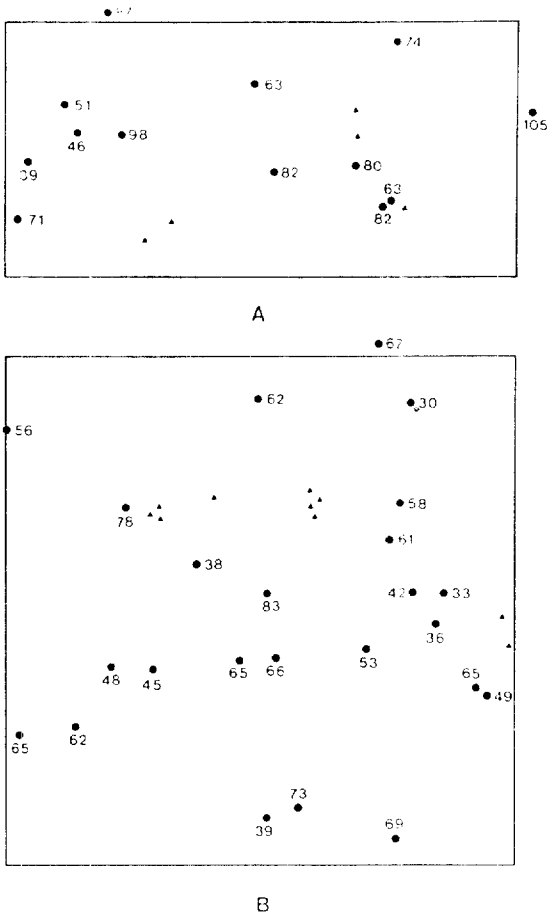


Fig. 3. Age distribution map of trees in Plot 1(A) and Plot 2(B). Small triangles are show the location of saplings.

### 3. 樹齡 構造

Fig. 3은 上層木의 樹齡의 水平的인 分布를 나타낸 것이다.

Plot 1에서는 개체가 랜덤으로 分布하고 있음에도 불구하고, 樹齡에 관하여서는 대체적으로 同齡의인 集團이 있음을 알 수가 있다. Plot 2에 있어서도 같은 形態의 集中斑 이외에도 同齡의 集團이 보여지고 있다. 이러한 集中斑이나 同齡의 集團의 樹齡幅이 거의 20년에 불과한 것으로 다루어 볼 때에, 이는 gap에 의하거나 立地의 mosaic 性에 기인한 再生産의 結果라고 推定된다.

Fig. 4는 Plot 1과 Plot 2에 있어서의 樹齡 分布를 나타낸 것으로서, 上層木은 60 - 80年の 頂點을 갖는 單峰型의 分布를 나타내고 있으며, 年

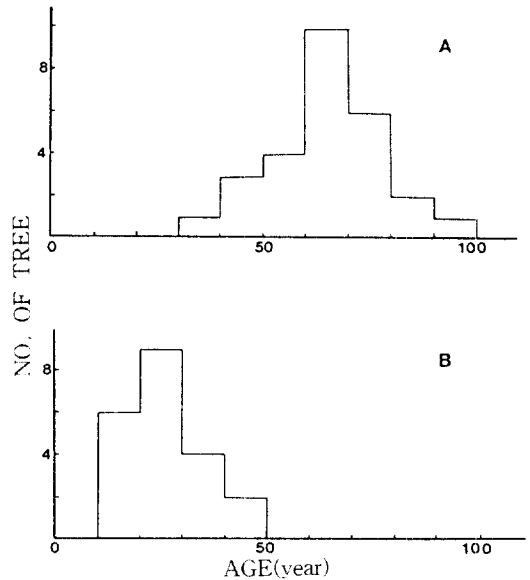


Fig. 4. Age class distribution of total trees in Plot 1 and Plot 2. (A : upper tree layer, B : middle and lower tree layer)

齡 範圍는 30 - 100年으로 비교적 넓은 範圍를 가지고 있는 것으로 나타났다.

한편으로 中層木에 있어서 上層과 中下層의 소나무의 樹齡을 비교하여 보면, 30 - 50년 사이에서 중복되고있는 個體가 다수 보여지고 있으며, 兩 方形區에서 調査한 소나무 全體의 胸高直徑은 12Cm 附近에서 연속되지 않고 上層과 中下層이 뚜렷하게 分離되고 있다. 이와같은 結果로부터 上層과 中下層을 構成하고있는 個體의 過去 生長過程에 있어서 뚜렷한 差異가 있다고 推定되어진다.

### 4. 成長 速度의 比較

上層과 中下層을 構成하고있는 소나무의 成長過程의 差異를 糾明하기 위하여 各 層의 肥大成長 速度의 比較하였다. 上層에 있는 소나무의 肥大成長 速度는 초기 25年間이 가장 느리며 그 후로부터 점차로 成長이 호전되어 全體로서는 年間 2mm의 成長 速度를 갖는데 반하여, 中層에 있는 소나무에 있어서는 樹齡이 增加할수록 成長 速度는 다소 增加하고는 있으나, 전체로서는 年間 1.2mm정도로 上層木의 1/2정도에 불과하다. 이런 事實들은 調査 地域 內의 林分에 있어서 現在 上層과 中下層에 있는 소나무는 實生이 確立

된 初期 段階에서부터 뚜렷하게 다른 條件에서 成長하여 왔다고 思慮된다.

## 考 察

比較的 폐쇄된 林冠 아래의 中下層에서 成長하고 있던 個體가 gap이 形成됨으로써 成長하여 다음 대의 林冠을 形成한다고 하면, 現在의 林冠木과 中下層木의 成長 樣式에 있어서 初期의 成長에 관한 差異는 나타나지 않을 것으로 思慮된다(Kim, 1988). 그렇지만 調査 地域의 소나무林에 있어서는 現在의 中下層과 上層에 있는 調査 地域의 소나무林에 있는 個體間的 生長을 比較하여 보면, 中下層에 있는 個體의 初期 肥大生長 速度가 현저히 낮음을 알 수가 있다. 따라서 現在 林冠層에 優占하고 있는 소나무는 현재 林床의 光條件이나 土壤의 物理的 環境 條件보다는 보다 良好한 環境에서 成長하여 왔다고 생각되어진다. 즉 實生이나 稚樹의 時期에 있어서 上層이 결여되었거나, 주위의 林冠木들로부터 피압을 당하지 않았거나, 土壤 條件이 좋은 場所에 정착되어 成長하였다고 推測되어진다.

또한 樹齡의 水平 分布에 있어서도 3-5 그루의 同齡의인 集團이 보여지고 있는데, 이는 集中的으로 分布하던 個體가 자기숙음에 의하여 점차 랜덤 分布에 가까워지게 되었다고 思慮된다.

이와같은 結果들로 미루어 볼 때에 소나무林的 再生 過程의 樣式으로는 林內에 存在하던 前生 稚樹들이 林冠이 트임으로 해서 形成된 gap의 影響으로 成長이 빨라지게 되어 林冠을 形成하게 된다는 群狀 更新, 즉 林內에 gap이 形成된 이후에 集中的으로 發生한 後生 稚樹가 成長하여 그 중의 몇 個體가 林冠을 形成하게 된다는 再生 樣式을 想定하는 것이 가능하다. 또한 上層木이 랜덤으로 分布하게되는 過程, 즉 後生 稚樹들의 자기숙음(selfthinning) 過程에 있어서는 단지 光條件의 差異만이 아니라 立地의 不均質性 특히 土深과 같은 土壤의 物理的 特性이 重要한 要因으로 작용되었을 것으로 推定되어진다.

今回の 結果를 유도함에 있어서 樹木의 成長 速度를 단지 core의 肥大成長 值만으로 사용한 집이나, 林分의 大徑木의 樹齡이 60-80년 前後의 것에 집중된 成因의 糾明 등이 問題점으로 남아있다. 따라서 前記한 群狀 更新 樣式은 아직

推測의 領域을 벗어나지 못한 것이며, 모든 현상에 관한 說明이 가능한 것이 아니므로 보다 자세한 研究를 계속할 必要性이 있다고 思慮된다.

## 引用 文 獻

1. 강상준. 1984. 지리산 아고산대 침엽수림의 갭신. 한국생태학회지 7(4): 185-193.
2. 김준민. 1980. 한국의 환경변천과 농경의 기원. 한국생태학회지 3: 40-51.
3. 宋鎬京·金聖德·張圭寬. 1995. TWINSpan과 DCCA에 의한 金剛소나무 및 春陽木소나무群集과 環境의 相關關係 分析. 韓國林學會誌 84(2)
4. 吉岡邦二. 1948. 日本 松林의 生態學的 研究. 農林出版, 東京. 198pp.
5. Aubreville, A. 1983. Regeneration patterns in the closed forest of the Ivory Coast. Translated by Eyre, S.R. in "World vegetation types", Ed. by Eyre, S.R. 41-55pp.
6. Barden, L.S. 1989. Repeatability in forest gap research: Studies in the Great Smoky Mountain. Ecology 70: 548-559.
7. Boremann, F.H. 1979. Patterns and process in a forested ecosystem. Springer-Verlag, New York. 138-218pp.
8. Connell, J.H. 1989. Some processes affecting the species composition in forest gaps. Ecology 70: 560-562.
9. Iwao, S. 1968. A new regression method for analyzing the aggregation patterns of animal population. Res. Popul. Ecol. 10: 1-20.
10. Iwao, S. 1972. Application of the  $m^* - m$  method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size. Res. Popul. Ecol. 14: 97-128.
11. Iwao, S. 1977. Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding. Res. Popul. Ecol. 18: 243-260.
12. Jones, E.W. 1945. The structure and reproduction of the virgin forest of the Northern Temperate Zone. New Phytol. 44: 130-148.

13. Kim, Seong Deog. 1988. Forest vegetation and regeneration process in montane zone of Korea. Tokyo Metropolitan Univ. Ph.D. thesis. 171pp.
14. Lorimer, C.G. 1980. Age structure and disturbance history of a southern Appalachina Virgin forest. *Ecology* 61 : 1169 - 1184.
15. Nakashizuka, T. and M. Numata. 1982a. Regeneration process of climax beech forest. I. Structure of a beech forest with the undergrowth of Sasa. *Jap. J. Ecol.* 32 : 57 - 67.
16. Nakashizuka, T. and M. Numata. 1982b. Regeneration process of climax beech forest. II. Structure of a forest under the influence of grazing. *Jap. J. Ecol.* 32 : 473 - 482.
17. Oliver, C.D. and E.P. Stephens. 1977. Reconstruction of a mixed species forest in central New England. *Ecology* 58 : 562 - 572.
18. Runkle, J.R. 1982. Patterns of disturbance in some old growth mesic forests of North America. *Ecology* 62 : 1533 - 1546.
19. Watt, A.S. 1923. On the ecology of british beechwoods with special reference to their regeneration. *J. Ecol.* 11 : 1 - 48.
20. Watt, A.S. 1925. On the ecology of british beechwoods with special reference to their regeneration. Part II. *J. Ecol.* 35 : 1 - 22.
21. Watt, A.S. 1947. Pattern and process in PLANT COMMUNITY. *J. Ecol.* 35 : 1 - 22.
22. Whitmore, T.C. 1989. Canopy gaps and two major groups of forest trees *Ecology* 70 : 536 - 538.