

Spiegel Relaskop를 이용한 林分調査 方法¹

申萬鏞² · 高永宙²

Method of Stand Inventory Using Spiegel Relaskop¹

Man Yong Shin² and Yung Zu Ko²

要 約

本 研究는 林分調査에 必要한 標本 調査法中에서 調査의 效率性을 維持하면서 時間과 經費를 節約할 수 있는 Spiegel Relaskop를 利用한 點調査法의 理論과 實際 現場에서의 使用 方法을 論하고 實際 林分에 대한 調査 資料를 利用하여 胸高斷面積, 生育 本數, 材積의 計算 例를 提示함으로써 우리나라의 林分 調査 實務에 도움이 될 수 있도록 하였다. 또한 개인용 Computer를 利用한 資料의 分析을 위하여 SAS(Statistical Analysis System)의 프로그램과 使用하기 손쉬운 계산기에 의한 計算法을 提示함으로써 理論上의 어려움에도 불구하고 林分調査 實務者가 손쉽게 使用할 수 있는 方法을 提案하였다.

ABSTRACT

The study was conducted to discuss the theory and practical application of point sampling method using Spiegel Relaskop that can reduce time and expenses with efficiency in field work for stand inventory. An example of the analysis for real data was given to help practical foresters easily compute basal area, number of trees and volume per hectare even though the theory of point sampling technique is relatively difficult. Also, a SAS program for personal computer and the handling methods of pocket calculator were provided to easily use the point sampling technique in data analysis.

Key words : Stand Inventory, Point sampling, Spiegel Relaskop, SAS program

I. 序 論

林分調査의 方法은 그 目的에 따라서 크게 每木調査와 標本調査로 分類할 수 있다. 每木調査는 對象 林分內의 모든 林木을 測定하여야 하기 때문에 調査經費, 時間 등의 制約을 받아 特殊한 境遇에만 使用되는 林分調査 方法이다. 특히 우리나라의 營林計劃은 每 10年 單位로 그동안의 生長과 收穫을 測定하여 作成하는데 우리나라의

山林 行政의 構造에서는 1個의 營林署나 그 下部 組織인 管理所가 擔當하고 있는 山林 面積이 廣大하고 人力이 不足하기 때문에 每木調査에 의한 營林計劃의 樹立은 어려운 實情이다. 따라서 一般의인 林分調査는 標本調査를 통하여 施行되는데 그중에서 標本地 調査法(Plot sampling)을 가장 많이 使用하고 있다.

標本地 調査法은 調査目的이나 林分の 林齡에 따라 미리 標本地의 크기를 決定한 後 正方形이나 圓形의 標本地를 設置하고 標本地內에 있는 6

¹ 接受 1992年 6月 24日 Received on June 24, 1992.

² 國民大學校 林業大學 College of Forestry, Kookmin University.

cm 이상의 모든 임목을測定하는 方法이다. 이 方法은 測定된 資料를 통하여 比較的 林分의 生育本數나 材積을 쉽게 計算해 내는 長點을 가지고 있는데 그 理由는 標本地 調査法의 理論이 相對的으로 쉽고 簡單하기 때문이다. 그러나 標本 調査의 目的이 調査經費와 標本을 통한 母集團의 推定能力을 效率的으로 調和시키는 것이기 때문에 이 調査法을 통하여 營林計劃 期間 동안에 大面積에 대하여 調査와 分析을 完遂하기 위하여는 調査經費나 標本의 精度(precision) 중에서 하나를 犧牲시킬 수 밖에 없는 것이 사실이다. 다시 말하여 標本地 調査法에서는 우선 標本地 숫자나 크기에 關係없이 ha 당 얼마만한 面積을 標本으로 選擇할 것인가 하는 點이 重要하다. 卽, 標本 強度(sampling intensity)를 몇 %로 정하느냐에 따라서 母集團에 대한 標本의 推定 能力이 달라 지지만 標本強度를 높일수록 經費가 많이 드는 것을 生覺할 때 適合한 數의 標本地를 採擇해야만 하는 問題點을 가지고 있다. 따라서 限定된 豫算下에서는 正確한 營林計劃을 세우는데 어려움이 따를 수 밖에 없다. 標本地 調査法의 다른 하나의 短點은 이 方法이 林木의 出現 頻度에 比例하여 標本木을 測定하기 때문에 큰 林木보다는 작은 直徑級의 임목이 더 집중적으로 標本으로 選定된다는 사실이다(Beers and Miller 1964). 이것은 원래의 標本 調査를 통한 山林調査의 意圖와는 다르게 大徑木 推定の 過小值를 막기 위하여는 相對的으로 많은 標本地를 測定하여야 하며 이는 바로 調査 時間과 經費에 直結된다.

이와는 對照的으로 標本地 調査法에 比하여 그 理論이 相對的으로 어렵고 複雜하지만 調査經費를 줄이고 標本調査의 效率性을 높일 수 있는 方法이 點調査法(point sampling)이다. 1947년에 오스트리아의 營林署長이었던 Bitterlich에 의하여 손쉽게 胸高斷面積을 測定하기 위하여 처음으로 試圖된 이 調査法은 그 後 Relaskop가 製作됨으로서 多樣한 測定을 가능케하였다. 우리나라에서도 이 點調査法과 Relaskop에 대한 研究가 시도된바 있으나 單純히 소개하는 次元에 머물렀고(金 1962, 1963; 尹 等 1986) 實際 林分調査에 適用한 例는 最近의 “國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究”(山林廳 1990, 1991)에서 찾을 수 있다. 그러나 아직 點調査法의 理論과 Relaskop의 使用法을 實務에서 林分調査를 擔當

하고 있는 林業人이 理解하기 쉽게 說明한 教科書나 論文이 없는 實情이며 理論的인 어려움과 計算上의 複雜性을 解決해 줄 만한 資料가 없어 널리 利用되지 못하고 있는 實情이다. 따라서 本研究는 點調査法의 理論的 根據와 測定器機인 Spiegel Relaskop의 使用法에 대하여 論하고 하나의 實際的인 例로서 國有林인 江原道 平昌 가리왕산의 2個 小班의 測定 資料에 대한 分析 方法을 提示하여 林分調査를 擔當하고 있는 實務者뿐만 아니라 學生, 그리고 林業 研究者에게 點調査法과 Relaskop의 理解를 돕기 위하여 施行되었다. 또한 急速한 個人用 컴퓨터의 普及에 맞추어 收集된 資料를 손쉽게 分析할 수 있는 SAS program을 提示하고 簡單한 계산기를 利用한 分析 方法을 提案하였다.

II. 點調査法의 理論

點調査法에서 測定の 對象이 되는 林木의 選定은 標本點(Sampling Point)에서 對象 林木까지의 距離(R)와 그 林木의 直徑(D)이 複合的으로 作用하여 決定된다. 이러한 原理는 미리 面積의 크기를 정하여 設置된 plot 內의 6cm 以上の 모든 林木을 標本木으로 選定하여 測定하는 標本地 調査法과는 接近 方法이 다르다. 다시 말하여 點 調査法에서는 測定器具에 의하여 미리 固定된 角 α 에 의하여 標本點에서 全體 方向으로 모든 林木에 대하여 視準하여 林木의 直徑이 角 α 보다 크면 測定하고 α 보다 작으면 測定對象에서 除外하는 것이 가장 基本的인 原理이다(그림 1). 따라서 標本點別로 標本地의 크기가 미리 결정되는 것이 아니라 측정기구에 의하여 어떤 크기의 林木이 包攝되었으나에 따라서 標本點別로 표본지

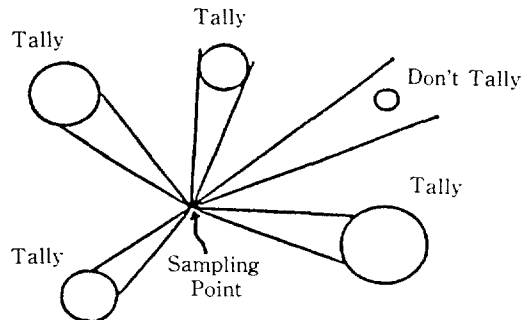


Fig. 1. Selection of trees in point sampling.

의 크기가 逆算되며 多樣한 標本強度를 나타내는 것이 特徵이다.

點調查法에서 다른 하나의 基本이 되는 概念은 測定器具에 의하여 包攝되는 個體 林木은 그 크기에 關係없이 같은 單位 面積 當 胸高斷面積을 割當하는 것이다. 이때 割當되는 胸高斷面積의 값을 胸高斷面積 定數(Basal Area Factor: BAF)라고 하며 이 값은 測定器具의 固定된 角 α 에 의하여 달라진다. 測定器具의 選擇에 따라서 약간의 差異는 있지만 一般的으로 BAF는 1, 2, 4m²가 있으며 BAF 값이 클수록 角 α 는 좁아진다. 따라서 미리 정한 BAF 값에 의하여 角 α 가 固定되면 林木이 包攝되느냐 아니냐는 그 林木의 直徑과 標本點까지의 距離에 의하여 決定된다. 따라서 BAF에 따라 直徑別로 包攝되어 測定林木으로 選擇될 수 있는 限界距離(Limiting Distance)를 計算할 必要가 있다.

1. 直徑과 距離의 關係

點調查法의 對象이 되는 林木의 直徑 D_i (cm)와 標本點으로 부터 그 林木까지의 距離 R_i (m)는 다음과 같은 關係를 갖는다.

$$R_i = c D_i \tag{1}$$

여기에서 c 는 採擇된 BAF에 의하여 달라지는 常數이다. 標本調查에 의하여 얻어진 값은 ha 單

位로 計算하는데 標本の 값을 ha 로 고쳐주기 위하여 곱해주는 값을 擴張定數(Expansion Factor: EF)라고 한다. 따라서 點調查法에서 EF는 包攝되는 林木이 갖는 假想的 標本地 面積(Plot Size)의 逆數에 의하여 決定된다. 이것을 式으로 表示하면 다음과 같다.

$$EF = \frac{1}{\text{Plot Size}} \tag{2}$$

또한 包攝되는 單木에 대하여 ha 單位로 一律的으로 割當되는 胸高斷面積 定數(BAF)와 그 單木의 胸高斷面積(ba)과의 關係는 $BAF = ba \times EF$ 이며 이 關係에 의하여 $EF = BAF/ba$ 임을 알 수 있다. 이것을 式(2)에 代入하면 點調查法에서 包攝되는 林木이 갖는 假想的 標本地的 面積은 ba/BAF 가 된다.

이 假想的 標本地가 半徑 R 을 가진다고 생각할 때 그 面積은 πR^2 이며 이것을 ha 로 나타내면 $\pi R^2/10000$ 이다. 여기서 R 대신에 式(1)의 cD 를 代入하면 $(\pi c^2 D^2/10000)$ ha 가 된다. 結果的으로 直徑과 그 林木과 標本點과의 距離의 關係를 나타내는 常數 c 는 다음과 같은 식에 의하여 誘導되어 진다.

$$\text{Plot Size} = \frac{(\pi D^2)/40000}{BAF} = \frac{\pi R^2}{10000} = \frac{\pi c^2 D^2}{10000} \tag{3}$$

이 式을 c 에 대하여 풀면 $c = 0.5 \sqrt{(1/BAF)}$ 이 된다. 따라서 BAF가 1, 2, 4m²일 때 c 는 각각

Table 1. Horizontal limiting distance by DBH class for BAF 1, 2, 4 m² in point sampling.

| DBH (cm) | Horizontal Limiting Distance(m) | | | DBH (cm) | Horizontal Limiting Distance(m) | | |
|----------|---------------------------------|---------|-------|----------|---------------------------------|---------|-------|
| | BAF 1 | BAF 2 | BAF 4 | | BAF 1 | BAF 2 | BAF 4 |
| 6 | 3 | 2.1213 | 1.5 | 44 | 22 | 15.5563 | 11.0 |
| 8 | 4 | 2.8284 | 2.0 | 46 | 23 | 16.2635 | 11.5 |
| 10 | 5 | 3.5355 | 2.5 | 48 | 24 | 16.9706 | 12.0 |
| 12 | 6 | 4.2426 | 3.0 | 50 | 25 | 17.6777 | 12.5 |
| 14 | 7 | 4.9497 | 3.5 | 52 | 26 | 18.3848 | 13.0 |
| 16 | 8 | 5.6569 | 4.0 | 54 | 27 | 19.0919 | 13.5 |
| 18 | 9 | 6.3640 | 4.5 | 56 | 28 | 19.7990 | 14.0 |
| 20 | 10 | 7.0711 | 5.0 | 58 | 29 | 20.5061 | 14.5 |
| 22 | 11 | 7.7782 | 5.5 | 60 | 30 | 21.2132 | 15.0 |
| 24 | 12 | 8.4853 | 6.0 | 62 | 31 | 21.9203 | 15.5 |
| 26 | 13 | 9.1924 | 6.6 | 64 | 32 | 22.6274 | 16.0 |
| 28 | 14 | 9.8995 | 7.0 | 66 | 33 | 23.3345 | 16.5 |
| 30 | 15 | 10.6066 | 7.5 | 68 | 34 | 24.0416 | 17.0 |
| 32 | 16 | 11.3137 | 8.0 | 70 | 35 | 24.7487 | 17.5 |
| 34 | 17 | 12.0208 | 8.5 | 72 | 36 | 25.4558 | 18.0 |
| 36 | 18 | 12.7279 | 9.0 | 74 | 37 | 26.1630 | 18.5 |
| 38 | 19 | 13.4350 | 9.5 | 76 | 38 | 26.8701 | 19.0 |
| 40 | 20 | 14.1421 | 10.0 | 78 | 39 | 27.5772 | 19.5 |
| 42 | 21 | 14.8492 | 10.5 | 80 | 40 | 28.2843 | 20.0 |

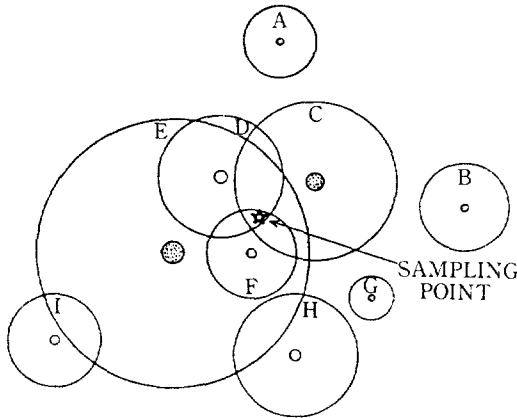


Fig. 2. Graph of imaginary zones proportional to stem basal area.

0.5, 0.3536, 0.25가 된다. 이 c의 값을 이용하여 BAF에 따른 직徑과 距離의 關係는 表 1에 있다. 이 表에 의하면 直徑이 20cm인 林木은 標本點으로부터 BAF를 1을 使用했을 경우에는 10m 이내에, 그리고 BAF 2에 대하여는 約 7.1 m 以內에, 그리고 BAF 4에서는 5m 以內에 있을 때 標本木으로 包攝됨을 알 수 있다. 그림 2는 林木의 直徑(또는 胸高斷面積)의 差異에 따른 假想的 標本地의 變化를 보여 주고 있으며 標本點이 各 林木의 假想的 標本地 內에 있을 때(임목 C, D, E, 그리고 F의 境遇) 標本木으로 包攝됨을 나타내고 있다.

2. 胸高斷面積의 計算

點調査法에서 使用된 器具에 의하여 包攝된 林木의 數는 직접 單位 面積 當 胸高斷面積의 計算에 쓰인다. 點調査法에서는 일단 包攝되어 測定된 林木은 그 크기에 關係없이 選擇된 BAF 만큼의 胸高斷面積이 割當되기 때문에 그 標本點에서 包攝된 林木의 數 n에 BAF를 곱한 것이 그 標本點에서의 ha 當 胸高斷面積이 된다. 따라서 對象 林分 全體에 대한 ha 當 胸高斷面積은 다음 의 式에 의하여 計算된다.

$$BA/ha = \left(\sum_{i=1}^p n_i/P \right) \times BAF \quad (4)$$

여기에서, BA/ha = ha 當 胸高斷面積,

n_i = i번째 標本點에서 包攝된 林木의 數,

p = 全體 林分에 配定된 標本點의 數,

BAF = 胸高斷面積 定數.

3. 生育 本數의 計算

點調査法에서의 單位 面積 當 生育 本數의 計算은 包攝되는 林木의 直徑에 따라서 달라지는 假想的 標本地의 面積과 關係된다. 앞에서 言及한 바와 같이 點調査法의 特徵은 距離를 固定시켰을 境遇에 直徑이 큰 林木이 直徑이 작은 林木에 비하여 標本으로 包攝될 確率이 크다. 이러한 點調査法의 大徑木 爲主의 測定 方法은 ha 當 生育 本數를 計算할 때 그 不公正性이 考慮되어진다. 卽, 直徑이 큰 林木은 直徑이 작은 林木에 비하여 더 큰 假想的 標本地를 가지므로 各各의 假想的 標本地를 1ha로 擴大하였을 境遇에는 包攝될 確率이 적은, 작은 林木은 일단 測定器具에 의하여 包攝되면 ha 當 많은 生育 本數를 割當받는다. 반면에 包攝될 確率이 큰, 直徑이 큰 林木은 비교적 큰 假想的 標本地를 가지며 이것을 1 ha의 面積으로 計算하면 작은 林木에 비하여 적은 數의 生育 本數를 割當받게 된다.

이러한 基本的인 概念에 의하여 各 直徑階別 生育 本數는 實際 그 林木의 斷面積(ba)과 包攝됨으로서 割當되는 斷面積인 BAF와의 比에 의한 逆算에 의하여 決定된다. 卽, 逆算되어 各 林木에 割當되는 生育 本數 n_i 는

$$n_i = (1/ba_i) \times BAF \quad (5)$$

에 의하여 計算되며 여기에서 ba_i 는 i번째 임목의 胸高斷面積을 말한다. 表 2에는 위의 式(5)에 의하여 各 直徑階別로 BAF에 따라서 逆算된 生育 本數가 나와 있다. 이러한 原理에 의하여 ha 當 生育 本數로 計算하기 위하여 各 直徑階別로 위의 式에 의하여 逆算한 後 이를 標本點別로 合하여 算術平均한 값이 最終的인 그 林分에서의 ha 當 本數가 된다. 이것을 式으로 나타내면 아래와 같다.

$$N/ha = \left[\sum_{i=1}^p (1/BA_i) / P \right] \times BAF \quad (6)$$

여기서 P는 全體 林分에 配定된 標本點의 數이고 N은 P개의 標本點에서 包攝되어 測定된 全體 林木의 數이다.

4. 材積의 計算

單木의 立木 材積은 그 林木의 胸高斷面積과 樹高, 그리고 胸高形數의 곱에 의하여 얻어진다.

Table 2. Number of trees computed by DBH class for BAF 1, 2, 4 m² in point sampling.

| DBH (cm) | Number of Trees | | | DBH (cm) | Number of Trees | | |
|-------------|-----------------|-------|-------|-------------|-----------------|-------|-------|
| | BAF 1 | BAF 2 | BAF 4 | | BAF 1 | BAF 2 | BAF 4 |
| 6 | 354 | 708 | 1415 | 44 | 7 | 13 | 26 |
| 8 | 199 | 398 | 796 | 46 | 6 | 12 | 24 |
| 10 | 127 | 255 | 510 | 48 | 6 | 11 | 22 |
| 12 | 88 | 177 | 354 | 50 | 5 | 10 | 20 |
| 14 | 65 | 130 | 260 | 52 | 5 | 9 | 19 |
| 16 | 50 | 100 | 199 | 54 | 4 | 9 | 17 |
| 18 | 39 | 79 | 157 | 56 | 4 | 8 | 16 |
| 20 | 32 | 64 | 127 | 58 | 4 | 8 | 15 |
| 22 | 26 | 53 | 105 | 60 | 4 | 7 | 14 |
| 24 | 22 | 44 | 88 | 62 | 3 | 7 | 13 |
| 26 | 19 | 38 | 75 | 64 | 3 | 6 | 12 |
| 28 | 16 | 32 | 65 | 66 | 3 | 6 | 12 |
| 30 | 14 | 28 | 57 | 68 | 3 | 6 | 11 |
| 32 | 12 | 25 | 50 | 70 | 3 | 5 | 10 |
| 34 | 11 | 22 | 44 | 72 | 2 | 5 | 10 |
| 36 | 10 | 20 | 29 | 74 | 2 | 5 | 9 |
| 38 | 9 | 18 | 35 | 76 | 2 | 4 | 9 |
| 40 | 8 | 16 | 32 | 78 | 2 | 4 | 8 |
| 42 | 7 | 14 | 29 | 80 | 2 | 4 | 8 |

이것을 單位 面積으로 擴大하여 ha 당 材積을 計算하면 다음과 같은 式을 適用한다.

$$V/ha = (\pi/40000) \times D_q^2 \times H_q \times N/ha \times f$$

$$= BA/ha \times H_q \times f \quad (7)$$

여기에서, V/ha = 對象 林分の ha 당 材積,

D_q = 對象 林分の 斷面積 平均木 直徑 (cm),

H_q = 對象 林分の 斷面積 平均木 樹高 (m),

N/ha = 對象 林分の ha 당 生育 本數,

f = 對象 林分の 胸高形數.

위의 式에서 斷面積 平均木 直徑 D_q 는 對象 林分の 平均 斷面積(Mean BA)을 갖는 林木의 直徑이다. 이때 平均 斷面積은 ha 당 斷面積(BA/ha)를 ha 당 總 生育 本數(N/ha)로 나누어 求하며 이 값을 單木의 斷面積을 구하는 式의 斷面積 대신에 代入하였을 境遇에 逆算되는 直徑이 斷面積 平均木 直徑이며 이를 式으로 나타내면 다음과 같다.

$$D_q = \sqrt{(40000/\pi) \times \text{Mean BA}} \quad (8)$$

또한 斷面積 平均木 樹高 H_q 는 式(8)에 의하여 얻어진 斷面積 平均木 直徑 D_q 를 一般의 使用되는 樹高-直徑 關係式 $\ln(H) = b_0 + b_1 D^{-1}$ 에서 回歸係數를 最小自乘法에 의하여 推定한 후 曲線化한 樹高 曲線式의 直徑 D 대신에 代入

했을 때의 樹高이다. 胸高形數는 樹種別, 直徑階別로 適用하는 것이 一般인데 우리나라는 몇 가지 主要 樹種에 대한 直徑別 胸高形數 資料가 있다(金 1985). 그러나 그밖의 樹種에 대하여는 林分の 斷面積 平均木의 形數를 利用하며 또한 多 樹種으로 된 林分으로 어떤 特定 樹種의 形數를 適用하기 어려운 境遇에는 그 林分の 骨格을 이루는 樹種의 斷面積 平均木으로 부터 얻어진 形數를 利用한다.

5. 標本點 數의 決定

點調查法에서 全體 調查 對象 林分에 대하여 몇 개의 標本點을 選定할 것인가는 이 標本調查의 推定 能力과 關聯지어 매우 重要하다. 그러나 點調查法에서는 標本地 調查法과는 달리 각 標本點에 대하여 미리 정해진 標本의 面積을 가지고 있지 않기 때문에 標本地 調查法에서와 같은 意味의 標本 強度(Sampling Intensity)의 概念을 導入할 수 없다. 다만 몇 개의 標本點이 必要한 가를 決定하기 위하여 먼저 豫備調查를 통하여 調查 對象 林分の 材積이나 斷面積의 變動係數(Coefficient of Variability; CV)와 미리 定한 平均値로 부터의 許容 誤差로 부터 統計的으로 標本點의 數를 決定할 수 있다(Snedecor와 Cochran 1980). 그러나 실제로 時間과 調查 豫

算 때문에 豫備調査를 實行하는 것은 많은 境遇에 있어서 어려운 것이 사실이고 어느 정도 經驗에 의하여 調査 對象 林分에 대한 標本點 數를 決定한다. Avery와 Burkhart(1983)에 의하면 人工林과 天然林의 境遇, 經驗적으로 各各 最小限 20개와 30개의 標本點을 設置하여야 하며 選定된 BAF에 따라서 標本點의 數를 柔軟하게 調整할 수 있다.

獨逸의 境遇에는 BAF 1m²를 使用할 때 調査 對象地의 面積의 크기에 따라서 ha 당 2-4개의 標本點을 採擇하고 있다(Prodan 1965). 또한 Baden-Württemberg 山林廳의 營林計劃을 위한 補助表(1966)에는 BAF에 따른 標本點의 數를 規定하고 있는데 1m²의 境遇에 ha 당 1.6-2개의 標本點을 配定하게 되어 있다. 이러한 事實은 獨逸이 적은 面積으로 된 林, 小班의 營林計劃을 위한 資料 收集과 分析을 考慮하여 ha 당 標本點의 數를 比較의 많이 配定하고 있는 것으로 判斷된다. 한편 우리나라는 林, 小班의 面積이 상당히 크며 境遇에 따라서는 小班의 크기가 100ha 程度되는 境遇도 있다. 따라서 小班別 營林計劃을 위하여 獨逸처럼 많은 수의 標本點을 配定할 必要가 없으며 經驗上 1ha 당 1개의 標本點씩 割當하고 또한 統計의 效率性을 考慮하여 30ha 이상의 大面積에 대하여는 30개의 標本點을 配定해도(山林廳 1990, 1991; 申等 1992) 充分한 것으로 생각된다.

III. Spiegel Relaskop의 構造와 使用法

點調査法에 使用되는 測定器機는 多樣하며 各 器機마다 長短點을 가지고 있다. 그 중에서 Spiegel Relaskop는 Wedge Prism이나 Angle Gauge 등의 다른 測定器機가 解決하지 못한 큰 長點을 가지고 있다. 이것은 山地의 傾斜에 대하여 器具 自體에서 水平距離로 換算해 준다는 것이다. 물론 이 기구는 相對的으로 價格이 비싸다는 點과 비오는 날이나 어두운 곳에서는 林木의 視準에 어려움이 있는 短點을 가지고 있다(Avery and Burkhart 1983). 그러나 이러한 短點에도 불구하고 우리나라의 山林 地帶와 같은 傾斜가 比較的 甚한 곳에서는 測定의 正確性을 위하여 Relaskop가 適合한 測定器機로 判斷된다.

1. 外形의 構造

Spiegel Relaskop의 外形의 構造는 機能에 따라서 7가지로 나뉜다(그림 3). 그림에서 A는 視野에 들어오는 모든 林木에 대하여 包攝이 되는 지를 判定하기 위하여 눈을 대고 視準하는 視孔이며 B는 林木 測定方向의 對象窓, C는 逆光線일 때 위, 아래로 움직여 視準을 容易하게 하는 測光裝置이다. 또한 D는 內部的 scale을 밝게 하여 쉽게 읽을 수 있도록 빛을 받아 들이는 採光窓이며 E는 器機 內部的 바퀴 回轉을 停止시키는 button으로서 누르면 回轉하고 놓으면 停止하는 장치이다. 이 button은 標本點에서 最初로 林木이 包攝되는 지를 確認하기 위하여 視準할 때 使用되며 傾斜를 考慮한 水平距離에 맞추어 멈추도록 製作되어 있다. F는 機械를 어깨에 메어 便利하게 가지고 다니기 위하여 가죽 belt를 걸 수 있는 구멍이며 G는 三脚臺를 부착시킬 수 있도록 단들어진 구멍으로 螺旋形으로 되어 있다.

2. 內部 構造와 測定方法

視孔인 A(그림 3)를 통하여 볼 수 있는 Spiegel Relaskop의 內部構造는 半으로 나뉘어진 上部와 下部로 構成되어 있다. 上半分을 통하여는 測定하고자 하는 林木을 볼 수 있으며 下半分에서는 검은색 배경에 흰 scale과 bar를 볼 수 있다. 이 두 半分은 橫線으로 나누어져 있는데 이 橫線에 닿은 scale을 읽게 되어 있다. scale은 地形에 따라서 上下로 움직이며 傾斜의 修正이 自動적으로 되도록 제작되어 그림 4에서 보는 바와 같이 양쪽 끝으로 갈수록 幅이 좁다.

그림 4에서 보면 제일 左側에 있는 白線帶가 水平距離 20m에서 樹高를 測定하는 scale이다.

- A : Eye window
- B : Wide angle exit window
- C : Tilttable sun shade
- D : Windows for admitting light to illuminate interior scales
- E : Pendulum brake on-off button
- F : Metallic ring for a leather strap to carry it on one's shoulder
- G : Threaded hole in base for attachment to tripod

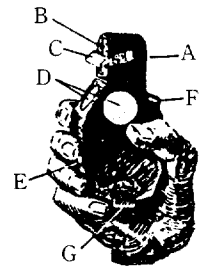


Fig. 3. The external structure of Spiegel Relaskop.

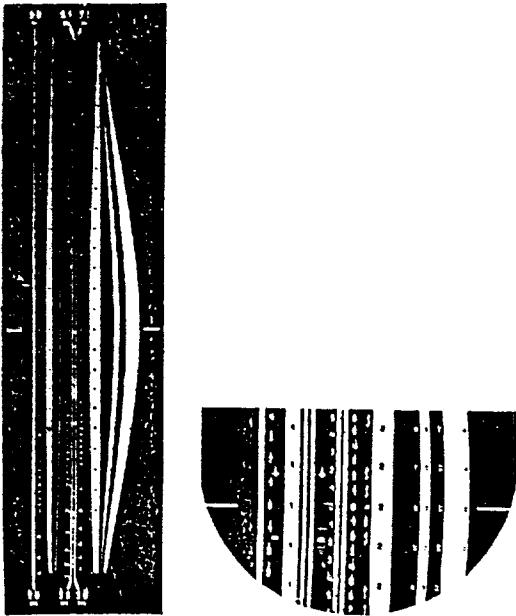


Fig. 4. Full length scale and partially expanded scale of Spiegel Relaskop.

그 다음의 白線帶에는 數字 1이 적혀 있는데 이것을 band 1이라고 하며 胸高斷面積 定數 1m²를 나타내는 것이다. 이 band에 의하여 林木이 包攝되는지를 判定하는데 上半分에 들어온 對象林木의 두께가 이 band보다 넓으면 包攝되어 그 林木의 크기에 關係없이 1m²의 斷面積이 割當되며 對象林木의 두께가 이 band보다 적으면 그 임목은 測定 대상에서 除外된다. 이 band 1의 右側에는 黑白의 좁은 線帶 4개가 交叉되어 있는데 이는 單木의 上部直徑을 測定하는데 使用된다. 또한 band 1과 右측의 좁은 黑白의 4개 band를 합한 두께는 BAF 4를 나타내는 band 4로서 만일 斷面積 定數를 4로 選擇하여 測定할 境遇, 이 band에 의하여 包攝되는 林木에 대하여는 그 크기에 關係없이 4m²의 斷面積이 割當된다. 이 scale의 中央에 있는 2개의 白線帶는 水平距離 25m와 30m에서 樹高를 測定하는 scale이다. 15m의 距離에서 수고를 測定하였을 境遇에는 30m scale 눈금의 半값을 취하면 된다. 그 右側의 白線帶에 있는 2는 斷面積 定數 2m²를 나타내는 것으로 band 2라고 하며 使用法은 band 1과 同一하다. 그 右側의 黑白으로 交叉하는 4개의 線帶는 水平距離를 測定하는 scale로서 그림 5에서 보는바와 같이 Relaskop를 直角으로

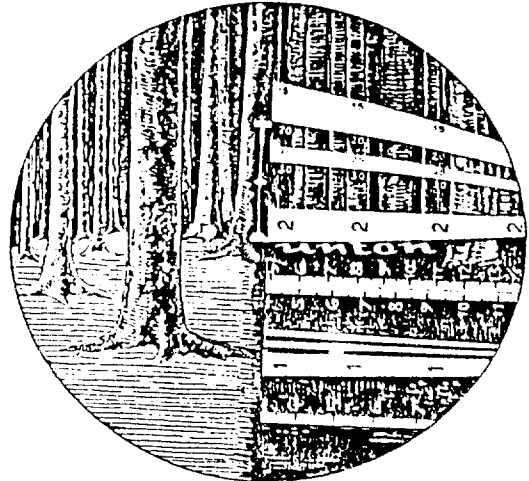


Fig. 5. Measurement of horizontal distance using Spiegel Relaskop.

돌려서 測定한다. Band 2의 바로 左側에 unton 이라고 쓰여 있는데 이것이 水平距離 測定의 基準線으로 그 위로 30, 25, 20, 15m의 水平距離 scale이 있다.

Relaskop는 一名 萬能 測定器機로서 以上の scale을 利用하여 多樣한 測定을 할 수 있다. 尹等(1986)은 Spiegel Relaskop를 利用하여 측정할 수 있는 9가지 項目의 測定法을 소개한 바 있다. 그러나 一般的인 點調査法에서 測定器機로서 Relaskop를 利用하는 가장 重要한 理由는 미리 정한 BAF를 가지고 band 1, 2 또는 4에 의하여 對象 林木이 標本으로 包攝되는나를 決定하는 문제이다. 그밖의 樹高나 上部直徑 等の 測定은 더 精密한 專門 測定器機를 利用하는 것이 바람직한 것으로 判斷된다.

IV. Spiegel Relaskop를 利用한 林分調査의 例

1. 材料 및 方法

最近 山林廳에서 遂行된 “國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究”(1990, 1991)의 林分調査는 Spiegel Relaskop를 利用한 點調査法에 의하여 이루어 졌다. 그중에서 人工 針葉樹林인 124 林班 바 小班과 天然 闊葉樹林인 123 林班 바 小班을 資料 收集과 分析 方法의 例로 삼았다. 本 研究의 資料로 選擇된 小班에 대하여 1989년도 作

成된 산림조사부에 의한 山林 現況을 보면 各各 11ha와 15ha의 面積을 가진 小班으로 人工林은 II 齡級の 낙엽송 林分이다. 또한 天然 林分은 多樹種 闊葉樹林으로 比較的 어린, 更新의 初期 段階에 있는 林分으로 判斷된다.

小班 單位로 林分 전체에 대한 측수학적인 把握과 아울러 構造的 파악을 위해 Bitterlich 法을 利用하였는데 各 小班에 15개와 20개의 標本點을 配定하였다. Spiegel Relaskop의 band 1(斷面積 定數 1)을 使用하여 標本點別로 包攝되는 各 林木에 대하여 樹種 이름과 아울러 運척으로 直徑을 測定한 後 2cm 間隔으로 정리하였다. 또한 林分의 垂直構造를 把握하기 위하여 各 標本點別로 直徑의 分布를 考慮하여 1本씩의 樹高를 測定하였다. 이와같이 標本點別로 收集된 資料를 利用하여 各 小班의 胸高 斷面積, ha 당 生育 本數, 直徑分布, 樹高曲線, 斷面積 平均木의 直徑과 樹高 그리고 材積을 推定하였는데 그 方法은 앞에서 言及한 點調査法의 理論에 根據하였다.

2. 分析 節次 및 結果

(1) 124 林班 바 小班

이 小班은 11ha의 面積에 人工 植栽된 II 齡급의 낙엽송 林分이다. 配定된 15個의 標本點別로 Relaskop에 의하여 包攝된 林木의 數는 表 3에 정리되어 있다. 15個의 標本點에서 總 192本이 包攝되었으며 斷面積 定數를 1을 使用하여 式(4)에 의한 ha 당 胸高斷面積은 $(192/15) \times 1m^2 = 12.8$

m^2 이다. 表에서 보는바와 같이 斷面積의 範圍는 9-17 m^2 이며 이 小班의 斷面積에 대한 標準偏差는 2.65 m^2 로서 變動 係數는 20.7%로 齡級林 特有的의 比較的 均一한 標本點別 斷面積을 보임을 알 수 있다. 이 小班의 直徑分布는 4-24cm의 範圍였고 包攝된 林木을 直徑階別로 정리한 資料는 表 4에 있고 이를 式(5)와 (6)에 의하여 ha 당 生育 本數로 정리한 것이 表 4의 下段에 있다. 이 小班은 831本の ha 당 生育本數를 가지고 直徑分布는 典型的인 영급림에서 볼 수 있는 正規 分布 形態의 構造를 보이고 있다(그림 6).

斷面積 平均木 直徑을 구하기 위한 平均 斷面

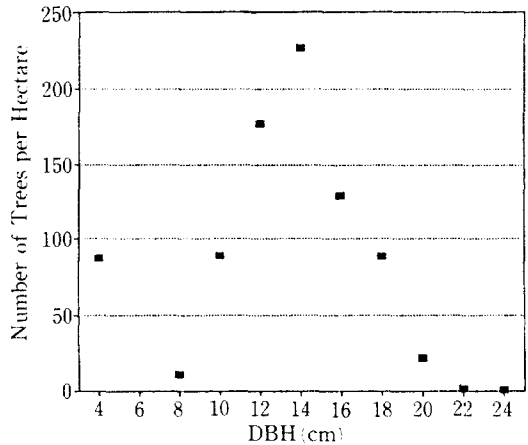


Fig. 6. Diameter distribution for subcompartment "Ba" of compartment 124.

Table 3. Frequency of trees tallied by sampling points in subcompartment "Ba" of compartment 124.

| Species | Sampling Point | | | | | | | | | | | | | | | Total |
|--------------------------------|----------------|----|---|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | |
| <i>Larix leptolepis</i> Gordon | 16 | 14 | 9 | 15 | 10 | 10 | 12 | 9 | 13 | 13 | 17 | 15 | 16 | 12 | 11 | 192 |

Table 4. Number of trees tallied and number of trees per hectare by DBH class in subcompartment "Ba" of compartment 124.

| Species | DBH (cm) | | | | | | | | | | | Total |
|--------------------------------|-------------------------|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|--|-------|
| | 4 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | | |
| <i>Larix leptolepis</i> Gordon | Number of Trees tallied | | | | | | | | | | | 192 |
| | 2 | 1 | 12 | 32 | 56 | 41 | 35 | 11 | 1 | 1 | | |
| <i>Larix leptolepis</i> Gordon | Number of Trees per ha | | | | | | | | | | | 831 |
| | 87 | 11 | 89 | 177 | 225 | 129 | 88 | 22 | 2 | 1 | | |

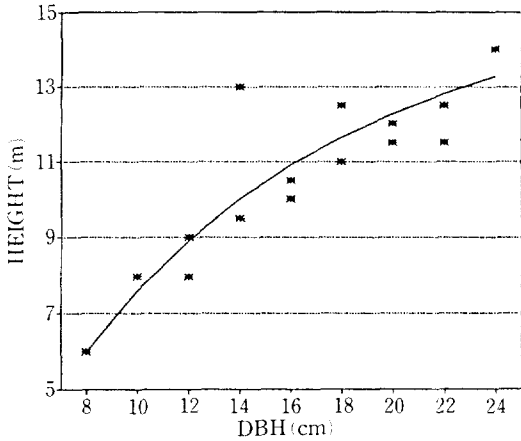


Fig. 7. Height curve for subcompartment "Ba" of compartment 124.

積은 12.8/831에 의하여 0.0154m²이며 이를 식 (8)에代入하면 斷面積 平均木 直徑은 14cm가 된다. 또한 15個의 標本點에서 各 1本씩 測定된 資料에 의한 樹高曲線式은 $HT=19.8e^{-9.566/DBH}$ (그림 7)으로 推定되며 이 樹高曲線式의 DBH 대신에 단면적 平均木 直徑인 14cm를 代入하여 얻어지는 斷面積 平均木 樹高는 10m이다. 結果的으로 이 小班의 ha 당 材積은 胸高形數로 0.4를 利用할 境遇 式(7)에 의하여 $12.8 \times 10 \times 0.4 = 51.2m^3$ 로 計算된다.

(2) 123 林班 마 小班

이 小班은 15ha의 面積을 가진 多樹種 天然 闊葉樹林으로 20個의 標本點을 配定하였다. 斷面積 定數 1m²의 band 1을 使用한 Relaskop에 의하여 包攝된 樹種은 總 17個이며 標本點別로 包攝된 樹種別 頻度는 表 5에 要約되어 있다. 먼저 全體 20개의 標本點에서 325本이 測定되어 ha 당 斷面積은 $325/20=16.25m^2$ 임을 알 수 있다. 標本點別 斷面積의 變異의 幅은 12-23m²이며 標準 偏差는 2.97m²로 計算되었다. 따라서 變動係數 $CV=(2.97/16.25) \times 100=18.3\%$ 로 標本點別로 尙당히 均一한 分布를 보이고 있음을 알 수 있다. 卽, 이 小班에 대하여 1 ha 당 約 1.3個의 標本點을 配定하였는데 一般的인 林分調査에서의 變動係數의 許容 限界를 20-60%로 볼 때 1ha 당 1個의 標本點이면 充分할 것으로 判斷된다. 表 5에서 보면 出現頻도가 높은 樹種으로는 新갈나무, 물푸레나무, 마가목 그리고 다릅나무 등임을 알 수 있다. 특히 新갈나무는 標本點 4를 除外한 全 標本點에 出現하여 이 小班의 主軸을 이루는 樹種임을 알 수 있다.

이 林分의 直徑은 6-50cm의 分布를 보이고 있다. 전체 20개 標本點에서 包攝된 林木을 樹種別, 直徑階別로 정리한 표 6을 보면 新갈나무가 거의 全 直徑에서 分布하고 있어 이 林分의 骨格

Table 5. Frequency of trees species tallied by sampling points in subcompartment "Ma" of compartment 123.

| Species | Sampling Points | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total |
|--|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| <i>Quercus mongolica</i> Fisch. | 13 | 10 | 7 | | 5 | 7 | 2 | 14 | 1 | 3 | 14 | 6 | 14 | 18 | 15 | 6 | 21 | 12 | 15 | 20 | 203 |
| <i>Tilia amurensis</i> Rupr. | | | | | | | | 4 | | | | | | | | 4 | 2 | | 1 | | 11 |
| <i>Sorbus commixta</i> Hedl. | | | 1 | 3 | 2 | 2 | | 2 | 1 | 2 | 2 | | 3 | | | 1 | | | | | 19 |
| <i>Acer mono</i> Max. | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Acer palmatum</i> Thunb. | | | | | 6 | | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | | 9 |
| <i>Kalopanax pictus</i> Nakai | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 |
| <i>Prunus sargentii</i> Rehder | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Fraxinus mandshurica</i> Ruph. | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Ulmus japonica</i> Nak. | | | 3 | 1 | 2 | 5 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| <i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance | 2 | 1 | 1 | | | | 4 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | | | | | | | | | 22 |
| <i>Malus sieboldii</i> Rehder | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | 1 | | 3 |
| <i>Potamogeton distinctus</i> A. Benn. | | | | | | | | 2 | | 4 | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | 11 |
| <i>Pinus densiflora</i> S. et Z. | | | | | | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | 3 |
| <i>Maackia amurensis</i> Rupr. et Max. | | | | | 2 | 1 | 1 | 2 | | 3 | 4 | 2 | | | | 1 | | | | | 16 |
| <i>Phellodendron amurense</i> Rupr. | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Morus bombycis</i> Koidz. | | | | | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| <i>Populus davidiana</i> Dode | | | | | | | | | | 2 | 1 | 1 | | | | | | | | 2 | 6 |
| Total | 16 | 15 | 16 | 13 | 17 | 16 | 14 | 17 | 15 | 18 | 19 | 15 | 14 | 18 | 16 | 12 | 23 | 13 | 16 | 22 | 325 |

Table 6. Number of trees per hectare and frequency of trees tallied from 20 sampling points by DBH class and species and in subcompartment "Ma" of compartment 123.

| Species | DBH (cm) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Total | |
|---|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | | 50 |
| Number of Trees tallied from 20 sampling points | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Quercus mongolica</i> Fisch. | | | 4 | 6 | 15 | 18 | 22 | 17 | 25 | 32 | 19 | 11 | 9 | 11 | 3 | 1 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 203 |
| <i>Tilia amurensis</i> Rupr. | 1 | | | | 1 | | 2 | 3 | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | | 11 |
| <i>Sorbus commixta</i> Hedl. | | | | 3 | 6 | 2 | 3 | 2 | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | 19 |
| <i>Acer mono</i> Max. | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Acer palmatum</i> Thunb. | 1 | 1 | 2 | | | 1 | 3 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 9 |
| <i>Kalopanax pictus</i> Nakai | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Prunus argentii</i> Rehder | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Fraxinus mandshurica</i> Ruph. | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Ulmus japonica</i> Nak. | | | | 1 | 2 | | 1 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | 2 | | | | | 12 |
| <i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance | | | 4 | 4 | 5 | 2 | 1 | 2 | 1 | 3 | | | | | | | | | | | | 22 |
| <i>Malus sieboldii</i> Rehder | | | | | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| <i>Potamogeton distinctus</i> A. Benn. | | | | 1 | | | 2 | 2 | 4 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 11 |
| <i>Pinus densiflora</i> S. et Z. | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | 3 |
| <i>Maackia amurensis</i> Rupr. et Max. | | | | 3 | 5 | 4 | 1 | 2 | | | 1 | | | | | | | | | | | 16 |
| <i>Phellodendron amurense</i> Rupr. | | | | | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Morus bombycis</i> Koidz. | | 1 | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| <i>Populus davidiana</i> Dode | | | | | | | | | | 1 | | | | 3 | 1 | 1 | | | | | | 6 |
| Total | 2 | 10 | 20 | 35 | 27 | 39 | 32 | 37 | 40 | 24 | 12 | 10 | 17 | 4 | 3 | 4 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 325 |
| Number of Trees per Hectare | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Quercus mongolica</i> Fisch. | | | 36 | 37 | 62 | 56 | 52 | 31 | 38 | 41 | 20 | 10 | 7 | 8 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 407 |
| <i>Tilia amurensis</i> Rupr. | 13 | | | | 4 | | 4 | 6 | 1 | 1 | | 1 | | 1 | | | | | | | | 31 |
| <i>Sorbus commixta</i> Hedl. | | | | 17 | 24 | 6 | 7 | 4 | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | 62 |
| <i>Acer mono</i> Max. | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Acer palmatum</i> Thunb. | 13 | 8 | 12 | | | 3 | 7 | 2 | | | | | | | | | | | | | | 46 |
| <i>Kalopanax pictus</i> Nakai | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | | 2 |
| <i>Prunus argentii</i> Rehder | | | | | | | 2 | | | | | | 1 | | | | | | | | | 3 |
| <i>Fraxinus mandshurica</i> Ruph. | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 1 |
| <i>Ulmus japonica</i> Nak. | | | | 5 | 8 | | 2 | 3 | 3 | 2 | | | | | | | 1 | | | | | 24 |
| <i>Fraxinus rhynchophylla</i> Hance | | | 34 | 25 | 21 | 6 | 3 | 4 | 1 | 4 | | | | | | | | | | | | 98 |
| <i>Malus sieboldii</i> Rehder | | | | | 4 | | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| <i>Potamogeton distinctus</i> A. Benn. | | | | 5 | | | 5 | 4 | 6 | 1 | | | | 1 | | | | | | | | 22 |
| <i>Pinus densiflora</i> S. et Z. | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | | | | 1 | 3 |
| <i>Maackia amurensis</i> Rupr. et Max. | | | | 18 | 20 | 11 | 2 | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | | 54 |
| <i>Phellodendron amurense</i> Rupr. | | | | | | | | | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | 3 |
| <i>Morus bombycis</i> Koidz. | | 8 | | | | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | 12 |
| <i>Populus davidiana</i> Dode | | | | | | | | | | 1 | | | | 2 | 1 | 1 | | | | | | 5 |
| Total | 26 | 86 | 119 | 143 | 82 | 90 | 59 | 57 | 50 | 25 | 11 | 8 | 13 | 3 | 3 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 783 |

을 이루는 樹種임을 確認하고 있다. 또한 表 6의 下段은 이 資料를 式(5)와 (6)을 利用하여 ha 당 生育 本數로 換算한 것이다. 이 小班은 ha 당 783本이 分布되어 있으며 直徑分布는 天然林 特有의 指數 減少型 分布를 보일 것으로 豫想되었으나 6cm와 8cm의 直徑에서 本數가 적게 測定되어 全體的으로 老齡의 齡級林에서 볼 수 있는 分布의 形態를 보이고 있다(그림 8). 만일 10cm 以上の 直徑分布만을 考慮한다면 天然林 特有의 指數 減少型 分布로 생각되지만 이러한 特異한 分布를 보이는 理由를 2가지로 생각해 볼 수 있

다. 먼저 測定器機인 Spiegel Relaskop는 작은 林木에 대한 包攝 能力이 不足하여 작은 直徑의 本數를 過小 推定할 수도 있고 다른 하나는 그림 8에서 보듯이 30cm 까지의 分布는 結果的으로 傘伐을 施行한 後에 점별이 이루어지지 않은 過程에서의 林分構造 形態와 類似한 것으로 보이나 現在로서는 그 理由가 確實하지 않다.

이 小班의 平均 斷面積은 $16.25/783=0.0208$ m²이며 斷面積 平均木 直徑은 式(8)에 의하여 16.3cm로 計算된다. 이 小班의 20個 標本點에서 1 本씩 測定된 樹高 資料에 의한 樹高 曲線式은

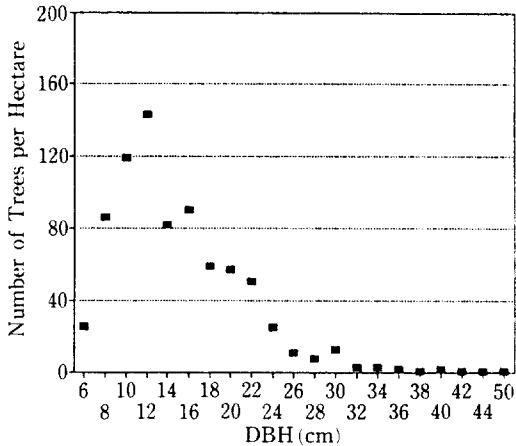


Fig. 8. Diameter distribution for subcompartment "Ma" of compartment 123.

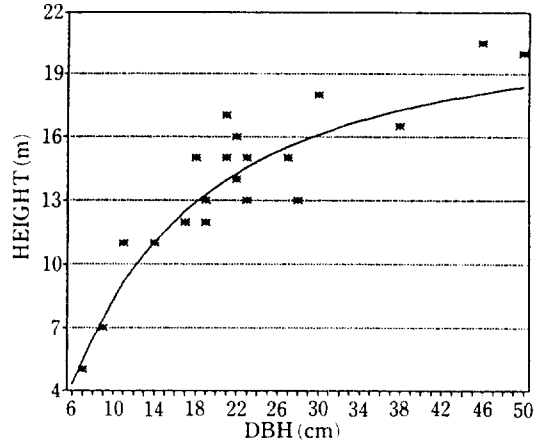


Fig. 9. Height curve for subcompartment "Ma" of compartment 123.

HT=22.4e^{-9.9365/DBH}로 推定되었다(그림 9). 이 식에서 DBH 대신에 斷面積 平均木 直徑인 16.3 cm를 代入하면 斷面積 平均木 樹高는 12.2m로 計算된다. 따라서 이 小班이 多樹種 임을 감안하여 胸高形數를 0.4로 下向 調整할 때 ha 당 材積은 식 (7)에 의하여 79.3m³가 된다.

(3) PC SAS와 계산기를 利用한 資料의 分析
點調査法에 의하여 收集된 資料分析의 理論的 根據와 그 方法에 대하여 앞에서 言及한 바 있다. 林分調査에서 必要한 項目의 分析方法을 式 (4)에서 (8)까지 提示하였기 때문에 전자 計算기를 利用하여도 손쉽게 分析할 수 있을 것으로 보인다. 앞에서 例를 들었던 123 林班 小 班은 20個 標本點으로 부터 325本의 林木이 包攝, 測定되었는데 表 6의 上段과 같이 直徑別로 包攝된 林木을 정리한 後 單木의 斷面積을 計算하고 式

(5)에 의하여 生育 本數를 計算하는 순서로 정리하여 表 6의 下段과 같이 ha 당 本數를 계산하고 斷面積 平均木의 直徑과 樹高를 求하여 材積을 計算할 수 있다. 그러나 계산기 使用의 문제는 林分調査로 부터 얻어지는 資料가 대부분 粗大하기 때문에 計算 時間이 오래 걸리고 境遇에 따라서는 큰 誤差(round-off error)를 가질 수 있다는 點이다.

이러한 어려움은 最近 손쉽게 接近할 수 있는 개인용 컴퓨터에 의하여 解決할 수 있다. 林分調査 資料는 FORTRAN과 같은 프로그래밍 언어를 利用하여 分析이 可能한데 이를 위하여는 언어에 대한 상당한 知識이 必要하다. 반면 統計分析을 위한 個人 컴퓨터용 software인 SAS (Statistical Analysis System; SAS Institute Inc. 1985)는 훨씬 多樣한 分析을 손쉽게 할 수

Table 7. A SAS program for the analysis of data obtained by point sampling technique using Spiegel Relaskop.

```

1. OPTIONS PS=55 ;
   /* 분석 결과를 한 장에 55줄까지 인쇄할 수 있도록 지정한 옵션 */
2. FILENAME IN 'A : \DBH.DAT' ;
   /* A DRIVE에 DBH.DAT으로 저장되어 있는 DATA FILE을 불러서 읽는다 */
3. DATA A ; INFILE IN ;
   /* 위에서 부른 DATA FILE을 새로운 DATA SET인 A에 저장 */
4. INPUT COMP SUBCOMP POINT SPECIES DBH ;
   /* DATA SET A의 변수 이름을 지정한다. 즉 DATA SET A는 일반(COMP), 소반(SUBCOMP),
   표본점(POINT), 수종(SPECIES), 직경(DBH)의 순으로 자료가 정리되어 있음을 말함 */
5. DATA B ; SET A ;
   /* DATA SET A의 자료를 새로운 DATA SET인 B에 복사하여 만든다 */
6. BA=(3.14/40000)*DBH*DBH ;
   /* 흉고단면적을 계산하여 새로운 변수 BA에 저장 */
    
```

```

7. TPH=1/BA ;
/* 위에서 계산된 단면적에 의하여 ha 당 본수를 계산한 후 TPA에 저장*/
8. TPH=ROUND(TPH, 1) ;
/* 소숫점으로 계산된 ha 당 본수를 정수로 반올림한다*/
9. DBH=DBH-1 ; DBH=ROUND(DBH, 2) ;
/* 조사, 측정된 흉고직경 자료를 2cm 괄약으로 정리*/
10. PROC TABULATE DATA=B ;
11. CLASS SPECIES DBH ; VAR TPH ;
12. TABLE SPECIES ALL, (DBH ALL) *TPH*(N SUM) ;
13. RUN ;
/* 전체 자료에 대하여 수종별, 직경별로 포섭되어 측정된 임목의 수와 ha 당 본수를 계산하여 표로 만든다*/
14. PROC TABULATE DATA=B ; BY POINT ;
15. CLASS SPECIES DBH ; VAR TPH ;
16. TABLE SPECIES ALL, (DBH ALL) *TPH*(N SUM) ;
17. RUN ;
/* 위와 같은 표를 표본점별로 계산하여 만든다*/
18. PROC MEANS DATA=B ; NOPRINT N MIN MAX MEAN SUM ; VAR DBH BA TPH ; BY POINT ;
19. OUTPUT OUT=C N=N MEAN=DBHMEAN BAMEAN TPHMEAN SUM=DBHSUM BASUM TPHSUM ;
/* 변수 흉고직경, 단면적, 본수에 대한 빈도, 최소, 최대, 평균, 합계를 표본점 별로 계산하지만 그 결과를 출력시키지는 않고 다만 이 3 변수에 대한 빈도, 평균, 합계를 새로운 이름 N, DBHMEAN, BAMEAN, TPHMEAN, DBHSUM, BASUM, TPHSUM 등으로 DATA SET C에 저장한다*/
20. DATA D ; SET C ;
21. BABAR=N/TPHSUM ; DBHQ=SQRT(BABAR*40000/3.14) ;
/* DATA SET C의 내용을 새로운 DATA SET D에 저장한 후 표본점별 평균단면적과 단면적 평균목 직경을 계산한다*/
22. PROC MEANS DATA=D ; VAR DBHQ ;
23. OUTPUT OUT=E MEAN=QUADDBH ;
/* 임분 단면적 평균목 직경이 변수 QUADDBH에 의하여 계산된다*/
24. FILENAME IN1 'A : \HT.DAT' ;
25. DATA F ; INFILE IN1 ;
26. INPUT COMP SUBCOMP POINT DBH HT ;
/* 수고분석을 위하여 수고자료가 수록되어 있는 A DRIVE의 HT.DAT FILE을 불러 와서 DATA SET F에 수록한 후 그 DATA SET의 내용을 지정한다*/
27. DATA G ; SET F ;
28. LNHT=LOG(HT) ; INVD=1/DBH ;
29. PROC REG DATA=G ; OUTEST=H ;
30. MODEL LNHT=INVD ;
31. RUN ;
/* DATA SET F의 내용을 새로운 DATA SET G에 수록한 후 ln(HT)와 DBH-1의 변수를 각각 LNHT와 INVD의 이름으로 만든다. 직선화된 ln(HT)=b0+b1 DBH-1의 수고식을 최소자승법에 의하여 계수를 추정한 후 그 결과를 H에 저장한다*/
32. DATA I ; SET H E ;
33. QUADHT=EXP(INTERCEPT) *EXP(INVD/QUADDBH) ;
34. PROC PRINT DATA=I ; VAR QUADHT ;
35. RUN ;
/* 단면적 평균목 수고를 계산하여 출력시킨다*/
36. DATA J ; SET C I ;
37. F=0.4 ;
38. V=N*QUADHT*F ;
39. PROC PRINT ; VAR V N ;
40. RUN ;
/* ha 당 재적을 계산한 후 ha 당 단면적과 함께 그 결과를 출력한다*/

```

있기 때문에 點調査法에 의한 林分調査 資料의 分析에 適合한 것으로 判斷된다. 表 7은 123 林班 或 小班의 分析이 可能한 SAS program의 簡單한 例이다. 表에서 보면 번호 옆의 景文이 프로그램이고 그 밑에는 설명이 있다. SAS에서의 data는 program 내에 삽입하여도 되고 data file을 따로 만들어도 상관없으나 123 林班 或 小班과 같이 325본의 임목으로 부터 325 line의 data가 들어갈 경우에는 data만을 위한 file을 따로 만들어서 program에서 불러서 使用하는 것이 바람직하다.

V. 結 論

林分調査에 使用되는 標本調査의 目的은 限定된 時間과 經費를 가지고 母集團을 可能하면 精確하게 推定하는데 있다. 이를 위하여는 適合한 調査法을 選擇하여야 하는데 특히 營林計劃을 위한 林分調査의 對象이 大面積일 境遇에 一般적으로 使用하고 있는 標本地 調査法은 標本強度와 關聯하여 精確한 推定을 하기에는 여러가지 어려움이 따르는 것이 事實이다. 따라서 本 研究는 標本地를 設置하여 林木을 測定하는 調査法의 問題點을 어느 정도 解決해 줄 수 있을 것으로 判斷되는 하나의 代案으로서 點調査法 理論과 測定器機인 Spiegel Relaskop의 使用法 그리고 實際 林分調査의 例와 分析 方法을 提示함으로서 林分調査에 從事하는 林業人의 理解를 돕기 위하여 施行되었다.

點調査法의 理論과 收集된 資料의 分析方法은 林業 技能人이 實務에서 直接 適用할 수 있도록 완전히 理解하기에는 比較的 어려운 것이 사실이다. 또한 Relaskop의 使用 方法도 반복연습을 통하여 熟達하는 것이 必要할 것으로 보인다. 따라서 앞으로 實際의인 使用를 통하여 目標한 成果를 얻기 위하여는 實務 次元의 教育이 必要할 것으로 判斷된다. 한편 點調査法이 實務의인 次元에서 標本地 調査法보다 더 效率性을 갖는지에 대한 研究, 그리고 우리나라 實情에 맞는 ha 당 標本點의 數는 몇개가 適合한지에 대한 研究 등이 앞으로 必要할 것으로 생각된다. 이 調査法의

理論上的 어려움을 克服하고 實務에서 普遍的으로 使用되기 위하여는 外國의 境遇처럼 林分調査 分析 專用의 개인용 컴퓨터를 위한 software의 開發이 時急한 實情이다.

VI. 引用 文 獻

1. Avery, T.E. and H.E. Burkhardt. 1983. Forest measurements. McGraw-Hill Book Co. 331pp.
2. Beers, T.W. and C.I. Miller. 1964. Point sampling: Research results-theory and applications. Purdue Univ. Research Bulletin No. 786. 54pp.
3. Bitterlich, W. 1947. Measurement of basal area per hectare by means of angle measurement. Allg. Forst. Holzwirtschaft. Ztg. 58: 94-96.
4. 金甲德. 1962. 비타릿히氏법에 對하여(1). 서울대 農大 演習林 報告 2: 15-18.
5. 金甲德. 1963. 비타릿히氏법에 對하여. 서울대 論文集(生農系) 13: 37-52.
6. 金甲德. 1985. 森林測定學. 鄉文社. 275pp.
7. Landesforstverwaltung Baden-Württemberg. 1966. Hilfstabellen für die forste-inrichtung. Teil II. 163pp.
8. Prodan, M. 1965. Holzmesslehre. J.D. Sauerlander's Verlag Frankfurt am Main. 644pp.
9. 山林廳. 1990. 國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究 報告書(I). 210pp.
10. 山林廳. 1991. 國有林 經營 現代化 產學 協同 實演 研究 報告書(II). 371pp.
11. SAS Institute Inc. 1985. SAS user's guide: Statistics. Ver. 5. 956pp.
12. Snedecor, G.W. and W.G. Cochran. 1980. Statistical methods. The Iowa State Univ. Press. 507pp.
13. 申萬鏞·林柱勳·全瑛宇·高永宙. 1992. 신갈나무-전나무 天然 混濶林分의 更新 및 撫育方法. I. 林分構造와 作業種. 韓林誌 81(1): 21-29.
14. 尹種和·崔晶棋. 1986. Relaskop의 理論과 實際. 江原大 演習林研究報告 6: 41-61.