赤松林에 있어서의 成長因子間의 相關

서울大學校 農科大學

任 慶 彬　朴 明 圭

Relation between crown-length, tree-height, diameter Clear-bale length and the longest branch length in a Pinus densiflora stand

College of Agriculture, Seoul National University

Yim, Kyong Bin, and Pack, Myong Kyu

1. 緖　言

우리나라의 成熟赤松林은 점점 伐採되고 또 病虫害등으로 말미아마 蓄積이 減少되어가고 있다. 赤松에대해서는 植栽造林이 거의 實施되지 않고 있으며 天然生의 幼齡林을 보면 樹型이 大體로 不良하고 成長이 不振한 狀態에 놓여 있는 것이 많다. 우리들은 全南 光陽郡 鳳岡面 烏嶺里에 所在하는 서울大學校 農科大學 附屬 演習林중 天然生赤松林이 皆伐施業되는 機會를 얻어 伐採林木의 各成長因子를 精密히 測定할 수 있었다. 이와 같은 測定資料를 基礎로 해서 該赤松林分을 構成하는 林木의 成長相關을 分析하였다. 이러한 成長因子의 相關分析은 이후 우리가 造成한 赤松林의 成長狀態등을 檢討하는데 도움이 될 수 있다.

一般的으로 樹冠占領面積이 크면 樹幹은 굵은 相關關係가 있는 것인데 이것은 林分經營의 後期에 오는 間伐作業을 通해서 材積成長을 促進시키는 理由의 하나가 되어 왔다. 光陵試驗林의 赤松林分을 資料로 해서 樹冠의 크기와 樹幹成長量關係를 調査한 Ohira(1936)의 結果를 보면 樹葉量과 樹幹成長量과의 사이에는 比較的 높은 相關이 있다. 樹冠表面積과 樹幹成長量 사이에도 相關이 있으나 樹木個體에 따른 變異가 심했다. 즉 그는 $Y=1.48+0.13X$, 단 Y=幹材積 成長量(dm^3) X=樹葉量(kg), 라는 直線式을 얻고 있다.

이와같은 觀察에 반해서 Reukerma(1961, 1964)는 Douglas-fir 50年生 林分에 있어서 間伐한뒤 數年間은 樹冠의 擴張은 되지 않았고 오히려 樹幹의 直徑成長은 促進되었다는 事實에 비추어 間伐後의 樹冠의 擴張이 반드시 樹幹成長量에 이바지하는 重要因子가 될수 없다고 하고 間伐로서 通氣가 잘되고 根系間의 競爭이 緩和되고 또 樹冠長의 增加로서 材積成長이 더 招來되는 것이라고 說明하고 있다. 이와같이 各成長因子間의 相關에 대해서는 사람에 따라 多少 見解를 다르게하고 있고 樹種에 따라 其傾向이 또한 一定하지 않다. Bannister(1952)는 New Zealand의 Pinus radiata의 成長樣式中 分枝性에 대해서 變異를 分析하고 있다. Yim(1962)은 江原道產赤松林分의 成長을 分析하는데 있어서 直徑과 胸高直徑의 相關을 調査하고 그 經營技術的意義를 說明한 바 있다.

2. 調査方法

本調査가 實施된 곳의 地況은 標高 약 600m, 東南向의 急傾斜의 壤土로서 深度는 中인 편이고 土壤水分은 普通이고 地位는 大體로 中이라고 推定되는 地帶이다. 溫帶南部에 位置하고 소나무의 天然林相이 上層植生으로서 좋은 蓄積을 보이고 있는 곳이나 곳곳 人爲的인 被害로 말미암아 林相이 파괴되었다. 下層植生으로서는 졸참나무를 비롯해서 모안목 등의 濶葉樹가 生育하고 있으며 上層植生이 파괴된 곳은 점차 濶葉樹林이 侵入해오고 있다.

皆伐作業地에 있어서 0.2ha의 調査地를 選拔하고 調査地內의 全林木 140本을 伐採한뒤 樹高, 胸高, 直徑, 底部直徑, 枝下高, 樹冠高, 力枝長을 測定하였다. 胸高直徑은 地上 1.2m의 곳 底部直徑은 地上 0.2m의 곳을 말하며 두 方向의 測定値를 平均해서 分析에 使用했다.

成長量을 알기 위해서는 被壓木, 中間木優勢木으로 區分하고 各二本 合計 6本의 test tree를 얻어 樹幹析解를 하였다. (Fig. 2)

3. 調査結果 및 討議

A. 各成長因子間의 相關關係

(1) 樹冠長과 樹高와의 相關

140本의 測定値에 대한 相關表를 다음에 든다.

(Tab. 1)

여기에 있어서 相關係數가 0.821로 計算되었고 有意的인 水準으로서 樹冠高와 樹高사이에 相關關係가 存在함을 알수 있었다. Stoeckeler와 Olsen(1957)은 jack pine의 林分에 있어서 樹冠長이 直徑成長에 미치는 영향을 說明하고 있다. 그는 相關係數 r=0.836을 얻고 y=−0.2030+0.0301X−0.0002X이라는 直徑成長과 樹冠長比(全樹高에 대한) 사이의 方程式을 計算하고 있다. 樹冠型이란 것은 林分의 密度와 밀접한 關係를 가지고 있음은 周知의 事實이다. 樹冠長 즉 樹冠型은 樹幹型에 미치는 영향이 크다. 그래서 樹冠長을 어느정도로 維持할 것인가하는 問題는 間伐에 있어서 考慮되는 技術의 하나이다. Larson (1963)은 林分의 密度와 樹冠長과의 關係, 그리고 樹冠과 樹幹사이의 關係를 說明하고 있다. Labyak

Tab. 1 The correlation table between the crown length and tree height

Tree height (m) \ Crown length (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	fY	Σxi	YΣx
5	2	2								4	6	30
6	5	5								10	15	90
7		4	3							7	17	119
8		6	10							16	42	336
9		7	7	2						16	43	387
10		5	12	6		2	1			26	89	890
11		1	6	7	4					18	68	748
12				4	9					13	61	732
13			1	3	5	4				13	64	756
14				1	1	5	1	1		9	54	330
15					2	2				4	22	512
16							2		2	4	32	
fx	7	30	39	23	21	13	4	1	2	140	513	
ΣYi	40	240	363	256	261	172	56	14	32	1,434		
XΣY	40	480	1,089	1,024	1,305	1,032	392	112	288			5,762

$$Sy^2=\frac{\Sigma fy^2-(\Sigma fy)^2/N}{N-1}=6.97 \qquad Sx^2=\frac{\Sigma fx^2-(\Sigma fx)^2/N}{N-1}=2.74$$

$$b=\frac{\Sigma xy-\frac{\Sigma fx\cdot\Sigma fy}{N}}{\Sigma fx^2-\frac{(\Sigma+x)^2}{N}}=\frac{5,762-\frac{(513)(1,434)}{140}}{2,261-\frac{(513)^2}{140}} \qquad r=\frac{bSx}{Sy}=0.821$$

와 Schumache(1954)도 樹冠長比가 樹幹의 材積成長에 미치는 영향을 分析하였는데 樹冠長이 林業經營에 있어서 重要한 技術適用의 한根據를 주고 있음은 事實이다.

(2) 胸高直徑과 底部直徑과의 相關

底部直徑을 가지고 胸高直徑을 推定하고저 할때가 있다. 이곳 相關分析의 結果를 보면 그間에 매우 높은 有意的關係를 볼 수 있다. (r=0.961). (Tab. 2)

Bones(1960)는 Ponderosa pine 7種의 美國産 經濟樹種에 대해서 底部直徑과 胸高直徑의 相關을 分析하였는데 모두 直線的關係가 있었다. 그와같은 傾向은 이곳 赤松林分에서도 發見되었는데 다음그림이 보이듯이 底部直徑(X軸 cm)과 胸高直徑(Y軸 cm)은 直線的關係에 있다. 胸高直徑對 底部直徑의 比를 各 底部直徑水準에 있어서 計算된것을 同一한 그림에 圖示하였는데 平均比를 0.88로 보아서 좋다. (Fig. 1) 이것은 底部直徑을 가지고 充分한 信賴性밑에 胸高直徑을 推定할 수 있다는 것이다. 자연 盜伐등으로 底部直徑만이 測定될 수 있을때 우리는 곧 胸高直徑을 計算할 수 있고 胸高對 樹高曲線이 주어진다면 곧

Tab. 2 The correlation table between the diameter at base and D.B.H.

D. B. H (cm) \ diameter at base (cm)	13	16	15	22	25	28	31	34	37	40	43	46	fy	Σxi	yΣx1
cm 10	4												4	52	520
13	5	9	3										17	266	3,458
16		4	11	1									16	295	4,720
19			8	8	7								23	503	9,557
22				4	15	6	1						26	662	14,564
25					5	11	7						23	650	16,250
28							4	2					6	192	5,376
31							3	8	4				15	513	15,903
34								1	2	2			5	188	6,392
37										1	1	1	3	129	4,773
40										1	1		2	83	3,320
fx	9	13	22	13	27	17	15	11	6	4	2	1	140	3,533	
Σyi	105	181	267	256	588	407	402	338	192	145	77	37	3,095		
xΣy	1,365	2,896	6,973	5,632	14,700	11,396	12,462	11,492	7,104	5,800	3,311	1,702			84,833

Sy=6.79 Sx=7.43 b=0.88 r=0.961

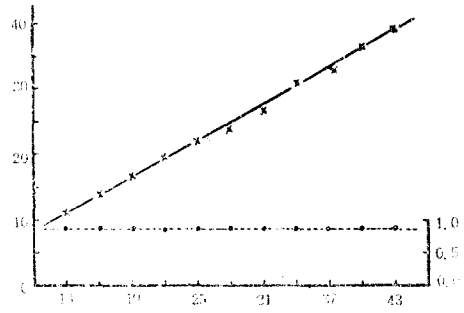

Fig. 1 Relation between D.B.H. and D. at base (solid line, and ratio of D.B.H. to D. a base(dotted line).

伐去된 林木의 材積이 推算될 수 있다. 計算될 林木本數의 數益이 比較的 많을 때에는 偏差의 理論에 따라 더욱 正確한 값이 얻어질 수 있다. Takata(1959)는 二變數材積式으로 $V=GH/a+bD$ 가 精度가 높음을 말하고 있다. Bones에 依하면 胸高直徑對 底部直徑의 比가 Ponderosa pine은 0.987, Douglas-fir와 Western larch는 약 1.00 Engelmann spruce는 0.832로 되어 있다. 이것은 比가 樹種에 따라 變化함을 보여주고 있다. 그리고 底部直徑을 가지고 胸高直徑推定이 可能함을 確認하고 있다.

(3) 胸高直徑과 樹高와의 相關

樹高曲線이라 함은 胸高直徑과 樹高를 關聯시킨것인데 本調査에 있어서는 相關關係(r=0.593)가 弱하게 나타나고 있다. 다시 말하면 胸高直徑의 어떤水準에 있어서 樹高의 變異의 幅이 넓다는 것이다. 이것은 이林分의 構成이 過去 盜伐關係로 파괴된것에 原因하는 것이라고 생각된다.

(4) 樹高와 枝下高와의 相關

樹高와 樹冠長사이에 有意的인 相關이있었는데 枝下高와 樹冠長은 事實上 相對的인 關係에 있다. 이곳에서는 相關關係가 0.77로 計算되었다.

(5) 胸高直徑과 力枝長과의 相關

力枝長이라 함은 그 樹冠構成에 있어서 最長枝를 뜻한다. 側枝의 直徑과 길이는 正의 相關이 있으므로 大體로 最長枝는 또한 가장 굵은 가지를 뜻하게 된다. 胸高直徑과 力枝長사이의 相關關係(r=0.60)는 弱한 편이 있다. 우리는 力枝長과 胸高直徑을 關係시켰으나 Holmsgaard(1950)는 Sweden의 beech林分에 대해서 樹冠中의 最下枝(the lowermost living branch)의 直徑과 胸高直徑과의 相關關係를 보았는데 直線的(rectilinear)인 關係가 成立되고 있었다. 그는 다시 胸高斷面積과 樹冠의 正射影面積과의 사이에 直線的關係가 있음을 보고 있는데 胸高斷面積이라하면 곧 이곳의 胸高直徑에 關係되고 樹冠의 投影面積은 力枝長도 關聯이 있는 것인데 따라서 胸高直徑과 力枝長사이에 正의 相關을 認定할수 있을 것이라고 생각된다.

B. 成 長 量

이미 說明한바 있지만 本調査의 對象이된 林木을 成長狀態에 따라 上中下로 三區分하고 各區分에 대해서 二本式의 樹幹을 析解하고 其平均値로서 成長量을 計算하였다. 調査內容을 表로서 다음에 提供한다. 紙面關係로 中에 대한것은 揭載를 省略한다. (tab. 3~10).

各表에 있어서의 項目의 定義와 略號는 다음과 같다

總成長 (Total increment) (ti.), The total growth until the specified age.

定期成長 (Periodic increment) (pi), The growth during the 5-years.

連年成長 (Periodic annual increment) (pai), The growth for 5-years divided by 5 in the period.

平均成長 (Mean annual increment) (mai), The total growth divided by the total age.

成長率 (Growth percent) (gp), The pressler's formula was adopted.

3. 結 論

全南 光陽郡鳳岡面 鳥嶺里에 所在하는 天然生 赤松林을 皆伐更新할때 140本의 林木을 0.2ha의 調査地부터 伐採하고 各種測定因子를 測定하였다. 그뒤 各成長因子間의 相關關係를 分析檢討한 結果 다음과 같은 結論을 얻을수 있었다.

Tab. 3

Tree-height increment of dominant tree (m.)

Age class	Total increment	Periodic increm.	P.A.I.	M.A.I	Incem. percent
5	0.95	0.95	0.19	0.19	—
10	2.60	1.65	0.33	0.26	12.40
15	4.05	1.45	0.29	0.27	9.28
20	7.10	3.05	0.61	0.36	8.04
25	9.50	2.40	0.48	0.38	4.77
30	11.55	2.05	0.41	0.39	3.11
35	13.00	1.45	0.29	0.37	1.74
40	13.75	0.75	0.15	0.34	1.43
45	15.00	1.25	0.25	0.33	1.51
50 (1.B)	16.00	1.00	0.20	0.32	
50 (O.B)	16.00				

Tab. 4 Basal area increment of dominant tree (m^2)

Age class	Total increment	Periodic increm.	P.A.I.	M.A.I	Increm. percen.
5	—	—	—	—	—
10	0.00045	0.00045	0.00009	0.00005	—
15	0.00349	0.00304	0.00061	0.00023	18.11
20	0.00908	0.00559	0.00112	0.00045	13.02
25	0.01652	0.00744	0.00129	0.00066	9.13
30	0.02434	0.00782	0.00156	0.00081	6.63
35	0.03286	0.00855	0.00171	0.00094	4.96
40	0.04038	0.00749	0.00150	0.00101	3.76
45	0.04815	0.00780	0.00156	0.00107	2.61
50 (.B.)	0.05250	0.00435	0.00087	0.00105	—
50 (O.B)	0.06400				

Tab. 5 D.B.H. increment of dominant tree (m)

Age class	Total incre.	Perio. incre.	P.A.I.	M.A.I.	Incre. percent
5	—	—	—	—	—
10	2.40	2.40	0.48	0.24	—
15	6.65	4.25	0.85	0.44	12.74
20	10.75	4.10	0.82	0.54	7.42
25	14.50	3.75	0.75	0.58	4.83
30	17.60	3.10	0.62	0.59	3.40
35	20.45	2.85	0.57	0.58	2.51
40	22.65	2.02	0.44	0.57	1.90
45	24.75	2.10	0.42	0.55	1.57
50 (1.B)	26.50	1.75	0.35	0.53	
50 (O.B)	29.00				

Tab. 6 Volume increment of dominant tree (m^3)

Age class	Total increment	Periodic increment	P.A.I.	M.A.I.	Increm. percent
5	0.00025	0.00025	0.0005	0.00005	—
10	0.00120	0.00095	0.00019	0.00012	18.28
15	0.00973	0.00853	0.00171	0.0065	18.52
20	0.03242	0.02269	0.00454	0.00162	15.21
25	0.07156	0.03914	0.00783	0.00286	12.10
30	0.13169	0.06013	0.01203	0.00439	9.32
35	0.19637	0.06468	0.01294	0.00561	6.62
40	0.26192	0.06555	0.01311	0.00655	5.28
45	0.33736	0.07544	0.01509	0.00750	3.95
50 (1.B)	0.39100	0.05364	0.01073	0.00782	
50 (O-B)	0.43200				

Tab. 7

Tree-height increment of intermediate tree (m)

Age class	Total increm.	Perio. incre.	P.A.I.	M.A.I.	Incre. percent
5	1.10	1.10	0.22	0.22	—
10	3.45	2.35	0.47	0.35	13.28
15	5.45	2.00	0.40	0.36	7.89
20	7.95	2.50	0.50	0.40	5.61
25	9.70	1.75	0.35	0.39	3.39
30	11.20	1.50	0.30	0.37	2.52
35	12.50	1.30	0.26	0.36	1.83
40	13.45	0.95	0.19	0.34	1.10
44 (1.B)	13.95	0.50	0.13	0.32	—
44 (O.B)	13.85				

Tab. 8

Basal area increment of intermediate tree (m^2)

Age class	Total increm-ent	Periodic increm-ent	P.A.I.	M.A.I.	Incream. percent
5	—	—	—	—	—
10	0.00074	0.00074	0.00015	0.00007	—
15	0.00227	0.00153	0.00031	0.00015	8.60
20	0.00463	0.00236	0.00047	0.00023	5.30
25	0.00666	0.00203	0.00041	0.00027	3.55
30	0.00947	0.00281	0.00056	0.00032	2.96
35	0.01215	0.00268	0.00054	0.00035	1.98
40	0.01385	0.00170	0.00034	0.00035	1.00
44	0.01482	0.00097	0.00024	0.00034	
44 (1.B)	0.01865				

Tab. 9

D.B.H. increment of intermediate tree (m)

Age class	Total increm.	Perio. increm.	P.A.I.	M.A.I.	Incre. percent
5	—	—	—	—	—
10	3.05	3.05	0.61	0.31	—
15	5.35	2.30	0.46	0.36	14.49
20	7.65	2.30	0.46	0.38	9.84
25	9.20	1.55	0.31	0.37	6.87
30	10.95	1.75	0.35	0.37	5.84
35	12.40	1.45	0.29	0.35	3.76
40	13.25	0.85	0.17	0.33	1.98
44 (1.B)	13.70	0.45	0.11	0.31	
44 (O.B)	15.40				

Tab. 10

Volume increment of intermediate tree (m)

Age class	Total increm.	Periodic increm-ent	P.A.I.	M.A.I.	Increm-ent percent
5	0.00006	0.00006	0.00001	0.00001	—
10	0.00257	0.00251	0.00050	0.00026	19.75
15	0.00970	0.00713	0.00142	0.00065	16.29
20	0.02517	0.01547	0.00309	0.00126	12.63
25	0.04296	0.01779	0.00356	0.00172	9.00
30	0.06636	0.02340	0.00468	0.00221	7.19
35	0.09117	0.02481	0.00496	0.00260	5.28
40	0.11395	0.02278	0.00456	0.00285	3.47
44 (1.B)	0.12951	0.01556	0.00389	0.00294	—
44 (O.B)	0.14998				

1. 樹冠長과 樹高사이에는 有意的인 相關關係(r=0.821)가 觀取되었다.

2. 底部直徑(地上부터 0.2m의 곳의 幹直徑)과 胸高直徑 사이에는 密接한 相關關係(r=0.961)가 있었고 底部直徑에 0.88을 乘하므로서 胸高直徑을 推定할수 있었으며 이것은 그루의 材積計算에 適用하여도 좋음을 確認할수 있었다.

3. 胸高直徑과 樹高와의 相關은 微弱하였다.

4. 樹高와 枝下高와의 相關은 有意的인 것이 있다

5. 胸高直徑과 力枝長과의 相關은 弱한 편이 있다.

以上의 各項에 대해서 他研究者의 調査結果를 討議하고 林業經營技術에 대한 重要性의 一部를 論議하였다.

6. 樹幹析解의 結果 얻어진 各成長量의 內容은 表로 提示해 두었다.

Summary

Taking an opportunity of the application of clearcutting method, 140 red pine (Pinus densiflora Sieb. et Zucc.) trees grown at Chon-nam province, the southern part of South Korea, were fellen and the tree height, clear-bole length, D.B.H. diameter at base(0.2m above from the ground line) and the length of the longest branch were measured. The correlation between factors mentioned were analysed. The results are summarized as follows:

1. The correlation between crown length and tree height (r=0.821) was sinificant.
2. The correlation between the diameter at base and

D.B.H. was highly significant (r=0.961). D.B.H. can be calculated from multiplying the diameter at base by 0.88.

3. A weak relation between D.B.H and tree height was observed.
4. The positive correlation between tree height and clear-bole-length was calculated, but it was not sharp between D.B.H. and the length of the longest branch.
5. The height, basal area, D.B.H. and volume increment by tree class calculated from the data of the stem analysis are presented (Tab. 3~10).

引 用 文 獻

Bannister, M. H. 1962. Some variations in the growth pattern of Pinus radiata in New Zealand. New Zealand Journal of Science. Vol. 5, No. 3, 342~370 pp.

Bones, J. T. 1960. Estimating D.B.H. from stump diameter in the Pacific Northwest. U.S.D.A. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station Research Note. No. 186. 2pp.

Holmsgaard, E. 1950. Studies on height increment, development of the crown, self-pruning, etc., in young beech stands in skáne. Meddelanden Frán Statens Skogsforskningsinstitut. 39 (1). 82pp.

Labyak, L. F. and F. X. Schumacher. 1954. The contribution of its branches to the mainstem growth of loblolly pine. Jour. Forestry 52 (5), 333~337.

Larson, P. R. 1963. Stem from and silviculture. Proceedings, Society of America Forestres. 104~107 pp.

Reukema, D. L. 1961. Crown development and to its effect on stem growth of six Douglas-fires. of Jour. Forestry. 59 (5), 370~371.

Reukema, D. L. 1964. Crown expansion and stem radal growth of Douglas-fir as influenced by release. Forest Science Vol. 10, No. 2, 192~199 pp.

Stoeckeler, J. H. and L. P. Olsen. 1957. A regression equation relating diameter growth rate of jack pine to live crown percent. Jour. Forestry. 55 (6), 467.

Takata, K. 1959. The relation between the D.B.H. the height and the volume. Jour. Jap. For. Soc. 41(10), 396~397pp.

Yim, K. B. 1962. Analytical studies on Pinus densiflora stand development in the middle part of Korea. Research Bulletin of Korean Agriculture Soc. No. 8 39~47pp.

大平隆. 1936. 樹冠의크기와 樹幹生長量과의 關係 (日文) 林試 時報 15號 1~21.

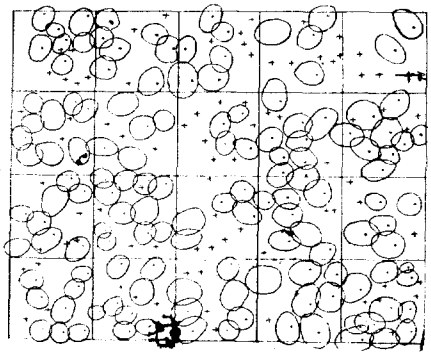

Fig. 2 The crown projection of the surveyed plot + indicates the stump cut previously. 40m×50m=200m²

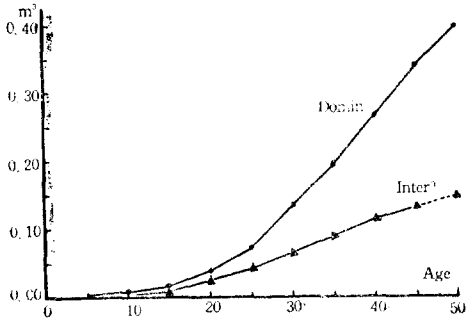

Fig. 3 The curve of volume increment. domin.; dominant tree, inter.; intermediate tree.

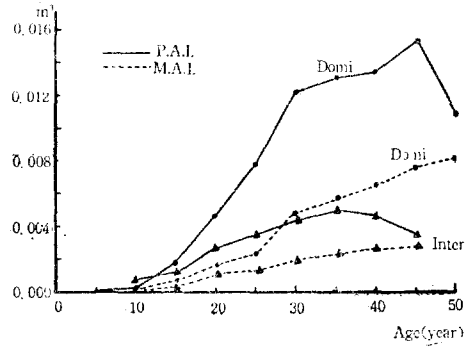

Fig. 4 The curve of periodic annual increment(P.A.I.) and mean annual increment (M.A.I.).