

## 林木의 個體間 競爭效果 推定에 대한 考察<sup>1</sup>

李 東 燮<sup>2</sup> · 李 麗 夏<sup>3</sup>

### Studies on Competition between Individual Trees of *Larix leptolepis* Gordon<sup>1</sup>

Dong Sup Lee<sup>2</sup> · Yeo Ha Lee<sup>3</sup>

#### 要 約

本 調査는 落葉松 人工成林地에서, 間伐이 加해진 林分과 加해지지 않은 固定標本區에서 林木 個體間의 生長相關을 가지고 個體間의 競爭效果를 알아 보기 위하여 實施하였다. 1) 調査는 胸高部位에서 increment borer에 의하여 採取된 core에서 連年生長과 總生長을 調査하고 이에 의하여 隣接林木個體間의 相關關係를 計算해서 確認하였다. 2) 競爭效果의 推定方法은 ①  $r_{A_i A_j}$ , ②  $r_{A_i \sum_{k=1}^n A_k}$ , ③  $r_{A_i \sum_{k=1}^n A_k / R_k^2}$ 을 使用했으며 이 方法 中에서  $r_{A_i A_j}$ 가 實用的이었다. 3) 相關關係에 使用된 生長量은 半徑과 斷面積의 總生長量을 이용하였으며, 이들 生長量의 相關에서 競爭이 일어나는 程度를 推定했다. 4) 植栽後 10년까지는 相互競爭이 일어나지 않고 隣接個體間의 相關은 높은 正의 相關을 나타냈다. 5) 10年 이후는 每年 相互 競爭이 일어나기 시작하다가 13~14年頃에는 심한 競爭이 일어나고 있는데, 이는 相關係數가 급격히 낮은 數值로 떨어짐으로써 알 수 있다. 6) 間伐林의 間伐後의 生長은 隣接林木間에 制約없이 正常的인 生長을 나타냈다.

#### ABSTRACT

This study was carried out to know the difference in growth and degree of competition between individuals of thinned and unthinned larch stands. Annual increment and total growth were obtained from the cores sampled at breast height. The correlation between adjacent individual trees was investigated. 1) The correlation between radius growth and basal area was used to estimated the degree of competition among individual trees. 2) In estimating the degree of competition the correlation between two individual trees was better method than others. 3) Up to 9 years after planting no competition between individual trees occurred and the high positive correlation was shown. 4) High degree of competition was observed at age of 10 years after the planting, as the correlation coefficient was getting smaller. 5) The degree of competition among individual trees increased with increase of the growth of total stand.

*Key words: competition; Larix leptolepis; correlation; individual trees.*

#### I. 序 論

林木은 몇가지 生長因子, 즉 直徑 및 樹高生長을 통하여 材積生長의 增加를 圖謀하는 것이다. 이와 같은 林木의 材積生長은 孤立木과 林分內의 林木間에

<sup>1</sup> 接受 10月 2日 Received October 2, 1985.

<sup>2</sup> 尙州農業專門大學 Sangju Agri. Junior Technical College, Sangju, Korea.

<sup>3</sup> 建國大學校 農科大學 College of Agriculture, Konkuk Univ., Seoul, Korea.

그 生長過程에서 많은 차이가 있다. 林業은 材積의 量的인 生長 뿐 아니라, 質的인 生長도 같이 고려하여 經營되기 때문에, 林分의 林木度나 기타 周圍環境을 조절해줌으로써 그 生産性を 높일 수 있다.

林木은 幼時에서 成木으로 生長하는 가운데 林木間에는 個體間的 競爭이 점차 크게 나타나게 된다. 이와 같은 現象은 林分을 構成하고 있는 林木個體間에 서로 影響을 미치므로 일어나게 되는데, 그 影響의 代表的인 것은 密度效果和 個體間에 어떠한 意味는 相互接觸에 의하여 나타나는 競爭效果이다.

個體間 競爭에 대한 研究는 生育期間이 짧은 草本類에서는 쉽게 分析할 수 있는데 林業에서는 現在 林分에서 斷板이나 increment borer에 의한 core를 추출하여 生長을 調査한다. 生長調査를 통하여 隣接한 個體木間的 生長相關을 分析 그 競爭의 程度를 把握하게 된다. 本 研究의 目的은 人工造林의 成林地에서 林木이 生長함에 따라 隣接한 個體間的 斷面積 또는 直徑生長의 相關關係를 調査함으로써 個體間的 年次別 競爭效果의 程度를 推定하고자 하였다. 林分個體間的 生長能力은 遺傳의 能力을 考慮하지 않고 random으로 調査하는 것을 前提로 하였다.

이와 같은 方法으로 直接的인 研究는 1955年 Hozumi<sup>3)</sup> 등에 의하여 農作物인 기장에 대하여 生長量의 相關을 調査한 結果, 負의 相關을 나타낼 때 이들에게는 個體間的 競爭效果를 나타낸다고 發表한 것을 비롯하여, 몇가지 一般作物에 대한 調査結果가 보고되고 있다. 林業에서는 人工成林地에서 個體間的 競爭에 대하여서 Steneker와 Jarvis<sup>8)</sup>는 *Picea*와 *Populus*의 林分에 대하여 調査하였고, Stern<sup>9)</sup>은 소나무와 가문비나무林中에서 각각 調査하였다.

또한 어느 特定한 個體를 中心으로 하여 이 個體周圍의 複數個體와의 生長關係에 대하여는 Hozumi Koyama와 Kira<sup>3)</sup> 또는 Sakai와 Mukaid<sup>7)</sup> 등에 의하여 研究되었다.

이 외에도 明石<sup>1)</sup>은 삼나무林中에서 隣接한 個體間的 根元直徑 總生長量을 相關係數로 調査하였으며, Hayashi<sup>2)</sup> 등도 삼나무 生長과 個體間 競爭 時期를 決定하여 間伐 適期를 發表한 바 있다.

지금까지 사용한 競爭效果推定式은

- 1)  $r(A_i, A_j)$
- 2)  $r(A_i, \Sigma A_j)$
- 3)  $r(A_i, \Sigma A_j / R_j^2)$

數式 中 Hayashi<sup>2)</sup>는 1, 2, 3式을 삼나무林中에 適用한 結果 推定效果는 3式이 가장 높다고 하였으며, Stern<sup>9)</sup>

도 같은 結論을 얻었다고 發表한 바 있다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 標準地 選定

調査林分은 경기도 광주군 초월면 무갑리 산 73번지 建國大學校 演習林으로 1971년에 2年生 苗木으로 造林된 滿 16年生의 落葉松林分에서 두 개의 標準地를 設定하여 實施하였다.

한 地域은 間伐을 하지 않은 標本區이고, 다른 한 곳은 1982年度에 一次間伐을 實施한 地域에서 標準點을 設定하였다. 이 地域은 ha當 3,000本을 基準으로 植栽된 造林地로 두 標本地 공히 地位 上인 北向, 傾斜度는 20~25°, 土深은 60cm 以上, 腐殖質이 豊富한 곳으로 정상으로 이룩된 森林이다.

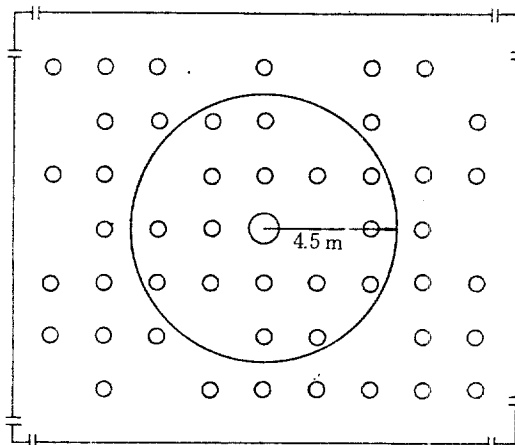


Fig. 1. A model diagram of disposed trees

### 2. 材料測定

標準地 內的 林木個體間에 대하여 林木別로 numbering을 하고, 地上 1.2m 部位直徑에서 increment borer에 의하여 core를 추출하였다. 間伐을 하지 않은 標本區에서 75個, 間伐區域에서 126個의 林木에서 core를 추출하여 測定하였다.

### 3. 分析方法

지금까지 사용된 競爭效果 推定方法을 適用한 3式은 다음과 같다.

$$1) r(A_i, A_j) (i \neq j)$$

本 公式은 서로 隣接하고 있는 2個體間的 生長關係만을 나타내는 것으로, 式 中  $A_i$ 는 林木集團 가운데  $i$  번째 林木의 測定值이고,  $A_j$ 는 1個體 가운데

**Table 1.** Correlation coefficient of 3 measures of inter-tree competition computed on the total growth of stem radius and basal area by every third year

Years		3	6	9	12	15	18
Radius	$r_{D_i D_j}$	0.36	0.47	0.61	0.42	0.31	0.19
	$r_{D_i \Sigma D_j}$	0.65	0.73	0.80	0.50	0.11	0.08
	$r_{D_i \Sigma D_j / R_j^2}$	0.66	0.74	0.81	0.42	0.05	0.03
Basal area	$r_{B_i B_j}$	0.31	0.56	0.66	0.35	0.22	0.14
	$r_{B_i \Sigma B_j}$	0.56	0.63	0.81	0.56	0.24	0.16
	$r_{B_i \Sigma B_j / R_j^2}$	0.58	0.73	0.83	0.49	0.19	0.06

서 가장 가까운 곳에서 生育하고 있는  $j$  個體의 測定值이다.

$$2) r_{A_i \Sigma A_k} \quad (k=1 \text{ to } n)$$

$A_k$ 는  $i$  個體 周圍에서 距離( $R$ )가 4.5m 以內에 서 있는  $n$  個體 中  $k$  번째 林木의 測定值이다. 즉 1 個體를 中心으로 周圍 4.5m 距離 以內에 生育하고 있는 여러 林木 中, 1 個의 測定值과 中心木 測定值과의 相關을 나타낸 것이다.

$$3) r_{A_i \Sigma A_k / R_k^2} \quad (i \neq k)$$

$R$ 은 周圍林木間의 距離(4.5m)이고 中心木周圍의 4.5m 以內에 있는  $n$  個體木의 各 測定值을 그 각각에 대하여, 中心木( $i$ )에서 距離( $R$ )의 自乘으로 나눈 값의 合計와 그  $i$  個體와의 相關이다.

이상의 各 公式를 使用하여 胸高半徑, 斷面積總生長量의 相關係數를 計算한 結果는 Table 1 과 같다.

### III. 結果 및 考察

#### 1. 競爭效果 推定方法 比較

Table 1 은 3년마다의 3 가지 方法에 依하여 半徑總生長量과 斷面積 生長量에 대한 相關關係의 變化過程을 나타낸 表이다.

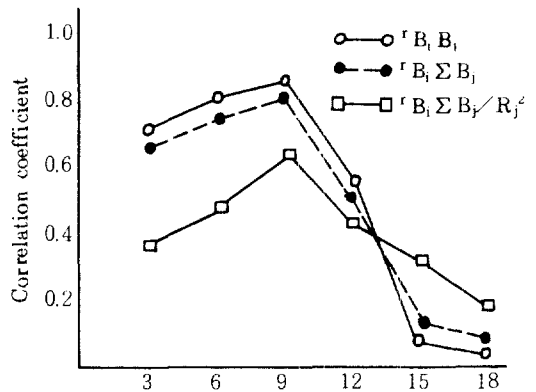
Table 1 를 圖示하면 Fig. 2, 3 과 같다.

Fig. 2, 3 에서 보는 바와 같이 3 가지 方法은 모두 9 年까지는 增加하여 正의 相關을 나타내고 9 年을 지나서부터는 급격히 下降하고 있는데, 이와 같은 傾向이 계속된다면 負의 相關을 나타내게 될 것이다.

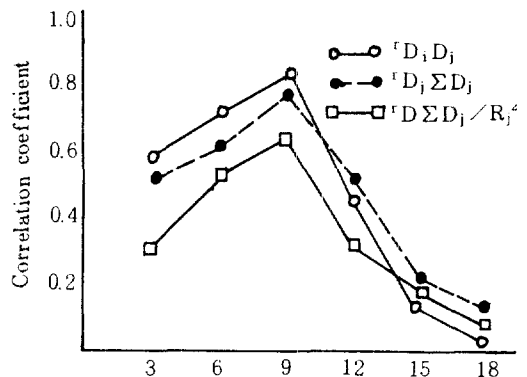
이와 같은 傾向은 Hayashi<sup>2)</sup>가 調査한 것과 大體로 一致한다고 볼 수 있다. 따라서 間伐를 하지 않은 本 人工造林地에서 相互 隣接하여 生育하고 있는 林木個體間의 遺傳的인 面을 考慮하지 않고 다만 林木相互間의 面만 考慮한 것이다. 즉 9 年까지는 거의 隣接林木間에는 孤立木의 生長競爭이 이루어지지

않고 있으며 이 時期까지는 周圍環境에 適應하여 孤立木의 生長과 같이 隣接木과의 關係에서 相關制約을 받는 生長을 하고 있다고 볼 수는 없다.

따라서 本 林分에서는 9 年 이후의 林木間에는 競爭이 시작되고 같은 傾向이라면 18 年 이후의 相關은 負의 값을 나타내게 될 것이므로 이 林分에서는



**Fig. 2.** 3 measures of inter-tree competition computed on the basis of growth of stem radius measured in every 3 year



**Fig. 3.** 3 measures of inter-tree competition computed on the basis of total growth of basal area measured in every 3 year

林木間에 심한 競爭效果가 나타날 것이 豫想된다.

또한 適用式에 나타나는 關與度를 보면 Fig. 2 와 Fig. 3 에서는 「 $B_i B_j$ 」는 「 $D_i \Sigma D_j$ 」 및 「 $B_i \Sigma B_j$ 」 보다 낮고, 「 $D_i \Sigma D_j$ 」와 「 $B_i \Sigma B_j$ 」 보다는 「 $D_i \Sigma D_k / R_k$ 」와 「 $B_i \Sigma D_k / R^2$ 」가 그의 相關値는 낮아 結果的으로 많은 個體의 生長量을 合計하여 計算한 것이 環境面에서나 競爭效果面에 민감한 反應을 나타낸다고 볼 수 있다.

그러나 實際面에 있어서 計算上의 繁雜 等を 考慮한다면 이들 3 方法에는 큰 差異가 없기 때문에 隣接 2 個體間의 相關을 나타내는 「 $D_i D_j$ 」와 「 $B_i B_j$ 」의 方法이 有利하다고 볼 수 있다

2. 生長量의 年次別 變化에 대한 推定

間伐을 實施하지 않은 標本區에서 서로 隣接한 2 個體木間의 林木生長에 대한 相關을 斷面積의 連年生長量과 總生長量에서 調査하여 相關을 調査하였다.

이것은 推定方法의 「 $B_i B_j$ 」式을 應用한 隣接個體間의 競爭效果에 대하여 이를 補完하고자 한 것이다.

Fig. 4의 總生長量의 相關을 보면 8 年까지는 점차 正의 相關으로 上昇曲線을 維持하다가, 10 年에서 最高點을 나타내고 11 年까지는 큰 變化가 없다가, 그 이후에는 급격히 下降曲線을 나타내게 된다. 이는 10 年 전까지 環境에 適應하여 林木間에는 競爭없이 生

Table 2. Correlation coefficient between two adjoining stumps in the annual growth and total growth of basal area by ages

Ages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Annual growth	0.08	0.09	0.13	0.15	0.06	0.10	0.20	0.16	0.20	0.30	0.20	0.02	-0.11	-0.12	-0.15	-0.18
Total growth	0.04	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.23	0.23	0.18	0.03	0.04	0.06	0.09

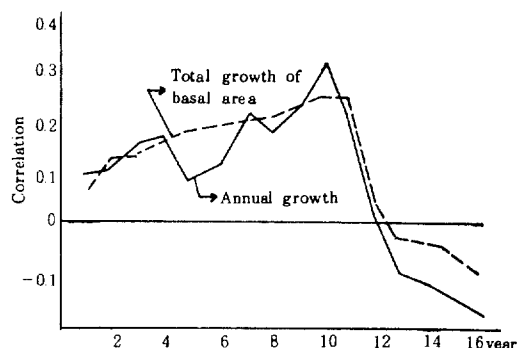


Fig. 4. Correlation between two adjoining stumps of annual and total growth of basal area

長하다가 10 年 이후에는 점차 競爭生長을 하기 때문이다.

Fig. 4의 連年生長量의 相關으로 7 年 또는 13 年까지는 正의 相關으로서 上昇曲線을 보이고 그 후는 급격히 相關曲線이 낮아져 13 年생에 이르러서는 負의 相關을 보이고 있다. 이는 林木間의 個體競爭效果가 林齡과 더불어 커지고 있음을 말한다. 따라서 前項의 公式, 즉 2 個體間의 林木競爭效果를 推定하는 方法과 別差가 없음을 알 수 있다.

그러나 이 方法은 連年生長量의 測定이 어렵고 計算回數가 많아 變잡한 점 등을 考慮한다면, 實用的이 못되며 確認 등을 위한 일부 應用價値를 생각할 수 있다.

3. 間伐林에 있어서의 個體間의 相關

本 調査의 林分은 1982 年에 林齡 14 年으로 1 次 間伐을 實施한 곳에서 選定한 標本區로서, 이곳은 당시 弱度間伐을 實施한 곳이다.

隣接個體間의 總生長量과 連年生長量 各各의 相關을 計算한 結果는 Table 3 과 같다.

이들의 相關은 Fig. 5에서 보는 바와 같다. 破線으로 나타낸 總生長量의 相關은 10 年째 正의 相關으로 最高値를 나타내고 있는데, 이는 前項의 것과 같다. 즉 이 때까지는 林木個體間에는 生長競爭을 일으키지 않고 있으며, 11 年에 가서야 급격한 變化를 보여 심한 競爭生長을 일으키고 있음을 보여 준다. 또한 12 年경부터는 相關이 0에서 負의 相關을 나타내므로, 適切한 時期에 間伐을 要求하는 林分이라 볼 수 있다. 따라서 本 林分은 14 年생으로 間伐을 實施하였으므로, 거의 適期에 實施하여 林木相互間의

Table 3. Correlation coefficient between two adjoining stumps of annual growth and total growth in thinned stand by ages

Ages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Annual growth	0.80	0.90	0.17	0.10	0.07	0.14	0.20	0.15	0.25	0.30	0.10	0.02	-0.10	-0.11	0.15	0.18
Total growth	0.03	0.08	0.10	0.15	0.18	0.18	0.18	0.20	0.22	0.24	0.24	0.18	0.02	0.04	0.07	0.08

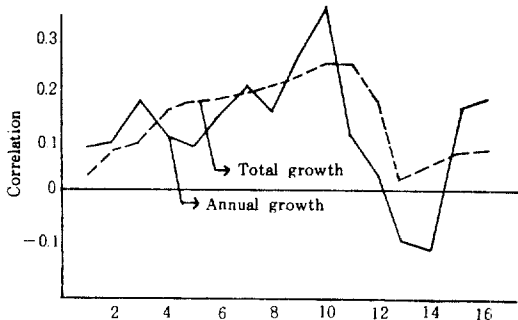


Fig. 5. Correlation between two adjoining trees of annual and total growth of basal area

競爭에 의한 生長抑制를 벗어나서, 정상적인 生長을 이루고 있다.

즉 15년에서 相關은 급격히 上昇하여 正의 相關을 나타내고 있는 것이다. 總生長量의 相關曲線은 振幅의 變化는 자주 일어나지 않고 있으나, 대체적으로 비슷한 傾向을 볼 수 있다. 따라서 間伐林分에 있어서 間伐前의 生長量 相關係數는, 前項의 林分變化같은 傾向을 보이고 있다.

全體的으로 考察할 때 競爭效果를 推定하는 方法導入에 있어서는 3가지 發表된 公式中, Sakai<sup>7)</sup>와 Steneker<sup>8)</sup>의 式을 引用하는 것이 有利하다고 볼 수 있는데 'A<sub>i</sub>A<sub>j</sub>'式이 推定하는 効率は 다소 낮더라도 實用的인 式으로 평가된다.

또한 半徑生長과 斷面積에 대한 相關計算에 있어서도 큰 差異는 없다. 그러나 계산상 번잡하더라도 斷面積生長에 의한 相關係數計算은 그 生長의 振幅이 적기 때문에 有利하다고 할 수 있다.

또 各 生長의 相關關係는 어느 方法이나 現實林分에서 競爭이 일어나지 않은 때는 높은 正의 相關이 일어나고, 競爭이 始作됨에 따라 相關係數는 0에서 負의 相關을 갖게 된다. 따라서 林分生長過程에서 볼 때 林木個體間의 相互作用은 集團密度의 增加에 따라 林木個體의 生育이 抑制되는 密度效果를 준다. 또 隣接個體의 한 쪽이 有利하면, 다른 個體는 불리한 立場에서 競爭을 한다고 볼 수 있다.

따라서 서로 隣接한 n個體에서 중심의 한 個體의

競爭效果는 n個體 하나 하나가 받는 競爭效果의 總和이고, 또한 競爭은 어느 한 쪽이 우세하면 다른 한 쪽은 불리하나, 대부분의 경우 그 量은 서로 相殺된다.<sup>9)</sup> 따라서 本調査에서도 이와 같은 原則들은 다 같이 適用되고 있다고 볼 수 있다.

#### 引用文獻

1. 明石孝光軍, 戸田忠雄, 西村慶仁, 1972. 스기林分內 個體의 競爭と 生長의 年次經過. 日林誌. 54: 17-20.
2. Hayashi and K. J. Sakai. 1972. Competition in relation to growth of trees in *Cryptomeria* forests. Jokr J. F. S. No. 7. Vol. 54.
3. Hozumi, K., H. Koyama and T. Kira. 1955. Intraspecific competition among higher plants. IV. A. Preliminary account on the Interaction between adjacent individuals. J. Inst. Polytech., Osaka City Univ. pp. 121-130.
4. Lee, J. A. 1960. A study of plant competition in relation to development. *Evolution* 14: 18-28.
5. Sakai, K. I. 1955. Competition in plants and its relation to selection. Cold spring Harbor Symp. 20. pp. 137-157.
6. \_\_\_\_\_. 1961. Competitive ability in plants: its inheritance and some related problems. Symp. Soc., Exp. Boil. 15: 245-263.
7. Sakai, K. I., H. Mukaidey and K. Tomita. 1968. Intraspecific competition in forest trees. *Silvae Genetica* 17: 1-5.
8. Steneker, G. A. and J. M. Jarvis. 1963. A preliminary study to assess competition in White Sprucetrembling aspen stand. *For. Chro.* 39: 334-336.
9. Stern, K. 1966. Vollstandize Varianzen und Korrelationen in Pflanzenbeständen. *Silvae Genetica* 15: 6-11.