

土壤 堅密度가 樹木生長에 미치는 影響*1

—어린이大公園 樹木管理를 中心으로—

金 榮 南*2 · 洪 性 珪*3 · 趙 台 煥*3

The Effect of Soil Hardness on Tree Growth*1

—for the Management of Trees in Seoul Children's Park—

Young Nam Kim*2 · Sung Gak Hong*3 · Tae Hwan Cho*3.

Diameter growth was surveyed for 22 years-old pitch pine (*Pinus rigida Mill.*) growing on the forest land (site protected from artificial damage) and the resting place (site open for the recreation) of the Children Park, Seoul, Korea on September 28, 1975. The purpose of the survey was to find out difference in the tree growth between the two sites, and possible causes of the difference.

Both the resting place and the forest land have deep fertile sandy-loam soil, moderate slope for south-west. The resting place, however, has much higher soil compactness by treading than the forest land.

Before May 5, 1973, the opening date of the park, the trees on the resting place had higher diameter growth than those on the forest land as measured with increament borer. After the Park opening the trees on the resting place showed less growth than those on the forest land.

In 1975, the growth on the resting place was less than that of the forest land by 6.5% at 1% significant level. The difference in growth was attributed to the soil compactness of the resting place by treading.

The necessity for the same kind of study with other species for the tree management of parks was suggested.

어린이 大公園의 林地(人爲的인 被害로 부터 保護된 林分)와 林間休憩所(休息場所로 利用되는 林地)에서 1975. 9. 28에 22年生 리기다소나무 各 121株와 105株를 對象으로 兩地域間의 直徑成長 差 異를 알아보기 爲해 本 調査를 하였다.

50m의 가까운 거리로 隣接되어 있는 兩地域은 모두 土深이 깊은 砂壤土로서 南西向의 緩傾斜이고 肥沃度가 높았으나 堅密度에 있어서는 林間休憩所가 踏壓에 依하여 顯著하게 높았다.

生長錐로 木片을 빼내어 調査한 直徑 成長은 73年 5月 5日 어린이 大公園 開園을 基準으로 以前에 는 林間休憩所의 樹木이 좋았고 以後에는 林地 樹木이 좋았다. 75年度 兩地域의 樹木 直徑 成長差는 6.5%로서 1% 水準의 有意性이 있었다.

公園地域의 休憩所 管理上 他樹種에 對해서도 研究의 必要性이 考察되되었다.

緒 言

機械文明이 發達된 社會가 될 수록 健全한 精神 衛生을 爲해 鬱蒼한 숲을 찾는 要求度가 높아져 大都市

의 近郊 山에는 人爲的인 被害가 많음을 볼 수 있다.

이와같은 現象은 森林保護라는 次元보다는 또다른 次元에서 볼 때 入山禁止로서 問題를 解決할 것이 아니고 오히려 自然公園을 擴大시키고 林間休憩所를 都市民

*1 Received for publication in Dec. 5, 1977.

*2 어린이大公園 Seoul Children's Park

*3 建國大學校 林學科 College of Agriculture, Kun Kuk Univ.

에게 提供해 주므로써 生産的인 國家發展에 도움이 되리라 믿어 本 調査는 우리나라 造林樹種 가운데 큰 比重을 차지하고 있는 리기다 소나무에 關하여 踏壓과 未踏壓地의 成長 關係를 밝히 自然公園 管理, 特別 어린이 大公園에서의 樹木 管理 및 林間休憩所 運營 資料를 提供하는데 目的을 두고 調査 分析한 것이다.

林木의 成長은 自己 그 樹種의 特性에 따라 달리고 있으나 한 樹種이라 하더라도 地力이나 外的인 環境의 條件에 依하여 그 成長은 크게 差異가 있다.

따라서 本 調査 對象이 같은 條件下에 있다가 最近 3年前에 踏壓 地域과 踏壓하지 않은 地域으로 나누어졌으므로 經過年數가 짧다고 생각되나 調査對象地로서는 適當하다고 여기진다. 調査對象木인 22年生 리기다 소나무를 伐採하여 樹幹析解로서 材積, 直徑, 樹高成長은 綜合的으로 比較 分析해야 하였으나 調査對象地인 公園의 特殊事情上 不可能했다. 또한 樹幹主軸의 樹高生長을 調査하려고 했으나 頂芽가 松蟲의 被害로 頂斷 優勢를 잃어 叢하거나 側枝가 不規則하게 主枝化되거나 枯死되어 있어 一貫性 있는 調査가 不可能하여 直徑成長을 調査 比較한 것이다.

이와같은 研究는 國內外 여러 사람에 依하여 實施되고 있는데 1970年 池⁹⁾는 “土壤이 굳어지면 空氣의 不足으로 樹木의 生育에 莫大한 支障을 招來하므로 根本的으로 土壤의 物理的 狀態를 좋게 하기 爲하여 耕耘을 해야한다고 하였으며 1972年 山林資源 調査 研究所 報告書¹⁰⁾ 資料에 依하면 잣나무는 土壤 堅密度 2.0을 制限因子라고 했다.

1974年 馬¹⁰⁾는 環境因子의 數量化에 依한 山林收穫量 推定과 林木生長에 關한 研究로서 A₀層의 두께와 土深 堅密度 등은 林木 生長에 至大한 影響力이 있다고 있다.

外國에서는 1916年 Roth¹³⁾가 林分材積과 植生型 및 環境因子와의 關係를 比較하는 土壤의 地位地數 論爭에서 土壤水分과 關係가 있는 地層과 土壤因子가 重要하다고 하였으며 Coile⁴⁾ Carmean²⁾ Zahner¹⁸⁾ 등은 土深 石含量 土性 등이 林木生長의 重要因子라 하였다.

1961年 Carmean⁸⁾은 土性과 堅密度가 同一한 關係가 있다고 하였으며 生長에 많은 影響을 준다고 하였다.

1965年 西澤¹⁴⁾ 直下¹⁵⁾는 土壤 形態因子만으로 生長 推定率을 究明하였는데 A₀層의 두께, 土性과 堅密度를 考慮하였다.

材料 및 方法

I. 調査材料

지을 特別市 城東區 所在 어린이 大公園內 林地 및

林間休憩所의 22年生 리기다 소나무를 1975. 9. 28 調査하였다.

兩地域은 50m의 거리로 隣接해 있으며 수직적 높이가 같고 傾斜가 緩한 南西向이며 土深이 깊은 갈색 森林 砂壤土로서 比較的 林木生育에 알맞은 것이다.

II. 調査方法

調査對象 林木은 700m²의 크기가 同一한 面積인 林間休憩所와 林地에서 各各 105株와 121株를 對象으로 increment-borer로 地上 1.2m部分의 南向에서 樹心을 向하여 core를 每대 micrometer를 使用 0.1mm單位까지 1970~1975年의 6年 동안 每年 直徑成長量을 調査하였다. core를 四方向에서 每대 平均値를 求하여야 되겠으나 北쪽에는 年輪이 뚜렷하지가 않고 特別 爲年輪의 區別이 어두웠기 誤差나 年齡의 錯誤를 避하도록 가장 成長의 幅이 크다고 認定되는 南向에서 測定했다.

土壤 堅密度 調査는 堅密度 測定器(Pocket penetrometer CL-700 Soil test Inc. Chicago U.S.A)로 50cm 길이까지 測定했으며 土壤 分析은 林業試驗場 土壤科에 依賴 分析하였다.

踏壓의 程度를 알아보기 爲하여 幅 30cm 길이 100cm 높이 60cm의 나무 箱子에 本 調査對象地의 土壤을 넣고 60kg의 體重을 가진 사람에게 걸어다니도록 하여 그 걸어다니는 回數에 따라 土壤堅密度 測定器로 測定하였다. 또한 踏壓이 降雨과의 關係를 알아보기 爲하여 充分한 灌水를 한 後 土壤에 흙이 붙지 않을 程度로 물이 빠진 다음에 (3時間後) 上記와 같은 方法으로 測定하였다.

氣象條件과 生長과의 相關關係를 알아보기 爲하여 서울 地方의 氣象 觀測值를 參考하였다.

結果 및 考察

1970년부터 1975年의 6年 동안 年度別로 林地와 林間休憩所의 林木 直徑 成長을 調査한 數値는 表 1과 같다.

本 調査分析은 1973. 5. 5 어린이 大公園 開園 以前에는 한양 칸츄리 클럽 골프장으로서는 人爲的인 外部의 影響은 거의 없이 生長을 해 온 것으로 그림 1은 表 1을 圖表로 나타낸 것인데 여기에서 보는 바와 같이 開園 以前에는 現在의 林間休憩所의 樹木이 오히려 成長이 좋았으나 73年을 中心으로 反對의 現象이 나타남을 알 수 있다. 그러나 各 年度別 有意性 檢定에서 75年度만이 1% 水準의 有意性이 나타났다.

表 1에서는 林地와 林間休憩所의 平均樹高, 直徑, 樹

表 1. Diameter growth and increment percent

Division	Number of trees	Height (m)	D.B.H (cm)	Crown Diameter (m)	Age Year (mm)/%						Remark
					70	71	72	73	74	75	
Forest land	121	9.2	15.3	3.1	2.2/100%	1.8/81.8%	1.7/77.3%	1.7/77.3%	1.4/63.6%	1.1/50%	Each area 700m ² May5, 1973 the opening ceremony
Resting place	105	9.9	16.2	3.4	2.3/100%	2.0/87.0%	1.8/78.3%	1.7/73.9%	1.2/52.2%	1.0/43.5%	

冠幅이 모두 林間休憩所가 큼을 알 수 있는데 그림 1에서 보면 70年에서 72年까지는 林間休憩所의 樹木이 거의 비슷한 水準으로 높은 成長을 보이다가 開園 年度인 73年에는 生長이 一致했다가 74年과 75年度는 反對의 現象이 나타나 있다.

또한 73年度에서 兩地域間的 成長은 같은 量을 보였지만 70年度의 直徑成長量을 基準했을 때의 年度別 成長率은 그림 2에서 보는 바와 같이 開園 當年인 73年度에도 樹木의 生長에 影響이 있음을 보여주었다.

이와같은 現象은 幼齡林이기는 하나 朴¹²⁾이 調査한 리기다 소나무의 年間樹高成長은 70% 以上이 4~5月 사이에 成長한다고 發表하였는데 어린이 大公園의 開園이 5月 5일이므로 樹木의 生育 期間에 人爲的인 被害가 있었음을 알 수 있다.

土壤分析 結果는 pH5 以下の 砂壤土로서 土壤 條件은 林地와 林間休憩所가 同一하나 73年 開園 以前의 生長 差異는 生育 密度 즉 各各 700m²의 面積에 林地는 121

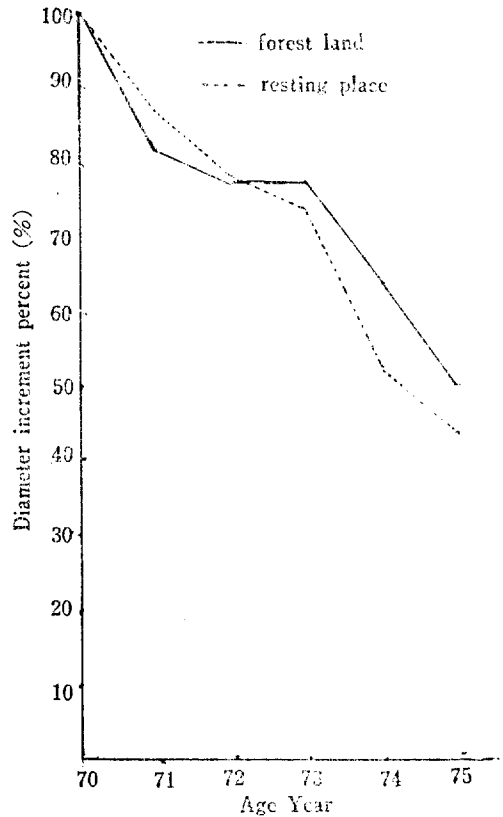


그림 2. Diameter increment percent curve

株, 林間休憩所는 105株가 生育空間을 차지하고 있어 樹高 直徑 樹冠幅이 모두 休憩所가 크게 나타난 것으로 推測할 수 있으며 李¹³⁾가 水原 演習林과 光陵 林業試驗場 試驗林을 對象으로 調査한 “리기다 소나무의 初期의 肥大生長은 土質보다도 다른 要因이 크게 作用하고 있는 것으로 確信”한 것과 特히 Adams와 Chapman¹⁴⁾에 依하면 리기다 소나무의 肥大生長과 樹高生長은 植栽間隔이 增加함에 따라 增加한다고 하였고 Stevenson과 Bartoo¹⁴⁾는 植栽間隔이 넓을 수록 肥大生長이 增大한다고 한 것은 위의 推測과 一致한다고 볼 수 있다.

直徑成長의 曲線이 變化된 73年 開園以後를 分析해

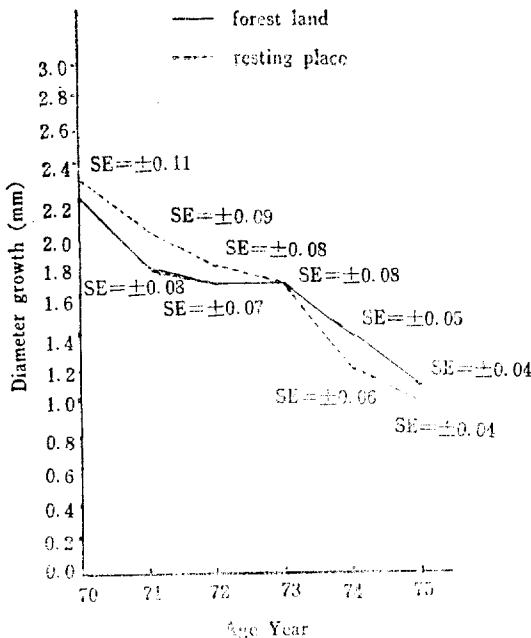


그림 1. Diameter growth curve

表 2. Soil hardness at different level of soil depth

Depth	Divison	Forest land		Resting place	
		Mean	Range	Mean	Range
Top Soil		1.0	0.7 ~ 1.3	4.5 above	4.5 above
1~10cm		2.29	1.25~3.0	4.5	3.75~4.5
11~20cm		1.5	1.0 ~ 2.25	3.25	2.25~4.5
21~30cm		1.48	0.75~1.75	2.5	2.25~3.0
31~40cm		1.38	1.0 ~ 1.75	1.88	1.25~2.25
41~50cm		1.31	1.25~1.5	1.88	1.25~2.25

보면 同一한 土壤 條件下에서 林地內的 A₀層이 2.0cm 두께가 있기는 하나 林間休憩所의 樹木이 관람객에 의하여 가지나 꺾질등이 피해받은 흔적은 없었고 가장注目할 수 있는 것은 土壤의 堅密度이다.

T.T. Kozlowski¹⁰⁾에 의하면 樹木이 生育하는데 있어서 뿌리에서 呼吸作用을 할 수 있는 大部分의 깊이가 50cm라고 하는데 여기까지의 堅密度는 表 2에서 나타

난 바와 같이 큰 差異를 보이고 있다.

山林資源 調査 研究所 報告書¹⁵⁾ 資料에 依하면 土壤 堅密度가 2.0以上이면 리기다 소나무의 材積成長은 四等地 以下の 成長을 보인다고 했으며 25年生 日本잎 갈나무를 基準했을 때 堅密度가 1.0以下일 때 地位指數가 9였으며 30年生 잣나무를 對象으로 調査한 數値는 表土密度가 1.0以下일 때는 地位指數 13이고 表土

表 3. Diameter growth and percent

Division	Number of trees	Diameter class less than 13cm (Age Year) Unit { Growth:mm. Percent:%					
		70	71	72	73	74	75
Forest land	37	2.2mm 100%	1.8 81.8	1.6 72.7	1.4 63.6	1.3 59.1	1.1 50
Resting place	28	2.3 100	2.1 91.3	1.7 73.9	1.6 69.6	1.2 52.1	0.9 39.1
Division	Number of trees	Diameter class 14~16cm(Age Year)					
		70	71	72	73	74	75
Forest land	43	2.2 100	1.8 81.8	1.6 72.7	1.6 72.7	1.3 59.1	1.1 50
Resting place	32	2.1 100	1.7 81	1.6 76.2	1.4 66.7	1.1 52.4	1.0 47.6
Division	Number of trees	Diameter class 17~19cm (Age Year)					
		70	71	72	73	74	75
Forest land	27	2.1 100	1.7 81	1.6 76.2	1.7 81	1.2 57.1	1.0 50
Resting place	26	2.3 100	2.0 87	1.8 78.3	1.8 78.3	1.3 56.5	1.0 47.6
Division	Number of trees	Diameter class above 20cm (Age Year)					
		70	71	72	73	74	75
Forest land	14	2.2 100	1.9 86.4	2.1 95.5	2.4 109.1	1.7 77.3	1.3 59.1
Resting place	19	2.2 100	2.3 104.5	1.9 86.4	2.0 90.9	1.4 63.6	1.0 45.6

堅密度 3.5以上일 때는 地位指數 8로서 土壤 堅密度가 높을 수록 地位指數가 日本 잎갈나무는 直線 回歸式으로, 잣나무는 曲線 回歸式으로 낮아 진다고 했다.

池⁵⁾는 土壤中에 空氣가 不足하면 呼吸障害를 일으켜 뿌리의 伸長을 低害하고 生長을 靜止하여 水分과 養料의 吸收作用도 弱화되므로 土壤 溫度의 變化, 水分의 增減, 風力의 作用, 氣壓의 作用 등이 있으나 根本적으로 土壤이 굳어지지 않도록 耕耘을 하여 物理的 狀態를 좋게해야 한다고 한 것은 그림 1에서의 曲線變化의 分析과 一致한다.

어린이 大公園 集計에 依하던 73. 5. 5 開園 當日에 60만 人波가 밀려 왔으며 73年 5月부터 11月까지 全 有料入場者는 200만 以上으로 이러한 人員은 每年 增加 趨勢를 보이고 있다.

그러므로 現在의 높은 堅密度의 持續과 다른 因子 즉 林間裸地가 된 林間 休憩所는 아직 크게 나타나지는 않으나 浸蝕이 繼續될 것이며 나중에는 뿌리의 露出을 避할 수 없게 될 것이므로 林間休憩所의 리기다소나무 成長曲線은 林地의 리기다소나무 成長曲線보다 繼續 낮아 지리라 생각된다.

林分內의 樹木成長은 孤立 單一木 成長과는 달리 林木相互間의 甚한 受光競爭과 根系競爭으로 因하여 林木成長門의 優劣 差異가 나타나는데 이러한 現象에 미치는 影響을 알아보기 爲하여 그림 3, 그림 4, 그림 5, 그림 6은 調査對相木의 胸高直徑을 3cm 括約으로 나누어서 直徑成長量을 年度別로 羅列한 表 3의 直徑成長率을 그린 것이다.

그림 3, 그림 4, 그림 5, 그림 6에서 보는 바와 같이 直徑級에 따라 直徑成長率이 一律的이 아니고 不規則하게 曲線이 만들어 졌다. 다만 73年 開園 以後에는 林間休憩所의 林木生長이 林內의 林木生長보다 떨어지는 現象을 볼 수 있는데 이것은 優勢木이든 被壓木이든 土壤의 堅密度가 높으면 生長의 低害를 가져온다고 말할 수 있겠다.

胸高直徑 20cm 以上인 그림 6에서 70年度와 72年度 사이의 直徑成長曲線 異狀變化는 李⁶⁾가 水原 演習林과 光陵試驗林에서 調査한 리기다 소나무 年輪形成 曲線에서 나타난 것과 같이 樹齡이 增加함에 따라 年輪幅이 平均的으로 漸次 좁아지고 있으나 各年度別 變化는 深하게 오르내리고 있어 그림 6에서 나타난 直徑成長

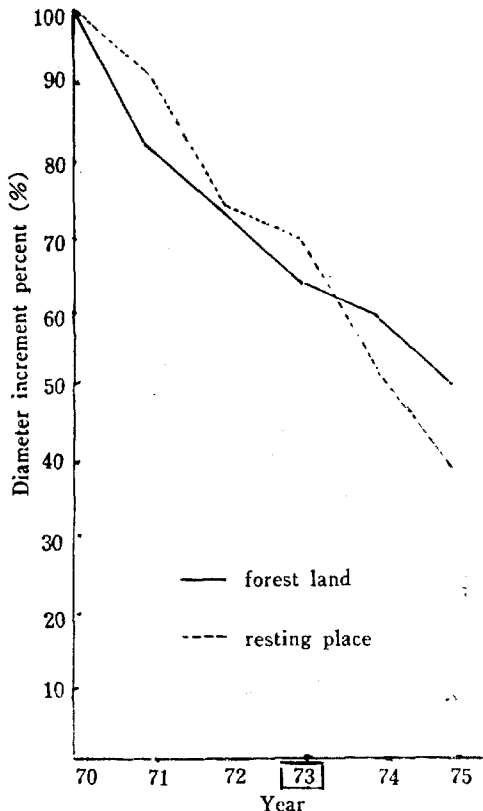


그림 3. Diameter increment percent curve (diameter class less than 13cm)

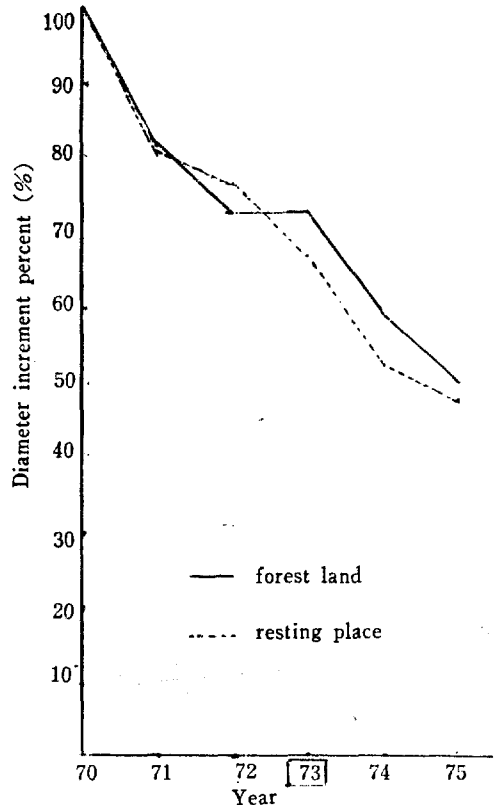


그림 4. Diameter increment percent curve (diameter class 14~16cm)

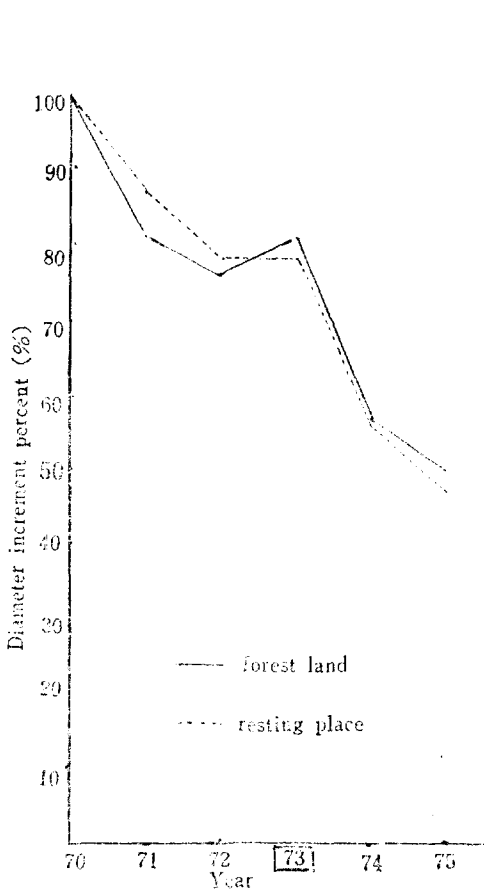


그림 5. Diameter increment percent curve (diameter class 17~19cm)

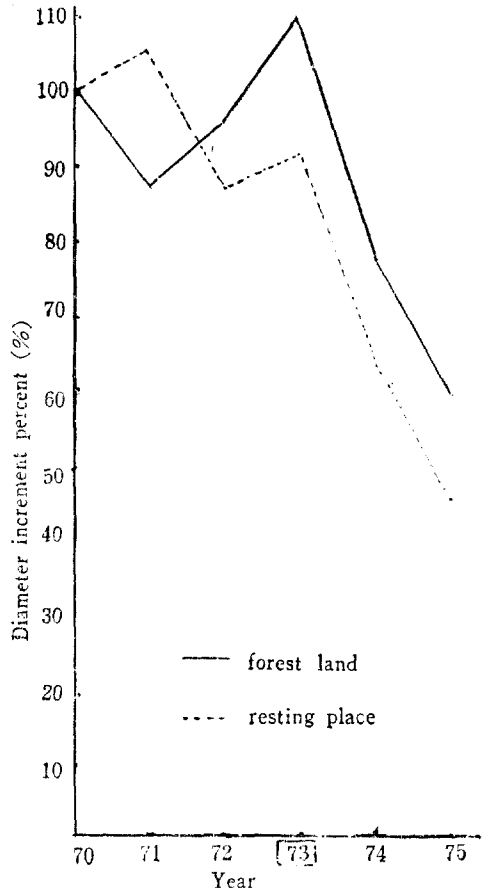


그림 6. Diameter increment percent curve (diameter class above 20cm)

變化는 外的 原因에 依한 것으로 判斷된다. 이와 같은 成長變化가 胸高直徑 20cm 以上 樹木에서 나타난 外的 原因이 무엇인가는 再調査를 해 보았으나 알 수가 없었다.

各 直徑級에 있어서 林地와 林間休憩所의 直徑成長率 曲線 變化는 73年度의 成長이 다른 年度에 比하여 높게 나타남을 알 수 있고 直徑級이 큰 林木일수록 이러한 現像이 뚜렷하게 나타나 있다. 이것은 氣象 條件이 樹木의 生長에 좋은 影響을 주었다고 생각된다.

直徑 13cm 以下인 그림 3에서는 73年開園 當年에는 成長의 低害가 나타나지 않았고 74年度에 나타나 있는 것이 特異하나 그 다음 直徑級에서는 전혀 그러한 傾向이 없는 것으로 보아 같은 齡級에서는 直徑級이 낮을 수록 堅密度에 強하다고 말할 수 없을 것 같다. 73年度의 좋은 氣象 條件에서도 다른 直徑級과는 달리 上昇 曲線을 나타내지 않은 것은 踏歷의 効果도 當年에 曲線이 내려가지 않은 것처럼 外的 條件에 敏感하지 못한 것으로서 研究할 必要가 있다고 생각된다.

表 4. Diameter increment variation percent (%/Number of trees)

Diameter (cm) class division	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Remark
Forest land	66 4	74 13	77 20	78 17	70 17	82 9	78 16	88 7	77 4	90 12		84 2		
Resting place	64 7	77 7	67 14	60 7	62 12	84 13	74 8	80 10	64 8	68 8	57 3	88 6	60 2	

그림 7은 表 4를 그린 것이다.

表 4는 그림 3, 그림 4, 그림 5, 그림 6을 가지고 直徑級에 따른 土壤 堅密度의 影響을 分析하기가 困難하므로 各 林木마다 踏壓 以前 3年 (70~72年)의 成長量을 基準하여 以後 3年 (73~75年)의 成長量을 百分率로 計算한 直徑成長 變化率이다.

그림 7에서 林地의 直徑成長 變化率과 直徑級과의 相關係數는 $r=0.18$ 로서 5% 水準의 有意性이 있었고 林間休憩所는 相關係數 $r=0.07$ 로서 有意性이 나타나지 않았다.

兩地域의 相關係數 差異가 나타나게된 可能性 있는 原因들을 考察하여 보면 1) 直徑級이 클 수록 踏壓의

影響을 크게 받았거나 2) 林間休憩所의 林木 密度가 낮으므로 작은 直徑級의 樹木 成長이 林地에 比하여 더 클 수도 있으며 3) 標本地에 있어서 踏壓의 程度 差異가 局部的으로 深하게 나타나서 個體間 生長量의 差異가 크게 나타났기 때문에 林間休憩所의 直徑成長變化率과 直徑級 사이의 相關係數가 낮게 結果되었을 수도 있다.

表 5는 서울 地方의 氣象觀測值⁷⁾ 인데 年度別 溫度 및 降水量을 살펴보면 73年度의 溫度가 前年에 비해 높고 降水量은 가장 낮게 나타나 있다. 이것은 樹木 成長과 關聯시켜 볼 때 어린이 大公園의 立地條件이 土深이 깊은 丘陵의 緩傾斜 林地로서 地中에 充分한 水分이

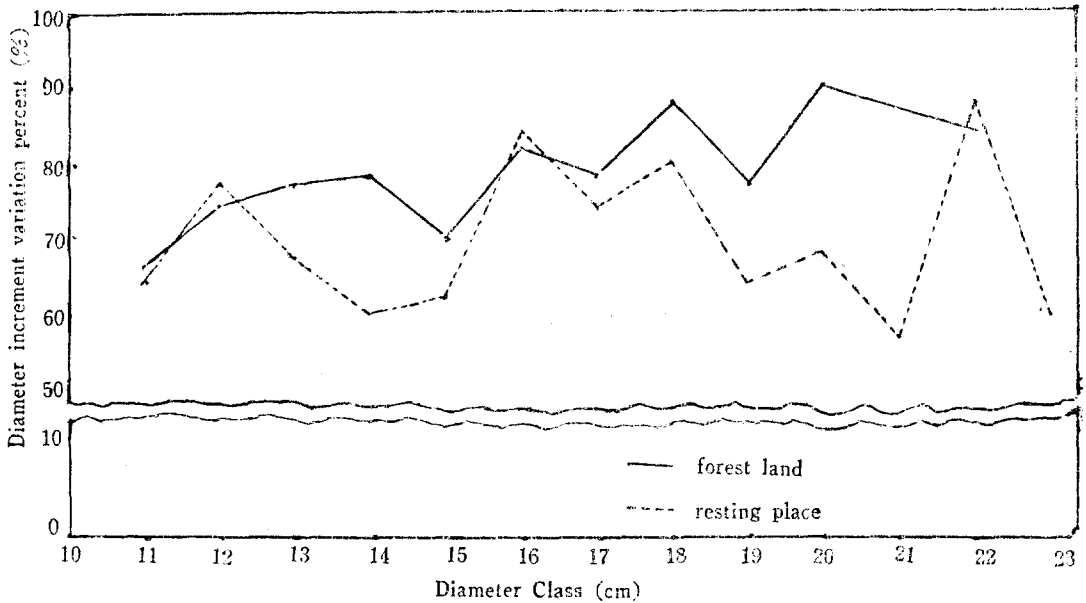


그림 7. Diameter increment variation percent curve.

表 5. Meteorological observation in Seoul

Division	Age Year	70	71	72	73	74	Remark
Mean temperature (°C)		11.3	11.5	11.9	12.0	12.1	
Average maximum temperature		16.1	16.1	16.4	16.8	15.9	
Average minimum temperature		7.5	7.8	8.0	8.0	7.2	
The quantity of precipitation		1,708.2	1,359.7	1,769.6	928.1	1,250.7	

습有되어 있었던 곳으로 생각되어 比較的 乾燥한 氣候에서 잘 자라며 낮은 溫度보다는 높은 溫度에서 잘 자란다고 生覺된다.

이것은 任⁷⁾이 말한 리기다소나무의 生長이 濕한 땅에서 보다는 건조한 땅에서 좋은 成長을 보인다는 것과 일치한다.

表 6은 無處理와 灌水處理를 하여 踏壓試驗을 한 것

인데 無處理의 境遇 60kg의 몸 무게를 가진 사람이 10,000회 以上을 걸어나도 表土에서 地下로 내려 갈 수록 堅密度가 낮아져서 踏壓 回數의 影響이 거의 미치지 못함을 알 수 있다. 灌水處理 試驗에서는 1,000회의 踏壓으로 林間休憩所의 堅密度와 비슷하게 나타난 것으로 보아 土壤 堅密度는 降水量과의 關係가 큼을 알 수 있다.

表 6. The experiment data of pressure by treat

Division number of treat	Control						Water treated					
	Topsoil	1~10 cm	11~20 cm	21~30 cm	31~40 cm	41~50 cm	Topsoil	1~10 cm	11~20 cm	21~30 cm	31~40 cm	41~50 cm
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.25	0.25	0.25	0.25
10	1.25	0.5	0.25	0.25	0.2	0	3.0	0.75	0.5	0.5	0.25	0.25
20	1.75	0.7	0.5	0.5	0.5	0	3.25	0.75	0.5	0.5	0.5	0.25
50	2.15	0.75	0.5	0.5	0.5	0	3.75	1.0	0.75	0.5	0.5	0.25
100	3.0	0.75	0.75	0.55	0.5	0	4.25	2.0	1.0	0.5	0.5	0.25
200	3.25	0.75	0.75	0.55	0.5	0	4.5	3.0	2.25	1.75	1.05	0.5
500	3.5	1.25	1.0	0.55	0.5	0	4.5이상	4.0	3.05	2.25	1.2	0.75
1000	4.25	1.25	1.0	0.55	0.5	0	4.5이상	4.5	3.25	2.5	1.55	1.05
2000	4.5	2.0	1.0	0.75	0.5	0						
5000	4.5	2.0	1.0	0.75	0.5	0						
10000	4.5이상	3.0	1.75	1.0	0.5	0.25						

그러므로 林間休憩所는 비온 후 特別히 雨期에는 밭지 않도록 하는 것이 좋은 方法이라 생각되며 이미 堅密度가 높아진 地域은 耕耘과 施肥를 하여 樹木生育이 좋게 되도록 해야 할 것이다.

本 調査의 目的이 公園地域 樹木 管理의 資料를 提供키 爲하여 實施하였기 때문에 앞으로 長期的인 調査를 하여 土壤의 堅密度에 依한 樹木生長의 低害가 있다고 하더라도 公園樹로서의 價値를 繼續 維持할 수 있는 지를 研究하고 아울러 各 樹種別 調査가 期待된다.

結 論

林地와 林間休憩所에서 生育하는 리기다 소나무의 成長 差는 다음과 같이 나타났다.

1. 林地와 林間休憩所의 土壤 堅密度는 懸隔한 差異로 林間休憩所가 높다.
2. 林地 樹木의 直徑成長이 休憩所 樹木의 直徑成長보다 73年 開園 當年부터 높아졌으며 75年度에는 兩地域間의 成長 差異가 6.5%로서 1% 水準의 有意性을 나타냈다. 그 原因은 踏壓에 依한 것으로 판단된다.
3. 70~72年을 基準한 73~75年度의 成長變化率과 徑級사이의 相關係數는 林地의 경우 $r=0.18$, 林間休憩所 $r=0.07$ 로 나타났다.
4. 踏壓試驗에 있어서는 灌水處理를 하지 않으면 表土를 除外한 地下部는 10,000回 以上을 밟아도 堅密度가 林間 休憩所 水準에 미치지 못했다.

引 用 文 獻

1. Adams, W.R., and G.L. Chapman. 1942. Compti-

tion in some coniferous plantations, Vt. Agr. Exp. Sta. Bull. 489, pp.26, illus

2. Carmean, W.H. 1954. Site quality for Douglas-fir in South-Western Washington and its relation to Precipitation, elevation, and Physical soil properties. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18:330-334.
3. Carmean, W.H. 1961. Soil survey refinements needed for accurate classification of black oak site quality in southeastern Ohio soil sci. soc. Amer. Proc. 25(5):394-396.
4. Caile, T.S. 1935. Relation of site index for Shortleaf pine of certain physical properties of the soil. J. For. 33:726-730.
5. 池鑪夏. 1970. 育苗學 農林新聞社 p.47.
6. Emerson, G.B. 1850. A report on the trees and shrubs growing naturally in the forests of Massachusetts. p.547. Charles C. Little and James Brown Boston.
7. 中央觀象臺, 1970~1974. 중앙관상대 통계년보 및 월보
8. 李麗夏. 1974. 잣나무 幼齡林分의 樹高成長에 關한 研究. 건대 학술지 제18집.
9. 李弼宇. 1973. 리기다 소나무의 年輪形成과 肥大成長에 關한 考察, 木原林學會誌 p.12-16.
10. 馬相圭. 1974. 環境因자의 數量化에 依한 山林收穫量推定과 林木生長에 關한 研究. 林業試驗場 年報 山林土壤編
11. 西澤正久, 眞下育久, 1965. 數量化に依ル 地位指數 推定法, 日林試研報. No. 176.
12. 朴泰植. 1968. 리기다 소나무 幼齡林分의 樹高成

- 長에 關한 研究, 서울大學林 研究 報告書
13. Roth, F. 1916. Concerning Site. Forestry Quarterly 14:3-12. (Not seen. cited by many others)
 14. Sterenson, D.D., and R.A. Bartoo 1940. Coniferous forest plantings in central pensylvania, Pa. state Coll. Agr. Exp. Sta. Bull. 394. 20pp., illus.
 15. 山林資源調查研究所, 1972. 土壤調查 報告書 資料
 16. T.T., Kozlowski 1971. Growth and Derelopment of Trees. pp.196-250.
 17. 任慶彬. 1970. 林學概論 鄉文社 p.97.
 18. Zahner, R. 1958. Site-quality for Douglass-fir and Ponderosa pine in Northeastern Arkansas and Northern Louisiana. For. Sci., 4:162-176.