

アカマツ及びカラマツ植栽の疎密が 成林状態に及ぼす影響 (終結報告)

林業試験場技師 河 田 杰

林業試験場技手 金 谷 興 十 郎

目 次

1. 緒 言.....	29
2. 試験の方法並に経過.....	31
3. 一斉同齡林の構成状態.....	32
4. 植栽の疎密が單位面積當り(1町歩及び1陌)本數、材積に及ぼす影響.....	38
5. 植栽の疎密が樹形に及ぼす影響.....	40
6. 結 論.....	48

I 緒 言

本試験は明治 37 年 (1904) 以降今日に至る迄 40 年の長きに亘り繼續されて來たものであつて、當初の計畫は尠なくも 60 年位は續行するつもりのものであつたが、適々昭和 17 年 (1942) に至り試験林内の所々に被害の爲の疎開部を生じ、從つて林相稍惡化せる事實を認めたので、一先づ既往の成績を取り纏めて發表することとしたのである、尙本試験林には今後も出來得る限り保護を加へて、今後の経過を見ることとする計畫である。

本試験の目的は表題に明なるが如く、アカマツ及びカラマツの兩樹種に就き、疎植、密植が或る伐期——此の場合は假りに 40 年を伐期齡とする——を以て取り扱はれて居る一斉同齡の皆伐作業に對し材積、本數、直徑、樹高、枝下高、枝張り等の各項の上に如何なる影響を及ぼすや率ひてはそれ等の結果の綜合されたものが、全體として如何なる林業上の利害を伴ふものなるかを究めんとするものである。

元來本試験はスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツの四樹種に就き施行されたものであるが、此の中スギ及びヒノキの二樹種に對するものは、大正 4 年 (1915) 5 年 (1916) 兩年に亘る冬期の大寒害の爲めに林相を破壊せられ試験の續行が不可能に陥つた爲めに大正 6 年の當時之を中止し、爾後アカマツ、カラマツの兩樹種に就てのみ、試験を續行することとなつたのである、而して今日となつては、試験開始當時の當事者が腦裏に描いて居た目標を想像する術もないが、恐らくは下の如き目途を潛まして居たのではないかと思ふ、即ち多くの場合伐期近き林相に於て、所謂陽樹なるものは疎立し、所謂陰樹なるものは陽樹に比すれば比較的に密立して居

るものである、それ故、陽樹を造林するに當り間伐の爲めに減少する犠牲を尠なからしめると云ふ意味に於て、當初より比較的其の單位面積當り植栽本數を尠なく即ち疎に造林するを有利とし、之に反し陰樹を造林するに當り立體的に空間を利用し得ると云ふ意味に於て當初より比較的本數を多く即ち密植を可とすると云ふ事である、然るに本試験は前述せる如く開始後10數年にして、寒害の爲めにスギ及びヒノキに關する試験を中止するに至つたので、残りのものは勢い其の當時に於て共に代表的陽樹と目されて居たアカマツ及びカラマツに就て試験を續行することとなつたのである、それ故上記の前提の立場から云へば、兩樹種共に當初より疎植せるものが有利の結果を齎らしさうに考へらるるのであるが、結果は之と全く反して、後段報告するが如く綜合的に見て、アカマツは密植を有利とし、カラマツは疎植を有利とする云ふことに歸着したのである、従つて此の結論の依つて來りし淵源とも見るべき幾多の考察、又其等の考察を誘導する原因となれる幾多の現象等は造林學並に造林事業上に、此の試験を施行せざりし以前に於ては全く考へて居なかつた様な事象に觸れ又は事象のあるべきを示して居るものが甚だ多いのである、即ち或る意味に於て本報告は植栽本數決定の上に考慮すべき諸條件及び考慮し方に就て劃期的の主張をしたものとも云へるのである、以上が本報告發表の理由である。

本報告を發表するに當り、本試験開始以來本試験に對し直接間接關與せられたる職員各位の氏名を一括して掲げることは、斯かる長期に亙る林業試験と云ふものが、中々一朝一夕のものでなく、全く數多先輩の努力の結晶であることを世に示し且吾々後進者より先輩に對する感謝の表現ともなるべきを思ふ所以である、其の意味に於て以下順を追ふて掲げることとする、尙各人の官名は各人が本試験に關係して居た當時のものであることを追記して置く。

本試験開始の動機ともなり又其の當時の當事者でもあり且最近迄専ら之が指導に當られたる向きは、其の當時の林業試験場長農商務技師林學博士白澤保美、農商務技師林學博士寺崎渡の兩氏である。

本試験の主査として専ら研究の實務に従事した人々は、開始當時の實行者として山林技師西大路吉光氏の名を擧げることが出来る、次ぎに山林技師原田覺二氏を経て明治43年(1910)頃から大正5年(1916)迄は山林技師山田熹一氏であつて、大正5年より昭和9年(1934)迄は林業試験場技師河田杰である、而して河田技師の營林局技師として東京營林局へ轉任せし後は林業試験場技師佐多一至氏主査として昭和10年(1935)に至り、同氏の兵庫縣林業試験場長として轉任せらるるや林業試験場技師大城川次郎氏之を引き繼ぎ、同氏も昭和14年(1939)華北に轉出せらるるに及び林業試験場技師小池益夫氏其の後を襲ふたのである、昭和15年(1940)小池氏の熊本營林局に轉ずるに際し、適々其の當時青森營林局在勤たりし河田技師は林業試験場技師として歸任し、再び本試験の主査として今日に及んだのである。

本試験の開始以來今日に至る間東京大林區署又は東京營林局の職員として本試験に對し比較的關係の密なりし各方の氏名を掲げると下の様である、山林技師木村喬顯、營林局技師正木信

次郎、同早尾丑麿、同中川伸之進、同田中波慈女、同山内倭文夫、同西山久好、同森田勝一、同野村進行、同八尾安太郎、同渡邊宗正、同益戸秀英。

本試験開始來今日に至る間地元の小林区署長又は營林署長として在職せられたる各方の氏名は下の様である、横川小林区署長營林主事井部榮基、同林務官補國司道輔、同林務官佐藤鍾郎、高崎小林区署長山林屬柏徳之助、同山林技師内山房吉、同山林事務官松浦昌、同林務技手松原太郎、同山林技師田中米治、同山林技師天野九郎、同山林技師沼澤陸太、同山林副事務官曾山直一郎、同山林副事務官長沼巖、同山林技師岡村喜代策、同營林署技師外山寅雄、同營林署技師村田文之助、同營林署技師小山内淳進、同營林署技師太田寅四郎、同營林署技師荒井元、同營林署技師石川利治。

本試験開始以來今日に至る迄小林区署員又は營林署員として特に本試験に關し密接の位置にありし各方の主たる人々の氏名を掲げると下の様である、山林技手圖師政次、營林署屬知野秀雄、營林署技手山崎泰義、營林署技手石井誠、營林署屬藤原幾喜、森林主事天野鐵造、同早乙女倉之助、同渡邊勝一、同栗原文三郎、同中山和平、同小林慶次郎、營林署技手金澤深、森林主事福田則雄、同谷元貞雄、同大原富七、同巡守武井乙造、同武井延太郎、同中島小十郎、同猿谷高十、同定夫原田靜作、同山口良太郎、同齋藤伊三郎、同武井瀧三郎、同近藤進、同石山重太人夫中島愛助、同松太郎。

尙本報告調製を了するに當り前橋營林局經營部計畫課試験係りの諸氏に對し深甚感謝の意を表する次第である。

II 試験の方法並に經過

(1) 試験地の位置、試験方法の概要及び標準地の面積

植栽の方法を正方形及び正三角形の2種に分ち、其の各の苗間距離を4尺5寸、6尺、8尺の3種類とし、1樹種毎に4尺5寸正方形植栽（略號4.5□）、4尺5寸正三角形植栽（略號4.5△）、6尺正方形植栽（略號6.0□）、6尺正三角形植栽（略號6.0△）、8尺正方形植栽（略號8.0□）、8尺正三角形植栽（略號8.0△）の6個の試験區を設定し、アカマツに就ては、群馬縣碓氷郡白井町大字五料字小根山國有林（前橋營林署管内）に於て、カラマツに就ては、群馬縣碓氷郡細野村大字土鹽字五郎山ノ神國有林（前橋營林署管内）に於て夫々試験を施行したのである、而して各試験林内に一定の標準地を設け、此の標準地内の立木に就て調査の必要ある毎に、毎木調査を行ひ記録を保存し來たのである、今其の標準地の大いさを示すと、それはTable 1の様である。

本試験林は一面に於てアカマツ及びカラマツに就て植栽の疎密の程度を異にしたる12個の林分であると同時に、他の一面に於ては、等しく是等は針葉樹の一齊同齡林分の集合であるから、現在の成林状態は、植栽の疎密に依る影響と、一齊同齡林の通有性よりの影響との綜合であると見做すことが出来る、そこで先づ一齊同齡林の構成状態を研究し、次ぎに植栽の疎密が成林

状態並に樹形に及ぼす影響を研究したのである。

毎回の調査に於て毎木に就き測定せる主たる項目は下の様である、即ち i) 直径(寸)、ii) 樹高(尺)、iii) 枝下高(尺)、iv) 枝張り(尺)之である、而して茲に特に説明を要すと思はることは、枝下高と枝張りとは、枝下高と云ふのは、最下の生枝の根本から地表迄の距離であるが、カラマツの如く枝の切口より第二次の不定芽を生ずるものにありては此の不定芽を認めないで、元來よりの第一次の最下生枝の根元の高さと云ふことにして居る、又枝張りとは、各横枝が地表に投ずる正射影の中最長のもの只一本を測つたものである。

(2) 既往に於ける發表

第1回報告は林業試験報告第25號(大正13年、1924刊行)に、第2回報告は同第27號(昭和2年、1927刊行)に、第3回報告は同第37號(昭和16年、1941刊行)に發表し、本報告は第4回に當り且つ一先づ終末のものである。

(3) 試験の経過

明治37年(1904)植栽施行以後、毎年相當の下刈を行ひ、逐時蔓切、除伐、枝打ち並に間伐を施行し今日に及んだものである、今各試験區に於ける間伐施行年度を示すと、それは Table 2 の様である。

III 一齊同齡林の構成状態

(1) 直径と樹高との關係

i) 相關關係 調査の都度樹高は1尺置きに、直径は5分置きに簡約し、直径階別樹高階別本數分配の一覽表を作り、之を資料として研究を進めたのである、而してそれ等資料表の中、第1回報告より第3回報告に至るものは Table 3 の示す内容通りに掲記してあるから本報告に掲ぐることは省略することとする。

次にアカマツ林に就ては昭和18年5月(1943)、カラマツ林に就ては昭和17年8月(1942)調査を了したる直径階別樹高階別本數分配表(但し間伐前のもの)を示せばそれは Table 4.

(1—12)の様である。

Table 4 に於ける本數分布の状態は既往の調査と其軌を一にし、今回も亦表の左上より右下に向ふ對角線に添ふて集中する傾向が顯著である、茲に於て進んで、直径の樹高に對する相關比(η D.H)及び樹高の直径に對する相關比(η H.D)を求めて見た處、其の大部分は0.5以上の値を持つことが確かめられたのである、今既往に於て調査し得たる相關比を全部一表に取り纏めて見るとそれは Table 5. の様になるのである。

今此の表を見ると、次の様な二三の事實を認めることが出来る、其1は求め得たる相關比の全數アカマツ林に於ては82、カラマツ林に於ては72であるが、其の中0.5以下の値を示すものはアカマツ林に於て只1個あるのみである、而も此の數値でさへも0.46であつて、やがて0.5に近きものである、されば此の事實から押して、一齊同齡の針葉樹林に於て之を構成する

個樹の直径と樹高との間には高き相関関係が成り立つて居る、即ち直径の大なるもの程樹高大となり逆に樹高の大なるもの程直径大となる一般傾向の存することを確認し得るに至つたのである、其2は今アカマツ林とカラマツ林とに分けて、求め得たる相関比の値を大いさの範囲別に振り分けて見ると、Table 6. の様になるのである。

此の表に依ると、アカマツ林とカラマツ林とで相関比の値を著しく異ならしめて居ることである、即ちカラマツ林の方が常に其の値が高いことである、此のことは確に樹種に依る差異があつて、アカマツとカラマツとで一齊同齡林の構成状態を異にして居ることを示すものと認めることが出来る、尙此の事に就ては、別の機会に於て更に深く研究して見ることとする。

擬 Table 5. の事實を數字の上に於て知らんと欲して、各年次別直径階別平均樹高を總覽して見るとそれは Table 7. の様になるのである。

ii) 樹高曲線 Table 7. の數字を資料として進んで各林分に於ける樹高曲線を求めて見た處、そこには種々の注目すべき結果を得たのである、今之を樹高曲線の求め方と、樹高曲線の實體との二つの部分に分ち記述しやふと思ふ。

樹高曲線の求め方 先づ本數分配表(例へば第7表)の上から求め得たる各直径階別平均樹高を材料とし、之が3點移動平均値を求めて、或程度曲線の形を平滑ならしめ、是等移動平均値を實驗數と見做して、其曲線の走向を豫測し肉眼鑑定を以て、豫め其の曲線の一般式を想定し、連立方程式を解くに當り應用せらるる消去法に依つて其の係數を算出する一種の簡易法に依つたものである、但し本計算に於て3點移動平均値を求むるに當り、其の各直径階に屬する本數を重さとして考慮に入れたのである、今アカマツ林の4.5△植栽の中昭和18年に於けるものを一例にとり之が樹高曲線式を求むる計算例を順を追て示すと下の様である。

先づ第一に3點移動平均値を求める計算例を示すとそれは Table 8. の様である。

次ぎに本數分布表(Table 4.)より算出せる平均値と是等より誘導せられたる3點移動平均値との關係を圖示すると、それは Fig. 1. の如くである。而して此の3點移動平均値を連ぬる曲線の走向より其曲線を $y = ax^b + c$ 即ち $H = aD^b + 4.0$ (但し4.0は胸高を意味す)なる拋物線と推定したのである、そこで之を書き直して見ると、

$$H - 4.0 = aD^b \quad \log(H - 4.0) = \log a + b \log D$$

となるのである、更に消去法により此の係數 a 及び b を算出したのである、其の計算例を示すとそれは Table 9. の様である。

擬 Table 9. の計算に依つて

$$\log(H - 4.0) = 1.39797 + 0.41950 \log D$$

なる曲線式が求められたのであるが、此の曲線式が實際に適合せるものなりや否やを検討して見るとそれは Table 10. に示せるが如き實例となるのである。

即ち此の表に依れば、當初3點移動平均の曲線が示す大體の走向から此の樹高曲線が $H = a$

$D^b+4.0$ な拋物線なるべしと目標を定めたことは大體に誤りでなかつたと云へる様である、以上が樹高曲線の求め方の實例である。

樹高曲線の實體 以上示したるが如き方法のもとに、先づアカマツ林に於ては、大正4年、大正8年、大正10年、大正15年、昭和5年、昭和8年及び昭和18年に互る毎回の測定時に於けるものの、カラマツ林に於ては、大正3年、大正8年、大正15年、昭和5年、昭和8年及び昭和17年に至る間毎回の測定時に於けるものの各徑階別の樹高3點移動平均値を示すと、それは Table 11. (1—10) の如くである。

尙カラマツ 4.5 □、カラマツ 8. □の2區は其標準地面積過小であつて、殘存本數極めて少ないのである、依つて不適當と認め樹高曲線を求めなかつたのである。

今 Table 11. に示されたる3點移動平均値を實驗數とし、先づ曲線の走向に依り斯くあるべしと推定せる曲線の一般式を目標とし、求め得たる曲線式を併記するとそれは Table 12. (1.2) の様である。

擬以上の研究に依つて吾々は何を知ることを得たかと云ふと、第1は一齊同齡の針葉樹林に於ては同一の林分であつて、而も同一の直徑階であつても、之に對する樹高は林齡と共に異なつて來るものである、即ち林齡高きものの樹高曲線と云ふものは、それと同じ林分の林齡若き時代の樹高曲線の延長ではない、常に別の曲線の一部として瓦狀に重さなつて出て來るものであること、第2は樹高曲線には種々の型のあることであつて、例へば 4.5 △の植栽區のものは林齡の高きに従い、

$$H = ae^{bD - \frac{c}{D}} + k, \quad H = ae^{-\frac{b}{D}} + k, \quad H = aD^b + k \text{ なる3種の型に此の順に依つて曲線式を推移せしめて居るが如きものである、第3は此の表の内容を見ると其所に二つの新事實に氣付くのである、即ち(1)アカマツ 6.0 □の昭和18年(1943)に於けるものは、一般式}$$

$\log(H-k) = \log a + Db \log e - \frac{c}{D} \log e$ に於て b の値が負であることである、從て $B = |b|$ とすれば式は $\log(H-k) = \log a - DB \log e - \frac{c}{D} \log e$ と書き換へらるるのであるが、斯くの如き曲線の有する性質は如何なるものであるかと云ふと、 D の値が或程度を越えざる限りは、 D が大となるに従ひ、 H も大となるが、 D の値が或値を越えると、 D が大となるに従ひ、 H が小となるが如きものである、又(2)アカマツ 8.0 □の昭和18年(1943)に於けるものであつて一般式 $\log(H-k) = \log a + Db \log e - \frac{c}{D} \log e$ に於て c の値が負となることである、即ち $|c|$

$= C$ とすれば一般式は $\log(H-k) = \log a + Db \log e + \frac{C}{D} \log e$ と書き換へることである、而して斯くの如き曲線は如何なる性質を有するかと云へば、 D の値が或程度以上大となれば D が大なるに従ひ H は加速的に益々大となる即ち曲線は寧ろ上向きに上がるのであるが、逆に D の値が或程度以下に小となると、 D が小となるに従ひ H は却つて急速に大となつて曲線は結局 Y 軸に添ひ並行の位置を取り無限大となる性質のものである、而して以上二者共にそれが現實の

問題に觸れて居る部分は、共に以上の如き矛盾を生ぜざる範圍が書き出されて居るのである、尙此の事實はカラマツ林に就ても再び記述するつもりである。

次ぎにカラマツ林の樹高曲線に就ても、之を検討して見た處、やはりアカマツ林同様の事實を發見し得たのである（但し前述せるが如くカラマツ林に於ては 4.5 □ と 8.0 □ の 2 區は共に其の標準地の面積が非常に小であつて、其の中に存する立木本數過小の爲め研究の粗上に乗せるには不適當のものと認め、是等の研究は單に 4.5 △、6.0 △、6.0 □、8.0 △ の 4 區に就てのみ行なつたのである）、即ち此の表に依つて見らるるが如く $\log (H-k) = \log a + D b \log e - \frac{c}{D} \log e$ なる一般式に於て b の値が負なる場合即ち $\log (H-k) = \log a - D b \log e - \frac{c}{D} \log e$ なる形を取るものは 6.0 □ 區の昭和 17 年のもの、8.0 △ 區の大正 15 年、昭和 5 年、昭和 8 年及び昭和 17 年の各に現はれ、又一般式の c の値が負なる場合即ち $\log (H-k) = \log a + D b \log e + \frac{c}{D} \log e$ なる形を取るものは 6.0 □ 區の昭和 8 年の場合に現はれて居るのである、されば、上記の如き特別なる形を曲線が取る場合は二つながらアカマツ林にもカラマツ林にも現はれて居る處を見ると斯かる現象は一齊同齡の針葉樹林の構成上共通せる性質と見ることが出来る様である。

擬上記の如き研究に依つて求め得たる各曲線の適合状態に就て検討することを目的とし、實驗値と算出値との對象を表示するとそれは Table 13. (1—13) の様になるのである。

今此等 Table 12. 及び Table 13. の内容を圖示するとそれは Fig. 2. (1—10) の様になるのであつて、Fig. 2. に於ける各曲線を其の儘延長して見たのが Fig. 3. (1—10) である、而して Table 13. の内容及び Fig. 2. に就て通覽するに多少の無理は免れ難いが大體に於て各曲線の適合性を認めることが出来る様である。

茲に於てアカマツ林、カラマツ林の二者を通じて其處に現はれたる樹高曲線の型式を示すと

$$\text{第 I 型式} \quad H = a e^{bD - \frac{c}{D}} + k \text{ 又は}$$

$$\log (H-k) = \log a + D b \log e - \frac{c}{D} \log e$$

$$\text{第 II 型式} \quad H = a e^{-\frac{b}{D}} + k \text{ 又は}$$

$$\log (H-k) = \log a - \frac{b}{D} \log e$$

$$\text{第 III 型式} \quad H = a D^b + k \text{ 又は}$$

$$\log (H-k) = \log a + b \log D$$

之である、 $\log (H-k) = \log a - D b \log e - \frac{c}{D} \log e$ の型を見せて居る場合も

$$\log (H-k) = \log a + D b \log e + \frac{c}{D} \log e \text{ の型を見せて居る場合も共に 第 I}$$

型式の特別な場合と見做して、各林分が林齡の推移と共に如何に其の樹高曲線の型式を變へて

行くものであるかに就て検討して見たのである、先づ Table 12. の内容を此の型式に依つて分けて見るとそれは Table 14. の様になるのである。

此の表を見ると、吾々は其所に一つの傾向を発見し得た様に思ふのである、即ち研究の対象たる林分は10あるが其の中樹高曲線の型式が林齢の高きに従い I→III の方向に推移して居ると解釋し得るものが8、必しも斯く認め難きものアカマツ林に於て6.0□區カラマツ林に於て6.0□區の2區である、而して是等を特殊の場合と認めれば、一齊同齡の針葉樹林の構造の一部として、直徑階に對する平均樹高の動き、即ち樹高曲線は林齢が高きに移るに従い大體に於て次ぎの順序に其の曲線式の型を變へるものの様である。

$$H = ae^{b - \frac{c}{D}} + k \rightarrow H = ae^{-\frac{c}{D}} + k \rightarrow H = aD^b + k$$

而もアカマツ 8.0□に現はれたる現象より推察すれば、一端 III の型式となりたるものに適當なる間伐を施すならば、それは再び I に戻るものであらふと云ふことになるのである、即ち之を模型に描けば、樹高曲線が林齢と共に推移する状態は I→II→III→I→II→III となるものの様である。

(2) 直徑と枝下高との關係

調査の都度、直徑は5分置き、枝下高は1尺置きに簡約し、直徑階別枝下高階別本數分配の一覽表を作り之を資料として研究を進めたのである、而して其の資料表の中、第1回より第3回報告に至るものは Table 15. の内容の示す様に掲記してあるから本報告に於ては是等は省略することとする。

次にアカマツ林に就ては、昭和18年、5月(1943)、カラマツ林に就ては昭和17年8月(1942)、調査を了したる直徑階別、枝下高階別本數分配表を示せば、それは Table 16. (1—12) の様である、而して本表に於ける本數分布の状態は既往の調査と其の軌を一にして居る、即ち今既往に於て求め得たる直徑に對する枝下高の相關比を一覽表に作り示すと、それは Table 17. の様である。

今此の表を通覽するに、其所には樹性に應ずる差異が見える様である、即ちアカマツもカラマツも共に其林齢の若い時代は相關比は0.5より小であるが、此の傾向は特にアカマツ林に於て顯著であり、カラマツ林に於て時々0.5より大なる場合を散見するのである、然るに林齡漸く高きに伴ない、アカマツ林に於ては昭和18年の調査に於て、其の8.0△植栽區に於けるものが始めて0.63なる0.5より大なる値を示したのみであるのに、カラマツ林に於ては、昭和8年當時の調査に於て、既に其の半數は0.5もしくは0.5以上の値を示し、昭和17年(1942)に於ては其の全部が0.5以上の値を示して居るのである、茲に於て進んで相關状態の方向を知らんと欲して、是等のもの相關係數を求めて見たのであるが、其の結果は Table 18. の様になつたのである。

即ち其値はカラマツ林の6.0△、8.0□の2區を除きては悉く意味無き結果に落付くのみならず、此の中6.0△區のものは負8.0□區のものは正の符號を取つて何にも一定の方向を示して居ない、即ち以上の結果を綜合すれば、直徑と枝下高との間には何等かの關係ありとは解釋出来ないのである。

（3）直徑と枝張との關係

調査の都度直徑は5分置き、枝張は1尺置きに簡約し、直徑階別枝張階別本數分配の一覽表を作り之を資料として研究を進めたのである、而して其資料表の中第1回報告より第3回報告に至るものは、Table 19. の示す内容の通り掲記してあるから本報告には是等を省略することとする。

次にアカマツ林に就ては昭和18年5月（1943）、カラマツ林に於ては昭和17年8月（1942）調査したる直徑階別、枝張階別本數分配表を示せば、それはTable 20. （1—12）の様である。

是等の表を見るに、其の傾向は直徑、樹高の場合程顯著ではないが、數字の分布状態は表の左上より右下に向ふ對角線に添ふて集中して居るのを見るのである、今既往に於ける計算の結果を一表に取り纏めて見ると、それはTable 21. の様になるのである。

此の表に依れば求め得たる相關比60個の中0.5より小なるもの僅に3個であつて、而も其最小のものが、0.43と云ふ値である、尙是等の數字をよく調べて見ると、アカマツ林に於ては相關比の最大0.83最小0.58に對しカラマツ林に於ては最大0.95最小0.43であつて相關比の値の大小の範圍がカラマツ林のそれはアカマツ林のそれに比して廣いのである、而もカラマツに於ては0.5以下の値のものは全部林齡の比較的低き時代に現はれて居るのである、此の事實に根據を求めて立論すれば、一齊同齡の針葉樹林の構成状態の一般性として、直徑と枝張との間には高き相關關係は成立つては居るが、其の相關比の値は樹種毎に多少其の大いさを異にして居る、即ちカラマツ林はアカマツ林に比して其の若き時代に於ては此の關係は寧ろ低き程度を示して居るが、林齡の高きに従い、逆にアカマツ林以上此の關係が高くなつて來るもの様である。

（4）以上の摘要

以上記述し來りし處に依り一齊同齡の針葉樹林の構成状態に就て其の摘要を述べると下記の各項の様である。

i) 一齊同齡の針葉樹林内に於て、之を構成する個樹の直徑と樹高とは互に相關し、直徑大となるに従い樹高も亦大となり逆に樹高大となるに従い直徑も亦大となる傾向あるを確認することが出来るのである、而もこのことたるアカマツ林に比しカラマツ林に於て特に其の傾向が顯著である。

ii) 一齊同齡の針葉樹林内に於て之を構成する個樹の枝下高を直徑に關係せしめて検討して見た處、其間何等の一定せる傾向あるを認め難いのである、而して其の林齡の低き時代に於ては

直径の如何に係らず、林分毎に其の枝下高は一定たらしめる傾向あるを認めることが出来るが、林齢の高きに従ひ此の傾向も明確でなくなつて来る、結局今の處直径、枝下高の二者の關係は不明である。

iii) 一齊同齡の針葉樹林内に於て之を構成する個樹の枝張を直径に關係せしめて検討して見た處、其の間には相當高き相關關係の存することを確認出来る様である、即ち直径の太なるもの程枝張りも大となる傾向があるのである(但し枝張とは如何なるものを指して云ふかに就ては(3)項を参照のこと)。

iv) 直径に關係せしめて求め得たる樹高曲線には3個の型式があつて、其の各の型式は林齢の推移に應じて一定の順序の下に現はれて来るものの様である。

以上の摘要中 i)、ii)、iii) の3つの傾向は既往に於て第1回、第2回及び第3回の報告に於ける結論と全く一致して居つて此の3つの事實は一齊同齡の針葉樹林の構成上通有性と見ることが出来る様である。而してiv) の事實は今回の報告に於て始めて發表したる處である。

IV 植栽の疎密が單位面積當り(1町歩及び1陌)

本數、材積に及ぼす影響

(1) 植栽の疎密と本數減少との關係

各試験區に就て標準地面積及び試験開始當時より今日に至る間、各測定時に於ける實在本數變化の状態を表示すれば、それは Table 22. の様である。

此の表に依れば、現在本數が當初本數に對する比率は密植區程小である、即ち間伐及び自然枯損に依り本數の減少する割合は密植區程大であると云ふ一般傾向は認めることが出来る。

次に此の Table 22. の内容を1町歩當り及び1陌當りに換算して見ると、それは Table 23. (1.2) の様になるのである。

今1町歩當りの數字を見るに現在本數が當初本數に對する比率から見て密植區程本數減少が多いと云ふことは直に認めらるるのであるが、其の殘存本數に於てアカマツ 8.0 △區が異常に尠ないのは一部被害の爲め林相が將に破壊せられんとして居る爲めであり、カラマツ 4.5 □とカラマツ 8.0 □の2區が異常に多いのは、Table 22. に見るが如く標準地面積過小なる爲め之が1町歩當り換算値が適正なるものを示し得ないことに原因がある様である、而してそれ等の實情を考慮に入れて考査するに、結極密植區程本數の減少する割合は大であるが、即ち各區とも林齢の高きに従ひ、其の單位面積當りの本數は漸次近似し来るものではあるが、又一方伐期に於ける殘存本數は依然として密植區に比較的多いと云ふ傾向は之を確認出来る様である、尙此の本數減少の状態を1陌當りに就いて圖示するとそれは Fig. 4. (1—12) の様になるのである。

(2) 植栽の疎密と材積並に收穫量との關係

各試験區に就て其第1回測定當時より現在に至る材積成長並に收穫量の増加を實數に示せばそれは Table 24. の様である。

此の表の内容に依り其1町歩當り材積及び1陌當り材積を算出すれば、それは Table 25. (1.2) の様になるのである。

Table 25. に於て見るが如くアカマツ林に於ては總收穫量に於ては密植區程大であり、現在材積、既往間伐木材積の合計の二者に於ては、多少の不規則はあるが大體に於て密植區の方が大なるが如き傾向あるを認むることが出来るのである、カラマツ林に於ては前述の理由に依り標準地過小なる 4.5 □ 及び 8.0 □ の 2 區の數字は適正を缺く恐あるを以て比較の圏外に置くとすれば、現在材積、既往間伐木材積の合計、總收穫量の三者に於て疎植區の方寧ろ材積が大であるが如き傾向あるを認めることが出来るのである、即ち材積關係を比較の基準とすれば、アカマツ林に於ては明に密植を有利とし、カラマツ林に於ては疎植を有利と認め得るのであるが、其の差は餘り顯著でないのである、茲に於て單木材積を比較して見たのであるが、その結果は Table 26. の様である。

即ち此の表によればアカマツ林に於てもカラマツ林に於ても單木材積は疎植區の方が大なる傾向あるは二者共に一致しては居るが最大最小の開きに於てカラマツ林の方が著しく大である、此の現象は、やはり樹種毎に有する特性の然らしむる處であつて、此の性質が二者共に造林學上所謂陽樹でありながら、植栽の疎密が經濟上に及ぼす利害と云ふことになるのと其の結果を相反せしめて居ることの原因をなすものであらふ、尙單位面積に對する材積に於て現在材積と既往間伐木材積の合計とを比較するに、アカマツ林に於ては各試験區を通じて常に現在材積の方間伐材積の合計よりも大であるが、カラマツ林に於ては、3 區は現在材積の方が大であり、其の他の 3 區は間伐材積の方が大となつて居て一定の傾向を示して居ない、而して、前述の理由により 4.5 □ と 8.0 □ の 2 區を比較の圏外に置くときは爾餘の 4 區の中 3 區迄は間伐材積の合計の方が現在材積よりも大である、即ち此の事に於ても、アカマツ林とカラマツ林とが其構造を異にして居ることが窺い知らるるのである、尙此の材積成長の關係を其の 1 陌當りに換算せるものを圖示するとそれは Fig. 5. (1—12)

又 1 陌當り總收穫材積を各試験區に就て圖示するとそれは Fig. 6 の様になるのである。

(3) 以上の摘要

本章に記述し來つた處を摘記すると次ぎの様である。

i) 各林分共に鬱閉状態に應じ寺崎式 B 種を基調とせる間伐を繰返して來た處、アカマツ林に於ては植栽の疎密を異にせる關係上同時に間伐を施行することが出来なかつたのである、而して密植區程間伐開始の時機が早く到達した、同時に今日に至る迄間伐の繰返し度數は密植區程多くなつたのであるが、カラマツ林は之に反し各林分を通じ略同時に間伐を開始し得たのみならず、爾後も各林分を通じ常に同時に間伐を繰返し得たのである、之は實地に於ける肉眼觀察

の結果アカマツとカラマツとで、間伐によりて生じたる疎開部を殘存木の枝が伸張して閉鎖する早さがカラマツの方がアカマツに比して早いことと、隣接木と競争して樹冠の形が偏倚し來ることはカラマツの方がアカマツより早く且顯著なることに歸因せしむべきものの様である。

ii) 現状即ち約40年の林齡下に於て、單位面積當りの本數は間伐が繰返さるるに伴ない非常な速さを以て互に近よりつつある、然しながら尙未だ密植區に多く疎植區に少ない傾向は失して居ない。

iii) 材積的關係即ち多收穫と云ふことを比較の基準とするときにアカマツ林に於ては明に密植を有利とするも、カラマツ林に於ては寧ろ疎植を有利とする傾向を示して居る、尙進んで此の事實を仔細に考察するに、以下の如く推斷し得る様である、即ち疎植區に於ける單木の肥大成長は、密植區に於ける單木の肥大成長よりは早いことは、アカマツ林、カラマツ林を通じて同様であるが、其開きがカラマツ林の方が比較的に大である、而も一齊同齡林の構造として太き木程高いのであるから、疎植區の平均高の方が密植區の平均高よりも高くなつて來るか云ふと必しも然らずであつて、此の點に於てアカマツとカラマツとは非常に互に異なる特性を有して居るのである、即ちアカマツは幼齡より壯齡に至るに従い密立する程上長成長が良好であつて斯かる環境の下に於ては、直徑の小なる割合に樹高の大なる樹形を呈するものであるが、カラマツは斯かる特性に乏しく常に太きもの程高いと云ふ特性のみを示すものである、従つて一方非常な早さで林齡と共に本數が近よりつつあるにも係らず、幼時に於て早くも疎植區に於て太い木が多くなり其の結果として疎植區には高い木も亦多くなり最後に於て疎植區に於ける單木材積が密植區に於ける單木材積に比して著しく大となるの結果を招來するのである。

V 植栽の疎密が樹形に及ぼす影響

(1) 植栽の疎密と胸高直徑との關係

各測定時に於ける試験區別、年次別直徑階別本數分布の推移状態を示すと、それは Table 27.

(1.2) の様である。

次ぎに各測定時に於ける試験區別、年次別の平均直徑 (MD)、標準偏差 (σD) 及び變異係數 (c.v) 等を表示すれば、それは Table 28. の様である。

今此の表に依ると二三の事實に氣付くのである、即ちアカマツ林に於ては甚だ不明瞭ながらも疎植區程其變異係數大となる傾向がある様であるが、カラマツ林に於ては此の傾向は殆んど認められない、之はアカマツ林に於ては疎植區程其の直徑が不揃となる傾向が僅に認められるが、カラマツ林に於ては斯かる傾向は殆んどない様であると云ふことを示して居るのである、次ぎに之も多少不明瞭ではあるが、アカマツ林に於ても、カラマツ林に於ても、林齡低き時代の方が變異係數の値が大である様に認められる、即ち林齡の高きに従い、漸次直徑が揃つて來るものの様である、もし然りとすれば、此の現象は幾度も繰り返さるる間伐の影響と見ることが出来ると思ふ。

扱 Table 28. に見らるるが如く、各測定時に於ける平均直径と植栽の疎密即ち當初の 1 陌當り植栽本数との間に何等かの相關關係が成立つて居るかどうかの検討に入らふと思ふ。

先づ當初 1 陌當り植栽本数の中、アカマツ林に於て最も密植區たる 4.5 △區の本数を 100 とし其他を相應數に換算し且各年次に於ける平均直径を是等換算數字と對應せしむれば、それは Table 29. の様になるのである。

斯くして此の Table 29. の欄 2 の數字列と之に應ずる欄 3 以下の數字列との間に相關關係が成り立つや否やに就て検討して見たのであるが、其の例として欄 2 と欄 3 (大正 4 年の平均直径) との二つの數字列の間に於ける相關係數の計算例を示すと Table 30. の様になるのである。

以上實例と同様の計算を繰返して得たる結果を表示すれば、それは Table 31. の様である。

今此の結果を見るに符號負を示すものは、植栽本數が大となるに従ひ、平均直径小となることを意味して居る、然るに符號負を示す r の値の中 1919, 1923 の兩年のものは意味なきもの、1915, 1926 及び 1943 の三年のものは、有意味であり且 0.5 より大なるに對し符號正を示す r の値は悉く意味なきものであり且 0.5 より小である、即ち前述せる如くアカマツ林に於ては、鬱閉の關係上各試験區を通じ同時に間伐を施行し得ざりし爲中途に於て植栽の疎密と平均直径との關係は一時不明に陥りたるも、林齡更に高きに進み且間伐回數を重ねるに伴ない、再び本來の相關關係に戻りたるを示すものである、即ち此の結果から見て、林齡 40 年の今日尙當初植栽本数の多きもの程平均直径小となる關係を持続しつつあることを知ることが出來たのである。

以上と同様の操作をカラマツ林に宛てはめて見た處、先づ Table 32. を調製し得たのである。

此の表の内容に對し Table 30. 同様の計算を施して見た處其の結果は Table 33. の如くである。

即ちカラマツ林に於ても、アカマツ林同様林齡約 40 年の今日中途に於て屢々間伐は繰返されたにも係らず、密植區程平均直径が細くあるべき關係を持続して居ることが認められる、而も間伐が各林分を通じて同時に行はれ得ざりしアカマツ林に於て、相關係數の符號が中途に於て時々正を示して居るに對し、間伐が常に各林分を通じて同時に施行せられたるカラマツ林に於て相關係數の符號が常に負を示して居ることは、アカマツ林、カラマツ林に對する取扱の異なる點に歸因し得るものと見ることが出来る、同時に樹種毎の特性の差を語るものであると思ふ。

(2) 植栽の疎密と樹高との關係

各測定時に於ける試験區別、年次別、樹高階別本數分布の推移狀態を示すとそれは Table 34 (1.2) の様である。

今是等の資料より算出し得たる平均樹高 (MH)、標準偏差 (σH) 及び變異係數 (c.v) 等を年次別に示せば、それは Table 35. の如くである。

此の表を見るに、平均直径の處で述べたると同様の傾向を樹高に就ても見ることが出来るのである、即ちアカマツ林では疎植區程其の樹高が不揃となる傾向が僅ながら認められるが、カ

ラマツ林に於ては斯かる傾向は認められないのである、次ぎに之も多少不明瞭ではあるが、アカマツ林に於ても、カラマツ林に於ても共に林齢の低き時代の方が變異係数の値が大である様に認められる、即ち林齢の高きに從い漸次樹高が揃つて來るものの様である、もし然りとすれば、此の現象は植栽後今日に至る間幾度も繰り返へされた間伐の影響と見る事が出来ると思ふ。

次ぎに植栽の疎密と各林分の平均樹高との關係を知らんとして、平均直徑の場合と同様の對照表 (Table 29. 參照) を作製するとそれは Table 36. の様である。

此の 2 欄の數字列と各年次別平均樹高の數字列即ち 3 欄以下各欄の數字列との間に存する相關係數を Table 30. に示したると同様の計算により算出して見ると、それは Table 37. の様な結果となるのである。

Table 37. に見るが如く相關係數の値は悉く 0.5 以上であつて確率誤差の値との對比上アカマツの 1930 年及び 1943 年を除けば他は全部相關關係の成立を示して居るのである、而も其の符號はアカマツ林に於ては悉く正である、換言すれば、植栽本數多きもの程平均樹高が高くなる傾向あるを示して居る、又カラマツ林では悉く負である、換言すれば植栽本數多きもの程平均樹高が低くなる傾向あるを示して居るのである、而して此の傾向は初度の測定當時より今日に至る間其儘持續されて來たものである、然るに既に掲げたる Table 31. 及び Table 33. の結果に依れば、植栽の疎密と平均直徑との關係は兩樹種を通じ其の相關係數は常に負を示して居る、即ち植栽本數多きもの程平均直徑小となる傾向あるを示して居るのである、今是等の結果を綜合すれば、アカマツ林に於ては密植區程平均樹高高きに對し反對に平均直徑は小となる傾向あるを認め得るのであつて、今本數のことは暫く之を比較の外に置き單木に就て假りに單木の太なるを有利とし小なるを不利とすれば、アカマツ林に於ては、密植は樹高に對し有利であり、直徑に對し不利となるを示して居るのである、然るにカラマツ林に於ては、直徑樹高共に疎植の方大となる傾向あるを示して居るから、カラマツ林に於ては、疎植の方常に有利なるの結果となつて來たのである、斯く樹種毎に異なつて居り且極めて明確なる又極めて注目すべき結果に到達せる原因は何れにありやと云へば、恐らくは之は樹種毎に有する何かの特性に歸すべきものであると推定されるのである。

以上は植栽の疎密が其の各の林分の平均樹高に及ぼす影響であるが、前章「一齊同齡林の構成状態」に於て記述せるが如く、直徑と樹高とは互に相關して變化するものであるから、一林分の平均高が當初の植栽本數に關係して變化して居るものであると云ふことと、各直徑階に對する平均樹高が當初の植栽本數に關係して變化して居ると云ふこととは、全く其間に關連なき二つの事實であらねばならぬ、即ち林分の平均樹高に關する問題は寧ろ植栽の疎密が林分其のものの形に及ぼす影響と解すべきであつて、之に對し各直徑階毎の平均樹高に關する問題は植栽の疎密が個樹の樹形に及ぼす影響とも見るべきである、茲に於て著者は更に一步を進めて各

直径階毎の平均樹高に對する植栽疎密の影響を検討して見たのである。

先づ年次別直径階別平均樹高の一覧表を作つて見ると、それは Table 38. (1.2) の様になるのである、而して同表は Table 7. を目的に對して見よい様に書き直したものである。

今此の表を見るに年次毎に直径階の或るものに對しては各試験區を通じて本数が存在して居ないこともあるのである、即ち Table 38. に於て延番號を付したる直径階のみに各試験區を通じて本数が存在するのである、茲に於て此の延番號を付したる直径階毎に Table 30. に示したると同様の計算法に依りて當初の植栽本數と各直径階平均樹高との間に存する相關關係を調べて見たのである、其結果は Table 39. (1.2) の様になるのである。

今此の表の内容を吟味するに、アカマツ林に於ては、求め得たる相關係數72の中正の符號を取るもの67個、負の符號を取るもの僅に5個である、又正の符號を取るものの中14個は本數値と其確率誤差の値との對比上意味なしと目せらるるものであるが、其他の53個は悉く本數値は0.5より大であり且意味ありと認めらるるものである、又負の符號を取るものは悉く意味なしと認めらるる結果を呈して居る、即ち求め得たる相關係數の中其の過半は正の符號を取り且有意味のものである、さればアカマツ林に於ては各直径階毎の平均高に於ても、密植區程樹高が高いと云ふ傾向あるを認め得るのである、之に反しカラマツ林に就て見るに、求め得たる相關係數24個の中過半16個は悉く意味なしと認めらるるものである、而して殘8個のものは勿論意味あるものであるが、其の中只1個のみが正の符號を取り他は悉く負の符號を取つて居るのである、又有意味、無意味を問ふことなく單に其の符號に就て見るに4個は正、残り20個は負の符號を取つて居る、是等の事實を綜合して考へるときは、大體に於てカラマツ林に於ては、密植區程其の直径階別平均高が低いと云ふ傾向あるを認め得るのである、而も更に仔細に檢するに、正の符號を取る相關係數は1914年及び1919年に現はれ、其の他の年には現はれて居ない従つてカラマツ林に於ても其の林齡の若き時代に於てはアカマツ林同様密植區に於て直径階別平均高が高いと云ふ傾向を示して居るが、林齡の高きに伴ない其の傾向を逆ならしめて來るものの様である、即ち植栽の疎密が各林分の平均高に及ぼして居る影響と、植栽の疎密が各直径階毎の平均樹高即ち個樹の樹高に及ぼして居る影響とは略同様の向きを示して居ることが知られたのである。

(3) 植栽の疎密と枝下高との關係

各測定時に於ける試験區別、年次別、枝下高階別本數分布の推移狀態を示すとそれは Table 40 (1.2) の様である。

此の Table 40. の内容に依り年次別、平均枝下高 (M_h)、標準偏差 (σ_h)、變異係數 ($c.v.$) 等を示すと Table 41. の様である。

今此の Table 41. を通覽して見ると、吾々は次ぎの事實に毎付くのである、先づ植栽の疎密と林分平均枝下高との關係であるが、アカマツ林に於ては大體に於て疎植區程枝下が低いと云

ふ傾向を認めることが出来るが、カラマツ林に於ては一見或る傾向を見出すことは困難である、次ぎに枝下高不揃の程度を變異係數に就て見るに、アカマツ林に於ては林齡の高きに従い、其の變異係數の値を小ならしめて居る傾向あるを認めることが出来る、即ち林齡が高まるに従い枝下高が一層揃つて来る傾向を認め得るが、カラマツ林に於ては其の間如何なる關係あるやを豫見し難いのである。

茲に於て植栽の疎密と林分平均枝下高との間に存する相關關係を知らんと欲し、平均直徑の場合と同様の對照表 (Table 29. 參照) を作製するとそれは Table 42. の様である。

此の表の第2欄の數字列と第3欄以下に示す各年次に於ける林分平均枝下高の數字列との間に存する相關係數を Table 30. の實例に倣ひ算出して見るとそれは Table 43. の様になるのである。

此の表に依るとアカマツ林に於いては、植栽の疎密と平均枝下高との間に存する相關係數は悉く 0.5 以上であつて而も、其の各の確率誤差の値は本數の値に比して充分に小である、而も相關係數の符號は悉く正を示して居るから、アカマツ林に於いては、植栽の疎密と平均枝下高との間には高き正の相關關係の存するを確認し得るのである、即ち植栽本數の多き程其の平均枝下高の高きことを示して居る、然るにカラマツ林に於ては求め得たる相關係數5個の中其の符號が正を示すものは只林齡16のもの1個であつて、之は有意なる値を示して居るに對し、他は悉く負の符號を取り且意味なき値を示して居る、即ち林齡の若き時代にはアカマツ林同様植栽本數の密なる程平均枝下高の高き傾向あるを示して居るが、漸時林齡の高きに從ひ此の關係は不明となり、寧ろ逆の關係即ち密植區程枝下高高き傾向あるを疑はしむるものなるを示して居るのである、而して斯くの如くアカマツ林とカラマツ林とで、植栽の疎密と枝下高との關係が互に相反するが如き傾向あるを示すに至れる原因の那邊に存すかに就て觀察を進めて見た處、アカマツ林とカラマツ林とで林分平均高の最高、最低の開きの大いさが異なることに存するものの様である、今 Table 35. より誘導して Table 44. を得たのである。

即ち此の結果に依れば、最高林分平均高と最低林分平均高との開きが、常にカラマツ林の方アカマツ林よりも大である、されば比例的には枝下高の低き木であつて、而も絶對的には枝下高の高かるべき様な大木は Table 44. の内容が示すの如くカラマツ林に於ては疎植區に比較的によく現はれて居るに對し、アカマツ林に於ては、平均高其のものが既に密植區の方が高いから絶對的にも枝下高の高い木が密植區に多く現はれる様になるのである、此の相對する事實が植栽の疎密が枝下高に及ぼす影響を樹種毎に異ならしめて居る原因をなすものと認めらるるのである、從つて此の枝下高に關する實驗は其の依つて來りし原因は樹種の特性に歸すべきであると思ふ。

以上は植栽の疎密が林分平均枝下高に及ぼす影響に就てであるが、研究は更に進んで個樹の枝下高に及ぼす影響に入らふと思ふ、即ち樹高の章に於てなしたと同様の操作を各直徑階別

の枝下高に施して見るとそれは Table 45. (1.2) の様である。

此の表の中樹高の比較の場合の前例に倣ひ、各年次に於て完全に各試験區を通じて本数の存在する直径階のみに範圍を止めて Table 30. と同様の計算を行い、年次別、直径階別に植栽の疎密と直径階別平均枝下高との間に存する相関係数を算出して見ると、それは Table 46. (1.2) の様である。

今此の表を見るにアカマツ林に於ては求め得たる相関係数の總數65に對し意味ありと認め得るもの55, 意味なしと認めらるるもの10である、又符號を見るに總數の中只1個のみが負である、即ち此の大勢から見れば、アカマツ林に於ては、之を各直径階毎に検討して見ても、其の枝下高は林分平均枝下高と同様の影響を植栽の疎密より受けて居る、即ち密植區程枝下高が高くなる一般傾向を認め得るのである。

又カラマツ林に就て見るときは、求め得たる相関係数の總數20の中意味ありと認めらるるもの7、其他の13は悉く意味なしと認めらるるものである、又11個は正の符號を取り9個は負の符號を取つて居る、更に進んで意味ありと認めらるるものの中正の符號を取るもの5、負の符號を取るもの2である、即ち此の結果から見れば、植栽の疎密が個樹の枝下高に及ぼす影響はアカマツ林の如く顯著ではないが、大體に於てカラマツ林に於ては、其の若き時代はアカマツ林同様密植區程枝下高き傾向あるも、林齡の高きに従い、逆傾向を示し來り疎植區程枝下高が高いと云ふ傾向を現はすに至るものの様である。

以上を摘要するに植栽の疎密が枝下高に及ぼす影響は林分の平均に對するものも、各林分の直径階毎の平均に對するものも、常に同一の傾向を示し、アカマツ林に於ては密植區程枝下高く、カラマツ林に於ては、林齡の高きに従い疎植區程枝下高き傾向あるを認め得るのである、而して斯かる樹種に依つて相反する傾向を示す原因は樹種毎に有する何か特性的のものにある様である。

(4) 植栽の疎密と枝張との關係

枝張とは如何なるものかに就ては、既に前章一齊同齡林の構成状態に於て述べた通りである。

各測定時に於ける試験區別、年次別、枝張階別本數分布の推移状態を示すと、それは Table 47. (1.2) の様になるのである、尙本表中最小枝張の本數分布が前回調査の結果に比して一層小なる枝張階に及んで居るものがあるが、之は最長の枝張りを有すと認めらるる枝の先端が諸種被害の爲め折損するものを生ずる爲めである。

今此の表の内容を資料として年次別、試験區別に林分平均枝張 (M_R)、標準偏差 (σ_R)、變異係數 (c.v.) を1表に示すと、それは Table 48. の様である。

今此の表を通覽するに二三の注目すべき事實に氣付くのである、其1は疎植區程枝張りが大であらふと云ふことであるが、事實はアカマツ林に於ては、1921、1926年及び1943年の結果に於て、又カラマツ林に於ては、1919年の結果に於て略其の傾向あるを感じしむるものもあるも、

其他の各年の結果に於ては、明瞭でないのである、尙此のことに就ては後章更に検討して見ることとする、其2はカラマツ林に於ては、林齡の高きに従い、平均枝張も亦大となつて居るがアカマツ林に於ては1933年迄はカラマツ林と同様の傾向を示して居るが、1943年に於ては4.5△、4.5□、6.0△及び6.0□の各區に於ては平均枝張は1933年當時に比して何れも小となつて居り、8.0△、8.0□の2區に於ては1933年當時に比して大となつて居る、此の事は鬱閉せる林分内に於ては、枝先きが互に相接し相撃つに當りカラマツに於ては其枝先きが挫折することが尠ないが、アカマツに於ては挫折しやすい、即ち樹種毎に特徴とする枝の脆さに關係するものの様である、従つて此の事たるアカマツ林に於ては最近1933年に間伐を行ない、且元來より比較的疎立せる8.0△、8.0□の2區に於ては前回の測定時に比して、共に枝張が大となつて居るに對し、他の4.5△、4.5□の2區は1926年以降1943年迄17年間間伐を施行せず、又6.0△、6.0□の2區は1930年以降1943年迄13年間間伐を施行せざりしものに於て枝張が前回の測定に比して縮小して居ると云ふ事實からも、此の推定が相當に正確なものと肯かるるのである、其3は變異係數に就て觀察するにアカマツ林に於ては、6.0△、8.0△、及び8.0□の3區に於て林齡の高きに従い其の値が大となる傾向あるを見るが、カラマツ林に於ては、8.0△區に於て之を認むるのみである、即ちアカマツ林に於ては林齡高きに従い枝張が漸次不揃となる傾向あるを疑はしむるものもあるも、カラマツ林に於ては果して然るや否やは今の處不明である。

茲に於て更に進んで植栽の疎密が林分平均枝張に及ぼす影響の有無を檢討することを目的とし、林分平均直徑に對すると同様の線作の下に對照表 (Table 29. 参照) を作つて見るとそれは Table 49. の様になるのである。

此の表の第2欄の換算數字の數字列と、第3欄以下各年次に於ける林分平均枝張の數字列との間に存する相關係數を Table 30. の實例に倣い算出して見ると、それは Table 50. の様になるのである。

此の表を見るにアカマツ林に於ては、測定回数5回の中相關係數の値は3回迄は意味なきものとなり残り2回は意味あるものとなつて居る、而して此の意味あるものは二つながら其の値は0.5を越へ且負の符號を取つて居る、カラマツ林に於ては、測定回数同じく5回の中1回は意味あるもの其の他は悉く意味なきものである、而も其の悉くが負の符號を取つて居る、即ちアカマツ林、カラマツ林共に植栽本數の尠ない程其林分平均枝張は大となると云ふ傾向あるを略認めることが出来るのである。

茲に於て樹高並に枝下高檢討の例に倣い個樹の枝張に及ぼす影響の如何を知らんとして、植栽の疎密と各直徑階平均枝張との間に存する關係を求めて見たのである、先づ年次別直徑階別枝張を1表に調製するとそれは Table 51. (1.2) の様になるのである。

今此の Table 51. の内容中6試驗區を通じて共通的に本數の存する直徑階即ち延番號を附したる直徑階の各につき Table 30. の實例に倣い計算を施して相關係數を算出して見ると、それ

は Table 52. (1.2) の様になるのである。

今此の表を見るに、アカマツ林に於ては、求め得たる相関係数の總數53個の中11個は意味あるものであるが、残りの過半は意味なきものである、而して意味ある11個の中5個は正、6個は負の符號を取つて居るのである、尙其現はれ方を調べて見ると、1921年に於ては正、1926年に於ては悉く負である、又1930年及び1933年に於ては悉く正、1943年に於ては悉く負である、即ち林齡低き時代は負の傾向強く、中頃に於て正、最近に至り再び負となつて居るが、意味ある値を示すものが半数以下であり、且正負の符號が交々現はれると云ふ事實から推して、植栽の疎密が直徑階別平均枝張りに及ぼす影響に就ては、其所に何等の傾向をも認めることは出来ないのである、之に對しカラマツ林に於ては求め得たる相関係数の總數17個の中7個は意味あるもので残りの10個は意味なきものである、又7個の意味あるものの中、5個は負、2個は正の符號を取つて居る、而も正負の現はれ方は林齡の低き時代は負、最近に至り正の負號を取つて居るのであるが、大勢はアカマツ林同様其所に植栽の疎密と枝張りとの間には認め得る傾向の顯著なるものは何もない様である、而して前述せるが如く林分の平均枝張りとして疎植區程大であるが如き傾向を認め得るにも係らず、直徑階別の平均に於ては斯かる傾向を認め得ないと云ふのであるから畢竟此の現象は一齊同齡林の性質として、個樹の枝張りは直徑に關係して正の方向に動くものなるが故に、其の林分平均枝張りが疎植區に於て大である傾向を認め得ると云ふことは平均直徑の大なる疎植區に於て枝張の大なるものが比較的多いと云ふことの現はれであつて植栽の疎密其のものの直接の影響ではないと解釋し得るのである。

(5) 以上の摘要

植栽の疎密が樹形に及ぼす影響に就て以上の諸事項を摘記すると下の様なことである。

i) 林分の平均直徑に及ぼす影響としては、アカマツ林、カラマツ林共に疎植區程大となる傾向あるを認めることが出来る、但し算出し得たる相関係数の數値の比較により此の事はアカマツ林に比しカラマツ林に於て一層顯著である (自 Table 29. 至 Table 33. 参照)、尙此の事は林齡10年頃漸く其の傾向を現はし其の後屢々間伐を繰り返されたにも係らず林齡40年前後の今日に至るも其儘持續しつつあるのである、従つて本報告を以て一先づ終末的のものとはするが尙本林地を保護し時々間伐を繰返して林齡凡幾何にして此の傾向を認め得ざるに至るかを知る必要があると思ふ。

ii) 樹高に及ぼす影響としては、此の問題を二つに分けて、其1は林分平均高に及ぼす影響と其2は個樹の樹高に及ぼす影響として研究を進めたのである。

先づ林分平均高に及ぼす影響は樹種により其結果を異にして居る、即ちアカマツ林に於ては密植區程高き傾向を示し、カラマツ林に於ては疎植區程高き傾向を示して居る、而も算出し得たる相関係数の値に依つて比較するに、此の傾向はアカマツ林に於けるものよりも、カラマツ林に於けるものの方が一層顯著であると云ひ得るのである (Table 37. 参照) 尙是等のことは

直径の場合と同様林齢10年前後に起り林齢約40年の今日に至る迄同一の傾向を持続して居るのである。

次に個樹の樹高に及ぼす影響を検討する手段として植栽の疎密と各測定年次に於ける直径階別平均樹高との間に存する相關關係を求めて見る方法を取つたのであるが、其の結果に依るとアカマツ林に於ては可なり顯著に各直径階別の平均高も各年次に於て密植區程高いと云ふ傾向あるを示して居るが、カラマツ林に於ては、各直径階の平均高は其の林齢の低き時代はアカマツ林同様密植區に於て比較的高き傾向あるも、林齢の高きに従い、逆に疎植區程高き傾向あるを疑はしむるものがあるのである (Table 39. 参照)、何れにしても植栽の疎密と樹高との關係がアカマツ林とカラマツ林とで全然其の傾向を逆ならしめて居ることは寔に注目すべきことであつて、今の處樹種毎に具有する何か特性的のものと見るより他に歸着點はない様である、而して此の事たる實に植栽本數決定上の重要な鍵を握るものであると信ずる次第である。

iii) 植栽の疎密が枝下高に及ぼす影響は、之を分けて林分平均枝下高に對するものと、各直径階毎の平均枝下高に對するものとして別々に検討を進めたのであるが、林分平均枝下高はアカマツ林、カラマツ林共に其間に相關關係を確認することは出来ないが、算出せる相關係數の符號より判斷するときは、アカマツ林にては密植區程高く、又カラマツ林に於ては林齢15年前後に於ては此の關係はアカマツ林同様なるも、林齢の25年より40年に進むに従い疎植區程枝下高き傾向あるを疑はしむるものがあるのである (Table 43. 参照)。

iv) 植栽の疎密が枝張りに及ぼす影響は、是亦樹高、枝下高等の場合と同じく之を林分平均枝張と各直径階の平均枝張との二つに分解し検討を進めたのであるが、林分平均枝張りは、アカマツ林及びカラマツ林共に疎植區程枝張が大であると云ふ傾向は認めらるるのである、而して其の傾向はカラマツ林はアカマツ林に比して一層顯著である (Table 50. 参照)、又各直径階別平均枝張りに及ぼす影響は今の處明瞭でない、即ち林分としての平均枝張の大小は寧ろ直径の大なるもの程枝張も亦大であると云ふ一齊同齡林の構造上の特徴から來る影響を多分に受けて居ると見るべきものであつて、當初の植栽の疎密が個樹の樹形に及ぼす直接の影響とは認められないのである。

VI 結 論

以上各章毎に摘要を付して來たが、記述せる處を全體的に取り纏めて結論を下すと次の様である。

(1) 本數はアカマツ林カラマツ林共に現在に於ても密植區の方多く、現在材積はアカマツ林に於ては密植區に於て大であり、カラマツ林に於ては疎植區の方寧ろ大である、即ち本數材積の立場から云へば、アカマツ林は疑も無く密植を有利とし、カラマツ林は本數に於てこそ尠ないが現在材積に於て大である疎植區を寧ろ有利とするのである。

(2) 直径はアカマツ林、カラマツ林共に疎植區の方が大である、但し此の事はカラマツ林

に於て一層顯著である、樹高はアカマツ林に於ては密植區程大である、之に反しカラマツ林に於ては疎植區の方が大である、而して枝下高はアカマツ林に於ては密植區の方大であり、カラマツ林に於ては疎植區の方大である、即ち當初植栽の疎密が樹形に及ぼす影響は、用材産出を目的とする林業に對してはアカマツ林に於ては多小直徑に於て不利とする處あるも、樹高、枝下高の立場より見て形質良好なるものは密植區に多く、カラマツ林に於ては問題なく總ての點から見て形質良好なるものは疎植區に多いのである、而して斯くの如く植栽の疎密が樹形に及ぼす影響が樹種毎に異なる結果を招來する原因は、樹種の陰陽等に關係なく、其の樹種毎に有する造林學上の特性とも云ふべきものが異なつて居てそれが環境に對して發露の状態を異にすることにあると思はれる。

(3) 本試験林は設置の當初に於て各試験區が互に地位を一致せしめて居ると云ふことを其の當時の學術進歩の程度に於ては、海拔、向き、傾斜及び土壤の深さ等を基調として肉眼により判定するより他に方法が無かつた爲め、試験の進行に伴ない、アカマツ林に於ては 6.0 尺植栽區殊に 6.0 □區が地位稍下にあることを發見したのである、又カラマツ林に於ては、同様の事情から之も 6.0 □區が地位稍下にあるを認めざるを得ざるに至つたのである、之に加ふるにカラマツ林に於ては、4.5 □區と 8.0 □區とが地形の關係上其の標準地を甚だ小面積に設定するの已むなきに至つたのである、従つて之が 1 町歩又は 1 陌當り換算の數値が常に稍適正を缺くにあらざるやを疑はしむる數字を示すに至つたのである、以上の諸原因が綜合されて本試験の成果を常に攪亂する作用をなすに至つたことは寔に遺憾なことである、然るにアカマツ林に於ては 4.5 △區と 8.0 □區とは地位に於て差なきものの如く、又カラマツ林に於ては 4.5 △區と 8.0 △區とが地位に於て略一致して居るものと認め得るのみならず、標準地面積も双方共に相當に大である關係上比較の一方法としてアカマツ林に於ては、4.5 △區を密植區の代表とし、8.0 □區を疎植區の代表とし、又カラマツ林に於ては 4.5 △區を密植區の代表とし、8.0 △區を疎植區の代表とし本數、材積、平均直徑、平均樹高等を林齡に關係せしめて比較して見ると Fig. 7. (1—4) 及び Fig 8. (1—4) の様になるのである、尙以上比較に用いたる密植、疎植 2 區の中の平均直徑、平均樹高、平均枝下高及び平均枝張を夫々直徑、樹高、枝下高及び枝張とする模型樹を描いて見る(但し枝の角度は適當に肉眼の感じをあてはめたのである) とそれは Fig. 9 及び Fig. 10. の様になるのである。

(4) 以上を綜合するに下の様なことになるのである

アカマツ林	密植區	疎植區
本數	多(有利)	少(—)
現在材積	多(有利)	少(—)
總收穫材積	多(有利)	少(—)
直徑(平均)	小(—)	大(有利)

樹高 (平均)	高 (有利)	低 (一)
枝下高 (")	高 (有利)	低 (一)
單木の形質	較良 (有利)	較劣 (一)

即ちアカマツ林に於ては密植を有利とする場合が多いのである

カラマツ林	密植區	疎植區
本 數	多 (有利)	少 (一)
現在材積	少 (一)	多 (有利)
總收穫材積	少 (一)	多 (有利)
直徑 (平均)	小 (一)	大 (有利)
樹高 (")	低 (一)	高 (有利)
枝下高 (")	低 (一)	高 (有利)
單木の形質	較劣 (一)	較良 (有利)

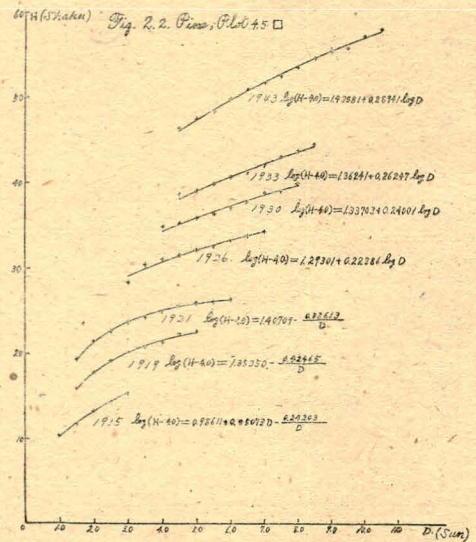
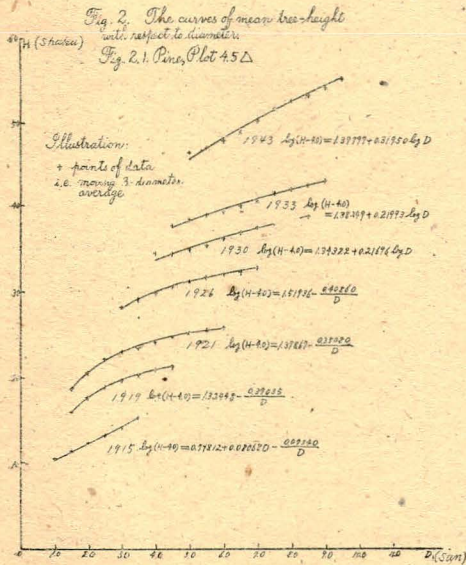
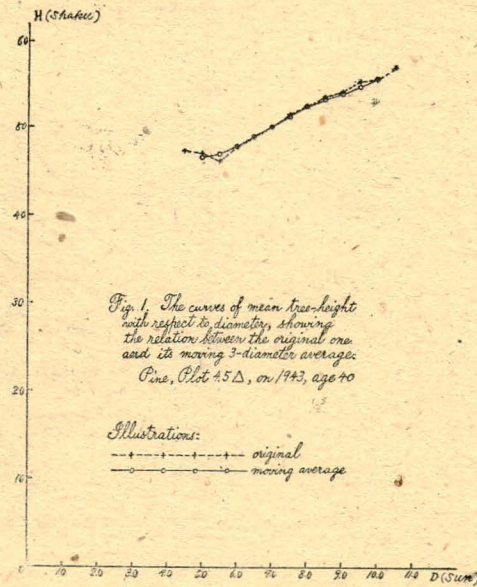
(但し此の比較中本數、材積に關する數字はカラマツ林に限り4.5□區及び8.0□區を除外したのである)

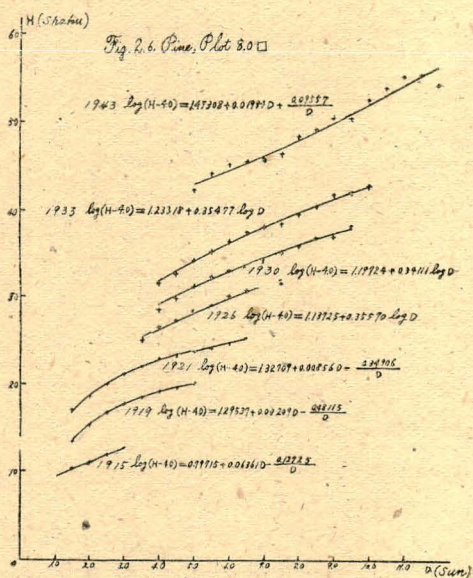
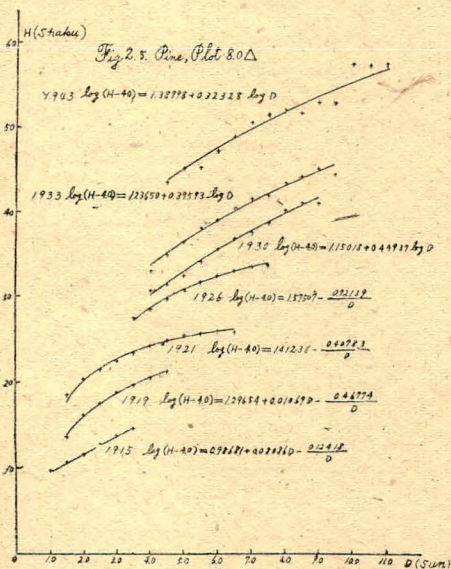
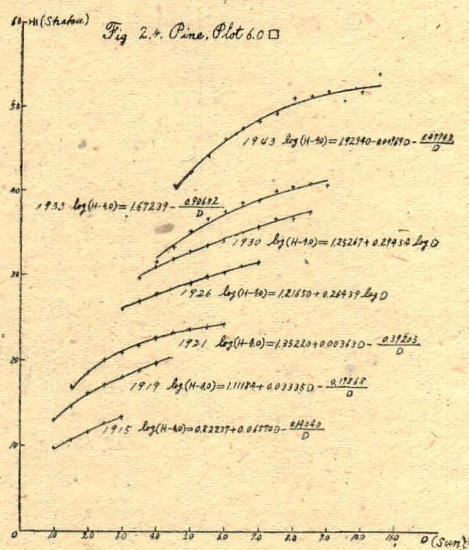
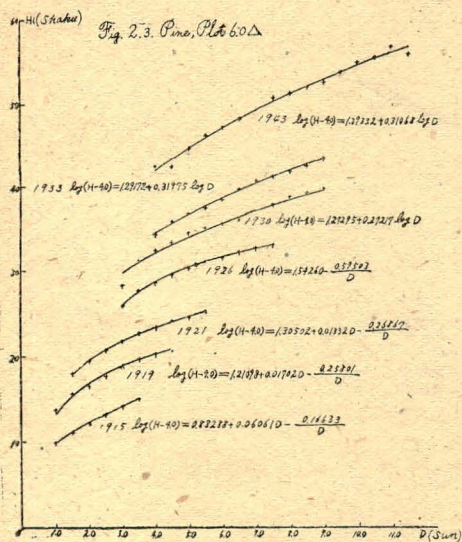
即ちカラマツ林に於ては疎植を有利とする場合が多いのである (Fig. 11 参照)。

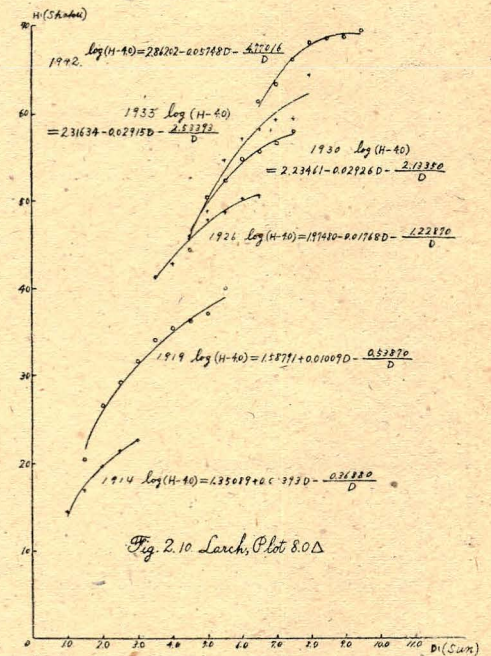
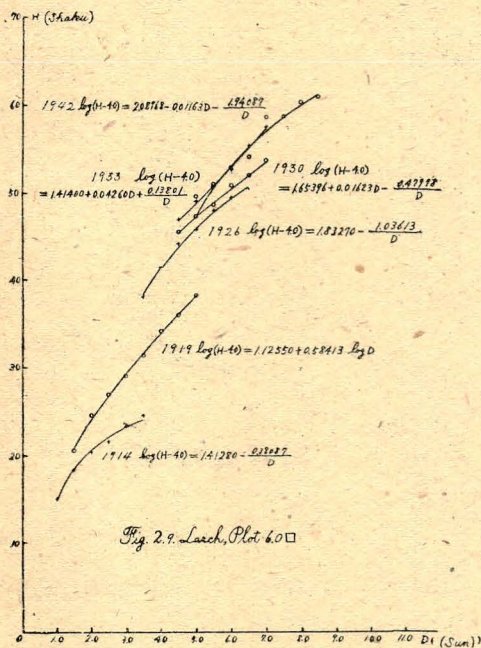
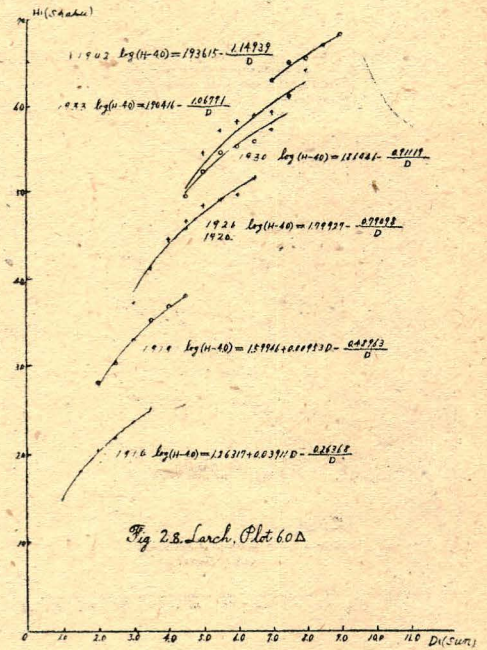
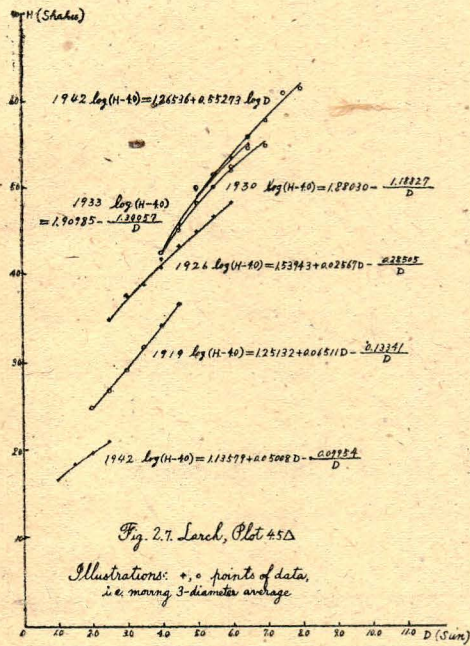
(5) 一齊同齡林の構造研究に關することは、第1回、第2回及び第3回報告に於て記述せる如く直徑、樹高の間及び直徑、枝張の間には夫々高き相關關係が認めらるるも、直徑、枝下高の間には餘り高い相關關係は認められぬと云ふ傾向は今日の研究に於ても同様である。

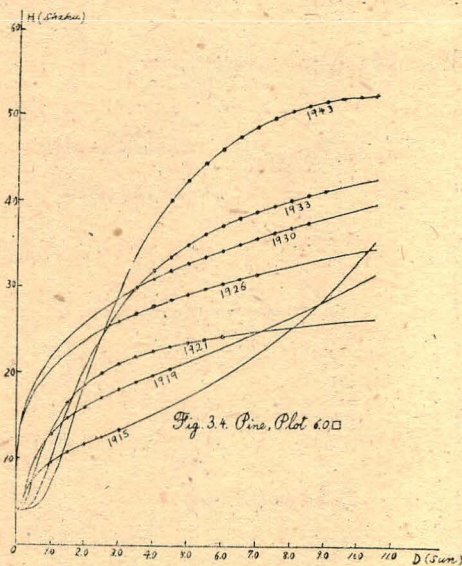
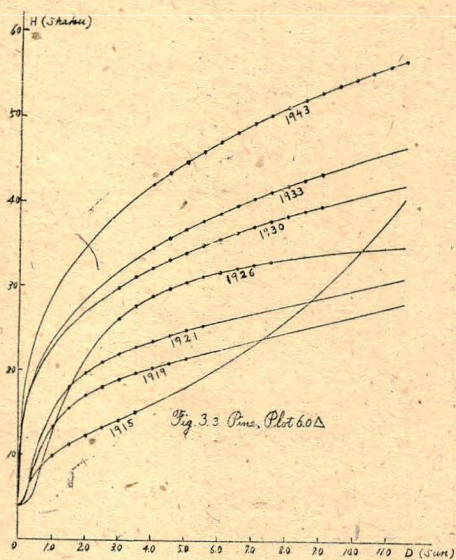
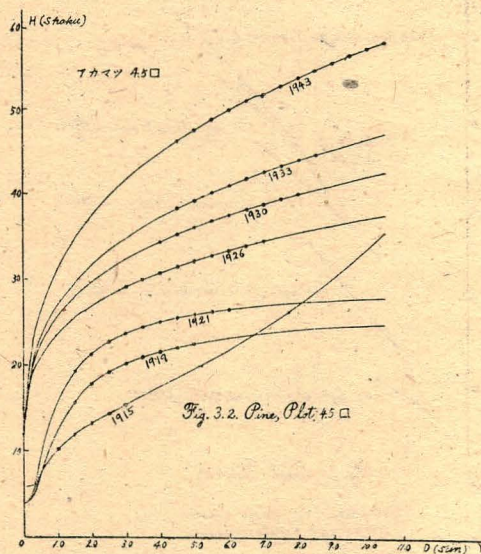
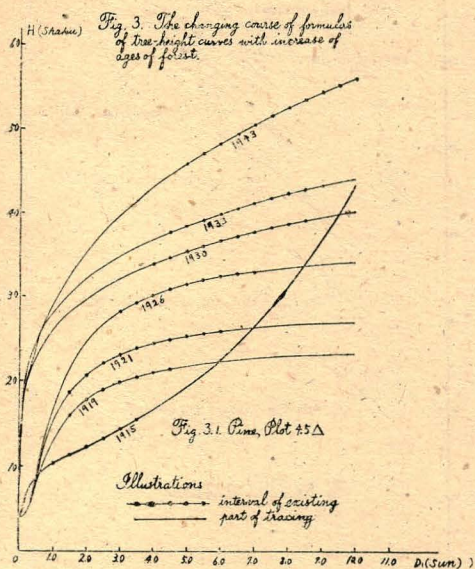
次ぎに一齊同齡の針葉樹林の樹高曲線には3種の型を認めることが出来る而して其の3種が林齡の推移と共に一定の順序の下に繰返して現はれて來るものの様である。

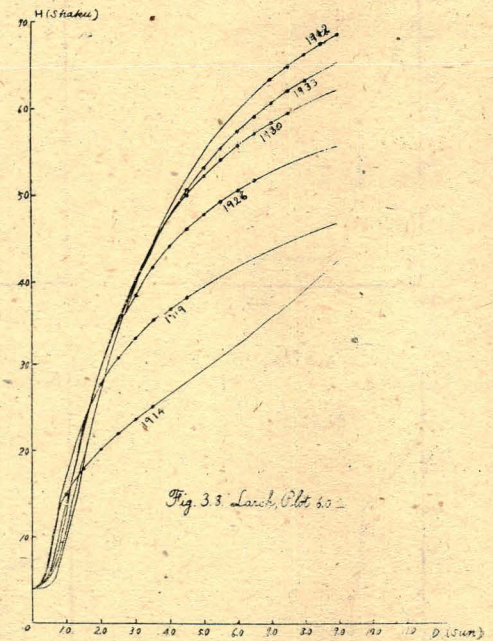
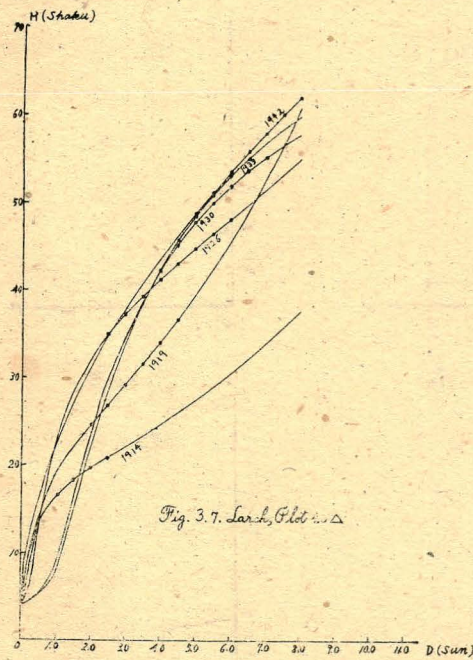
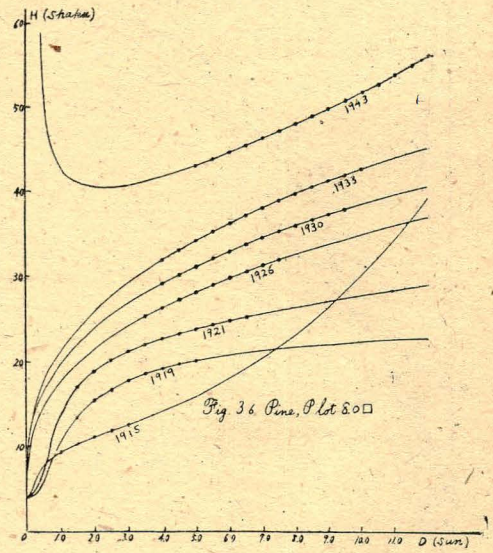
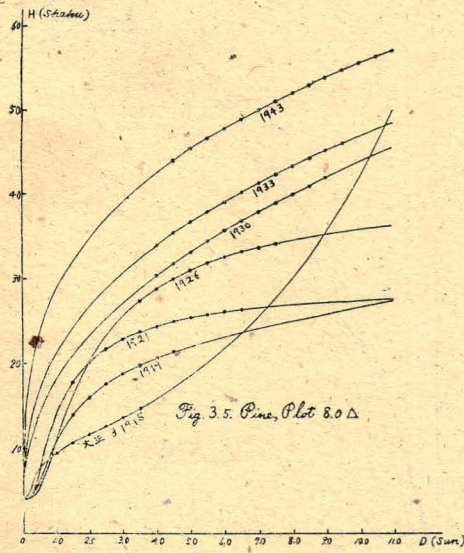
以上は明治37年(1904)に施行せられ昭和18年(1943)に至る40年間續行せられた植栽の疎密に關する林業試験の成果である、此の間時代の變遷、學問の進歩の影響を受けて、試験方法又は考へ方に就き當初は氣付かざりし缺點が種々と發見せられたのであるが、然しそれ等の缺點や不備を大觀して到達せる結論が以上(1)(2)(3)(4)に掲げたるが如き内容のものとなつたのである、而して如何なる學問にも時代に伴ふ進歩は必ずあるものである、それ故試験開始以來40年後の今日40年前の學問の程度に對して不備なるものを發見したからとて、直ちに其の研究を放棄するとか、中止してしまふのでは、進歩なき學問ならば兎に角、進歩ある學問であつて且長年月に亙る研究は總て徒勞に歸してしまふべきである、而して之が研究の衝に當るものは、以上の如き否定的のものを見方を絶対に避けて、進歩せる後年の知識を應用して當面せる現在の不備を補ひ、考慮すべき總ての問題を全面的に被ふて尙且合理的なる結論に到達する様に努力すべきである、即ち斯かる心の持方こそ研究上の浪費を最小ならしめ且先輩の努力に對して滿腔の敬意を表する所以でなければならぬ、斯かる意味に於て著者は此の植栽の疎密に關する40年間の造林試験の成果は相當に大なる貢獻を世に與ふるものであり且我國林業試験開始以來長年月に亙る試験の結果を收め得たるものとして、外面的には感謝感激の念を深くし内面的には大なる満足を感じ得ざるものである(昭和19年4月)

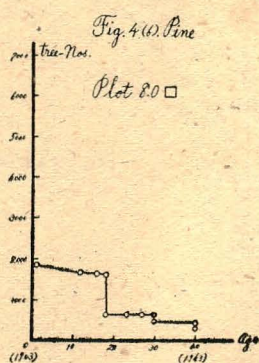
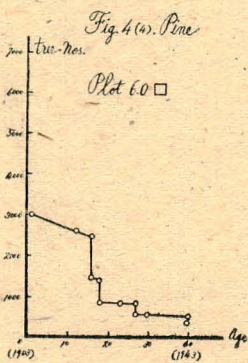
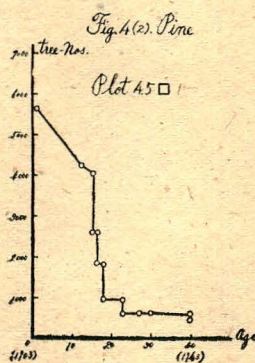
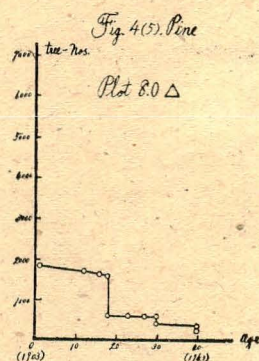
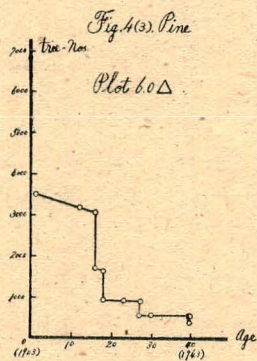
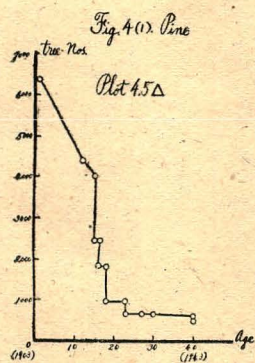
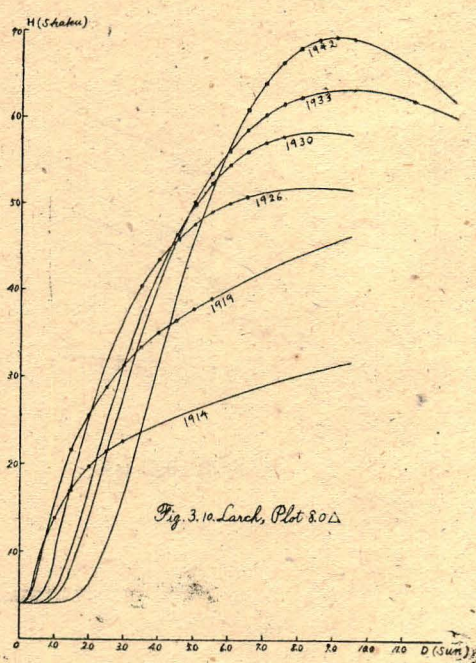
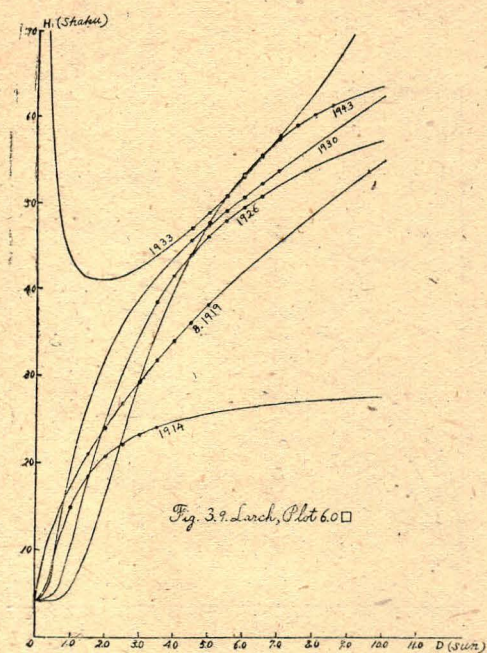












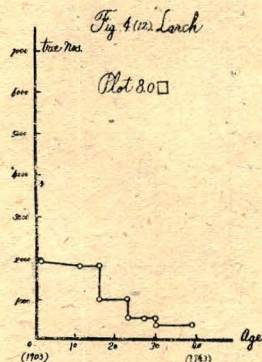
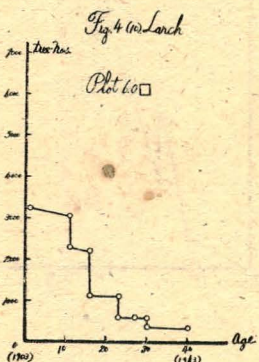
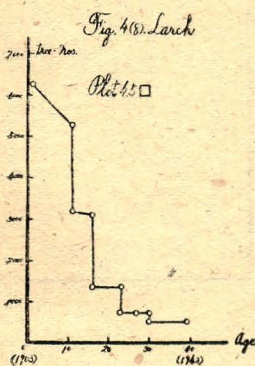
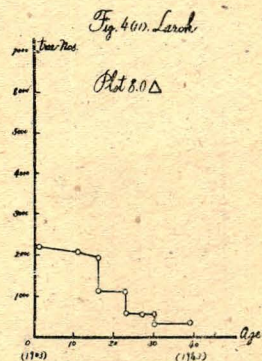
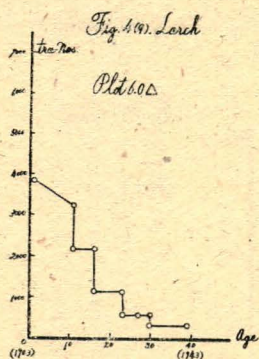
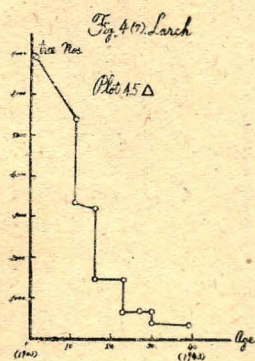


Fig. 4. Decreasing courses of tree numbers per Hectar (Pine)

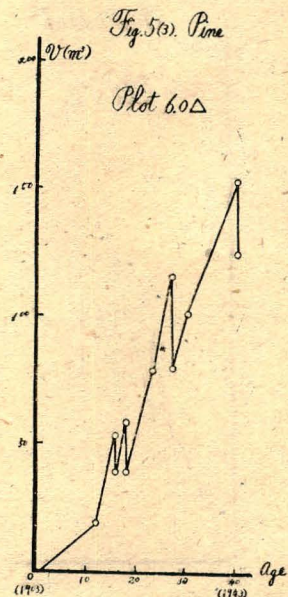
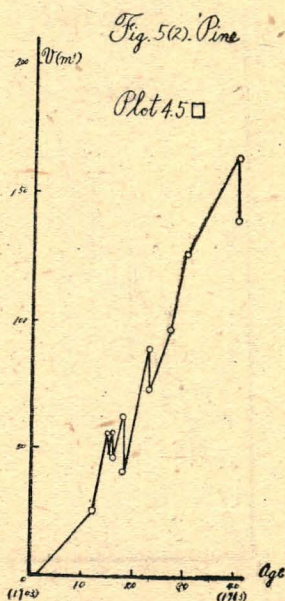
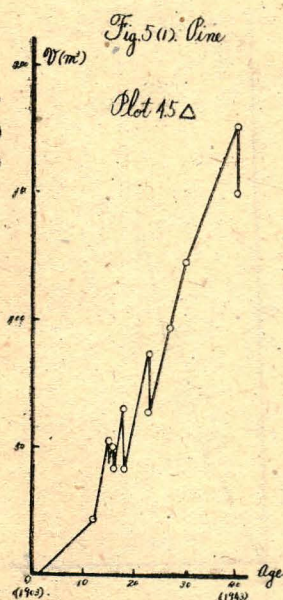


Fig. 4. Increasing courses of tree numbers per Hektar (Larch)

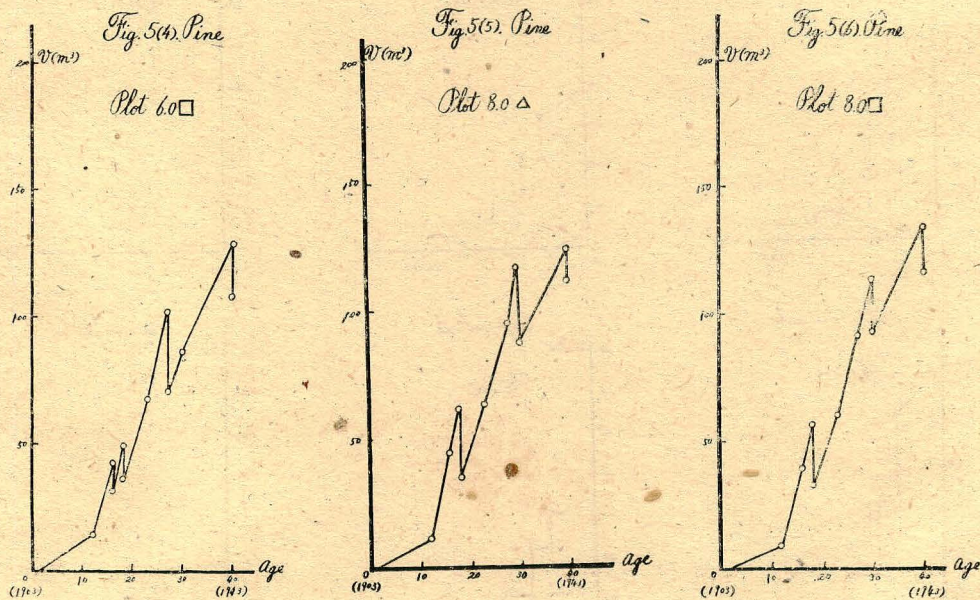


Fig. 5. Growing courses of stand volume per Hektar (Pine)

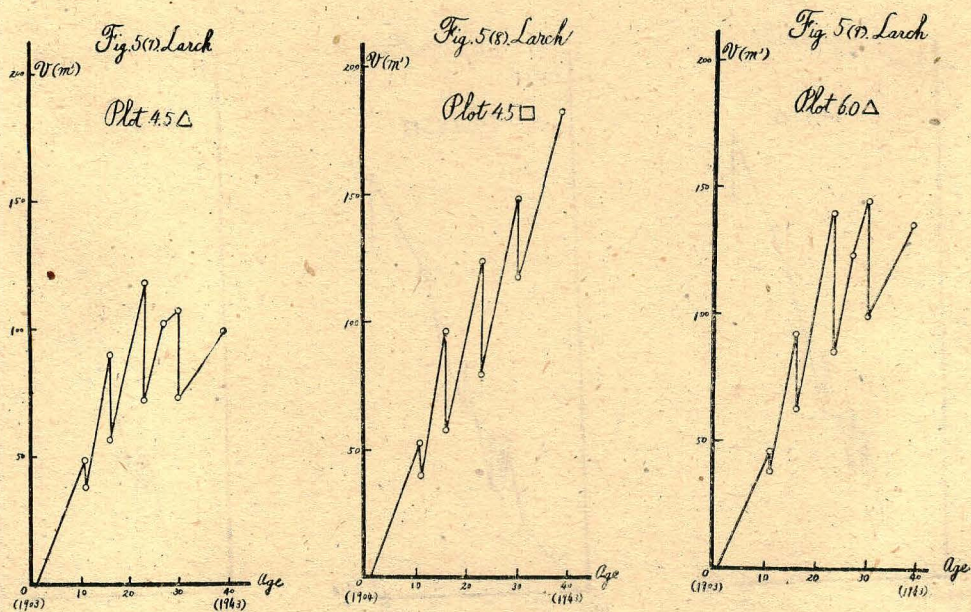


Fig. 5 Growing courses of stand-volume per Hektar (Larch)

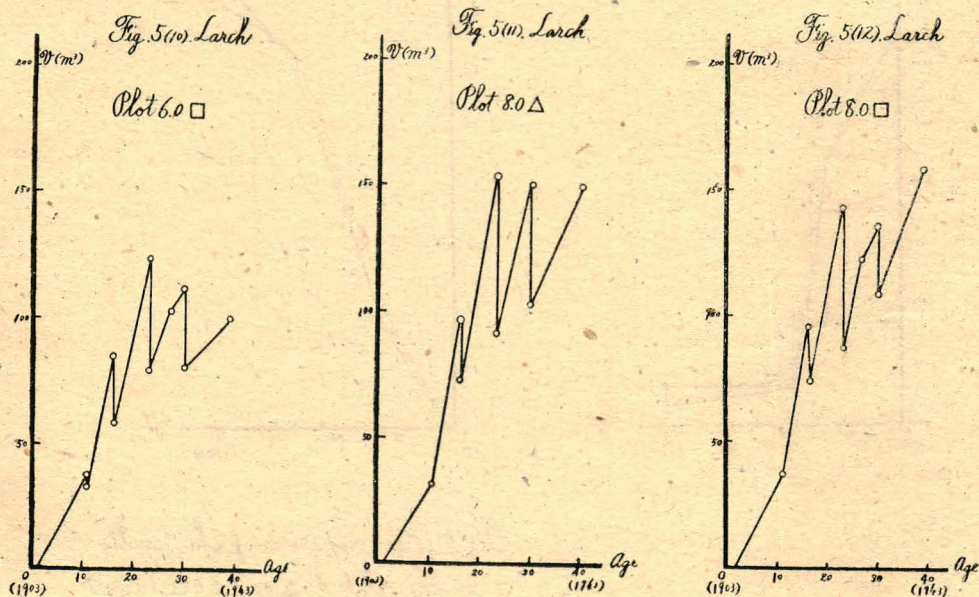
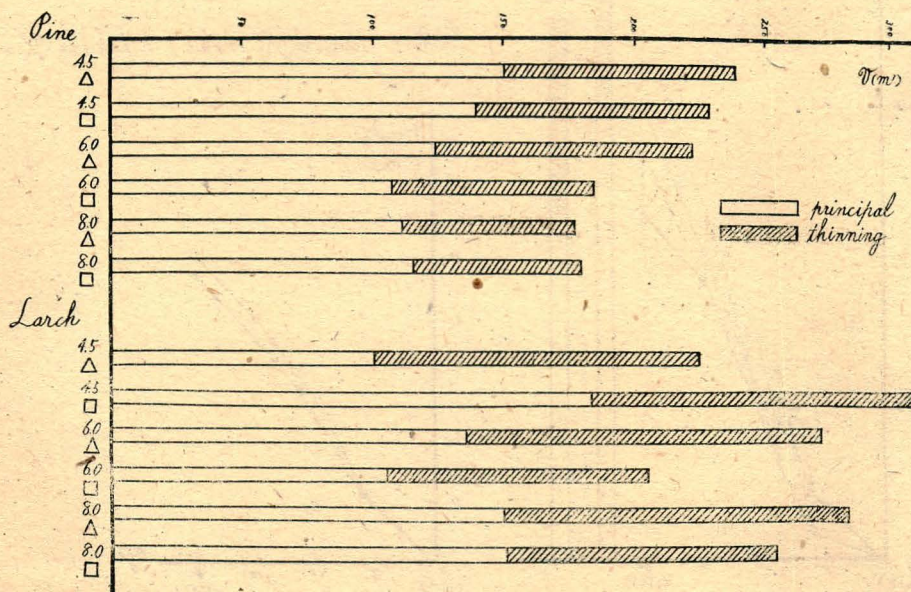


Fig. 6. The total yield per Hektar.



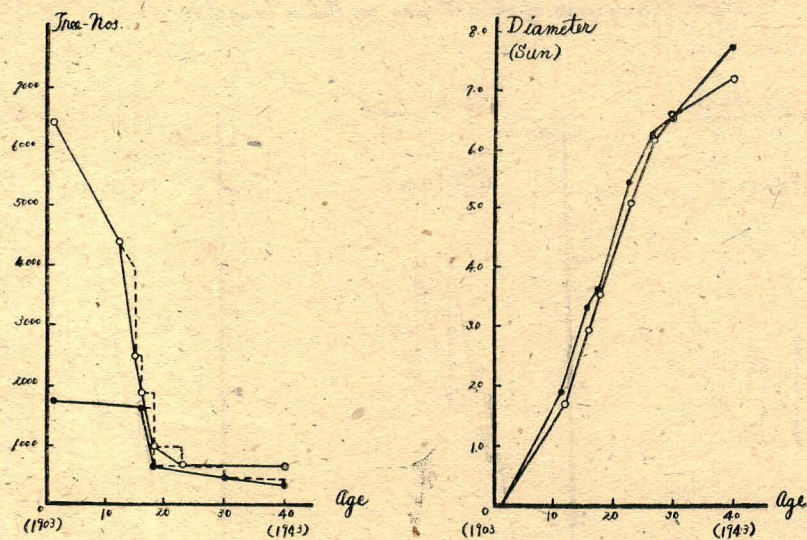
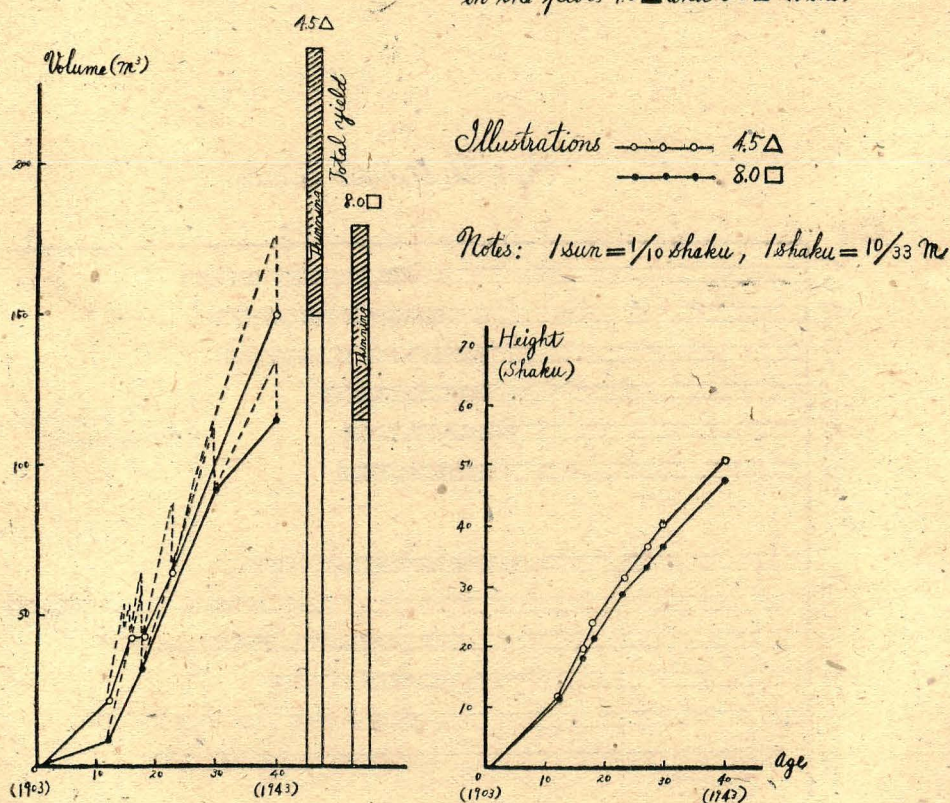


Fig. 7. The comparison of the results in the plots 4.5Δ and 8.0□ (Pine)



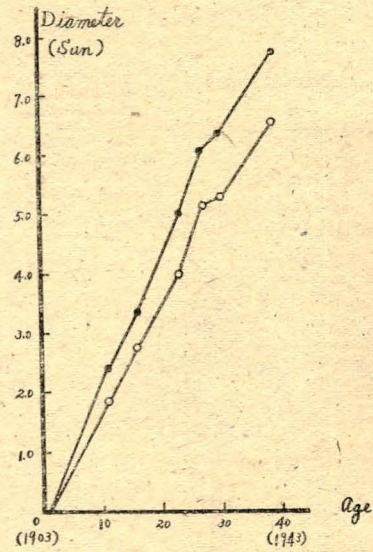
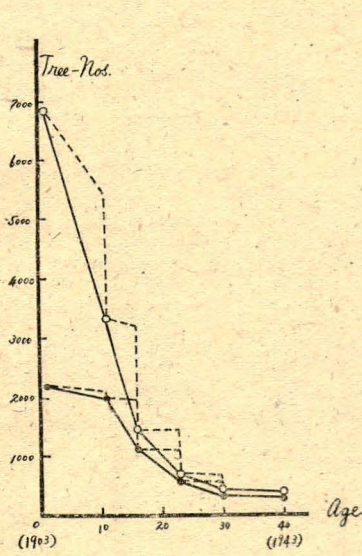
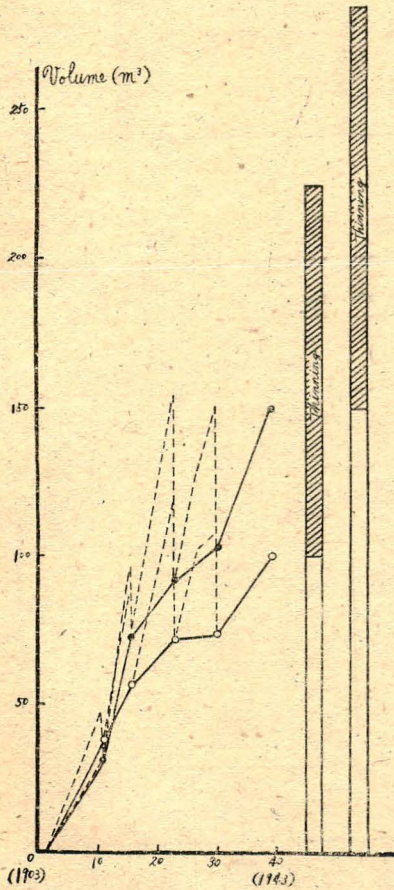


Fig. 8. The comparison of the results in the plots 4.5Δ and 8.0Δ. (Larch)



Illustrations: ○—○—○ 4.5Δ
●—●—● 8.0Δ



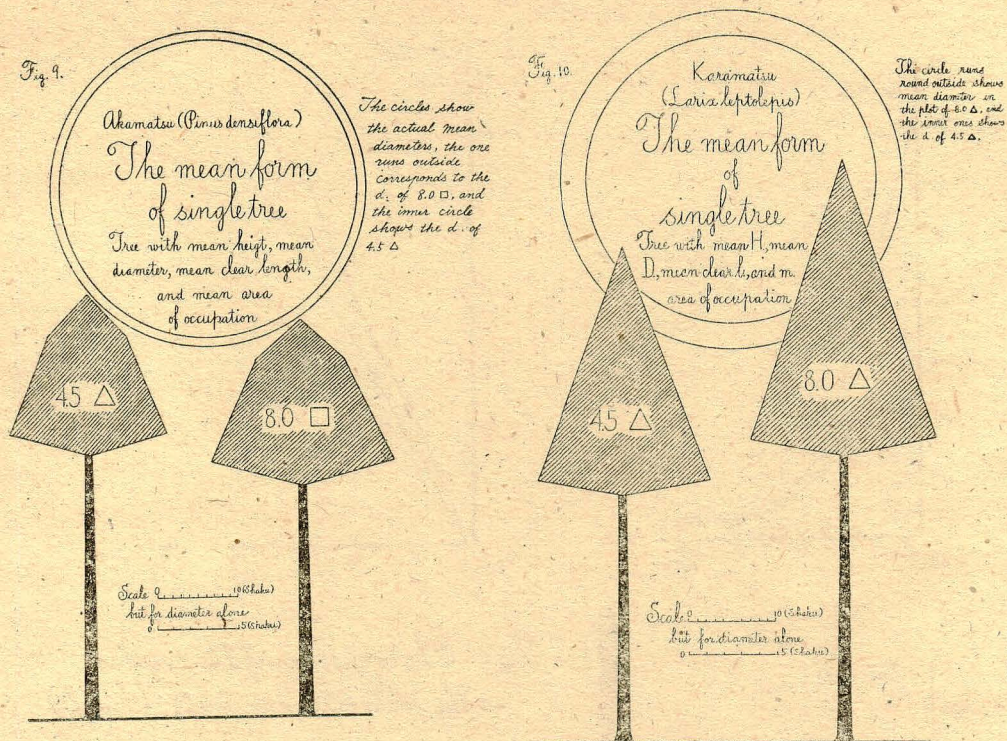


Fig. 11. Comparison of Advantage and Disadvantage concerning Tree Density of Plantation

Notes: Advantageous \bigcirc Disadvantageous \bullet	Pine (<i>Pinus densiflora</i>)		Larch (<i>Larix leptolepis</i>)	
	Plantation closed e.g. 4.5 Δ	Plantation apart e.g. 8.0 \square	Plantation closed e.g. 4.5 Δ	Plantation apart e.g. 8.0 Δ
Final number of trees	Large \bigcirc	Small \bullet	Large \bigcirc	Small \bullet
Final volume of stand	Large \bigcirc	Small \bullet	Small \bullet	Large \bigcirc
Total volume of yield	Large \bigcirc	Small \bullet	Small \bullet	Large \bigcirc
Mean diameter	Small \bullet	Large \bigcirc	Small \bullet	Large \bigcirc
Mean height	Large \bigcirc	Small \bullet	Small \bullet	Large \bigcirc
Mean form of single tree	Better \bigcirc	Inferior \bullet	Inferior \bullet	Better \bigcirc

備考：本文の英文抄録及び表は95頁以下に挿入してあります。