

スダジイ巨樹の肥大生長様式の解析

萩原 信介*

The Growth and Tree-Ring Analysis of the Big Evergreen Oak, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* Nakai (FAGACEAE) on the earthwork in the Institute for Nature Study, Tokyo.

Shinsuke Hagiwara*

はじめに

樹木の肥大生長に関して、あるいは肥大生長パターンを用いた森林のデモグラフィーの解析、また過去の環境を、樹木の年輪を phytometer として推定する dendrochronological な報告は多数ある。

しかしこれらの多くは年輪界が明瞭な針葉樹を用いたものである (Oosting, 1951; Cooper, 1960; Davis, 1966; Lamarcke, 1969; Miller, 1970; Blackburn & Tueller, 1970; Hett & Loucks, 1976; 大田, 1978; Thompson, 1981; Jefferson, 1982; Knowles & Grant, 1983)。

広葉樹に関しては, Chew & Chew (1965), Auclair & Gottam (1971), Hett & Loucks (1971), Crisp & Lange (1976) などがあり, また低木では Roughton (1972) があるが, いずれも Age は 100 年以下のものを扱っている。例外的存在は小倉 (1920) がスギの肥大生長について述べ一部イヌブナ, ミズナラ, イタヤカエデの大径木について簡単に触れているにすぎない。しかし常緑広葉樹についての解析は上記の報告の中には見あたらない。

自然教育園にはスダジイの巨樹が生育し, この肥大生長を解析する資料がいくらか集積されたので, ここに常緑広葉樹の肥大生長様式を報告する機会を得た。

上記の報告の中で常に問題となる, Age-Size の関係, また初期生長の推定, 枯死時の生長速度等について考察し, 自然教育園の土塁の成立についても言及した。

調査地及び材料

自然教育園は江戸時代には松平讃岐守の下屋敷となっている。文政 11 年 (1821 年) の御府内備考によると, さらに古い時代は, いわゆる白金長者の居地であったとの伝説を伝えている (鶴田・坂元, 1978)。約 20ha の園内には高さ 2m~6m, 幅 5m~12m の土塁 (小室, 1965) があり, 現存するだけでも全長は約 1.3 km に達する (Fig. 1)。この土塁上に現在約 200 本のスダジイの巨木が生育している。

園内は, 周囲の緑地が失われていく状況にありながら, 豊富な自然が残っており, 自生する植物だけでも 575 種に達する (自然教育園編, 1981)。第一層の優占種として, スダジイ, クロマツ, コナラ, ムクノキ,

* 国立科学博物館附属自然教育園, Institute for Nature Study, National Science Museum

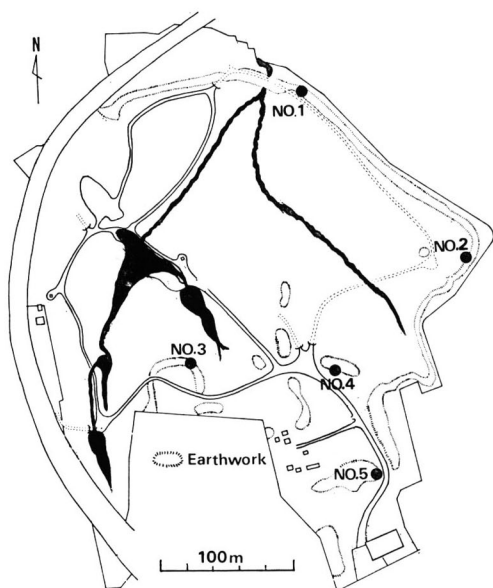


Fig. 1 The locations of the sample trees for the stem analysis and the earthwork in the garden of The Institute for Nature Study, National Science Museum.

ミズギが認められている（奥田・宮脇, 1966; 沼田・手塚, 1966; 奥田, 1980）。

近年, スダジイが衰弱し, 自然倒木する個体があるが（奥田, 1972）, いずれの倒木も心材部が腐朽しており, 年輪解析の資料としては不十分である。しかし希に中心部が残った倒木もあり, 今回はこのような倒木のみを供試木とした。

供試木の倒伏年, 樹高, DBH, 円板採取高, 主幹の分枝, 萌芽の状況を1983年の時点でまとめたものが Table 1 に示してある。

測定方法

Table 1 の供試木すべてについては1965年の毎木調査時に胸高周囲は測定されているが, 今回再び, 地上1m~1.5mの範囲で, 根張り, 双幹, 側枝, 萌枝等によるあて材やこぶの影響の最も少ない部位の周囲を測定し, この値から胸高直径を求めた。

円板採取位置は胸高直径測定高にとらわれず, できるだけ根元に近く, しかも最も材の保存状態の良い部位で, 厚さ15cm~25cmの円板を採取した。表面を平滑にし, 実体顕微鏡等を用い, 中心より最低

4方向の年輪幅を一年毎に測定した。年輪幅が0.3mm以下で年輪界が不明瞭な部分については, 小片を取り, 軟化し, ミクロトームで薄片を作り春材の大型導管の配列から年輪界を確めた。

年輪幅が5mm/年以上の生長を示す生育期については, しばしば, 春材部に小細胞が出現し年輪界様となるが, 一周することは少なく, これらは擬年輪とした（Glock, 1951）。逆に1mm/年以下の生長を示す生育中期から後期にかけては, 部分的にはあるが, 春材部の大型導管を全く作らないことがしばしば観察された, したがってすべてが細胞膜の厚い夏材で形成され年輪界は認められなかった（Jefferson, 1982）が, 他の部分に明かな年輪界が認められる場合は, 部分的年輪欠除と判断した。

Table 1. The details of materials.

Sample tree No.	Date of felled	Tree height (m)	D.B.H. (cm)	Height of measured disks(m)	Diameter of disks*(cm)	Conditions at the stem base stem branching young sprout
1	Jun. 1973	16—17	113	5.5	84.7	+ ++
2	1970	15—16	72	1.6	64.6	— —
3	Oct. 1980	15—16	75	2.0	53.8	— +
4	1976	14—15	45**	0.5	68.8	+ +
5	Jul. 1983	7	53	2.5	50.0	+ +

* with out bark

** measured at 170cm from the ground

生育晩期の最外層の近くでは、材の全く作られない場所が部分的に認められるようになる (Fig. 5 参照)。これは形成層が衰弱し、樹皮がこのよう部分では作られず、また周辺の樹皮も癒合することなく、肥大生長が停止した部分であると考えられる (Ford et al, 1978)。このような場合は年輪幅測定方向を多く取り、生長停止部分も含めた平均値を1年の年輪幅とした。しかし倒伏年代の早かった No. 1 個体は、最外層の生長部分の腐朽がわずかながら認められ、残存部のみの年輪幅で全体を推定した。

年輪数の修正のため Cross-dating 法を各円板の多方向で試みたが必ずしも有効ではなかった (Fig. 10 参照)。

結 果

各供試木の円板から得られた年輪数は Table 2 に示す通りである。

No. 1 は北東の土塁上 (Fig. 1 参照) にあり、自然地形ならば小尾根の肩にあたる乾燥土壌に生育し、周囲には近接したスダシイその他の大径木がないために、独立樹的な生育空間にある。測定に用いた主幹は倒伏前はW方向に約 20° 傾斜していたようで、反対の東側には基部より直径 41cm と 39cm の2本の萌芽由来と考えられる側幹が $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 傾斜して現在でも生存している。また直径 8cm と 5cm 以下の前芽枝も3本認められる (Fig. 2, 3)。幹が合着する部分は極端に太くなり、不規則なこぶができている。さらに下部は、長年月にわたる土塁の崩壊のためは表土が 1m~2m 掘り下げられたと考えられ、太根が複雑に重なり合いながら露出している、この部分の根囲りは 9.3m に達する (Fig. 3)。

この個体は1973年6月7日に主幹が根元より倒伏している。この原因は、根元の心材部が腐朽、空洞化し、部分的に生きている辺材部のみが樹冠をささえていたが、新葉の展開直後の葉量が最も多い時季に雨滴が樹冠に付着し、さらに梅雨時であるため部分的に腐朽した上部の主幹や大枝内に水分が充満したためと考えられる。

Table 2. Numbers of annual rings of the measured disks.

Sample tree No.	1	2	3	4	5
No. of rings	216	215	220	140	108

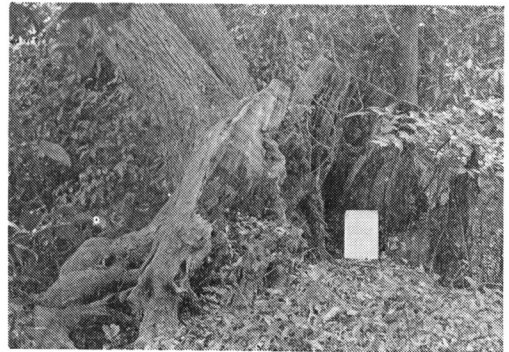


Fig. 2 The falled main stem with decayed heart wood of No. 1 tree, and that of secondary stems of sprout origin.



Fig. 3 The emerged root-mass for soil erosion of earthwork, measures 9.6m in girth.

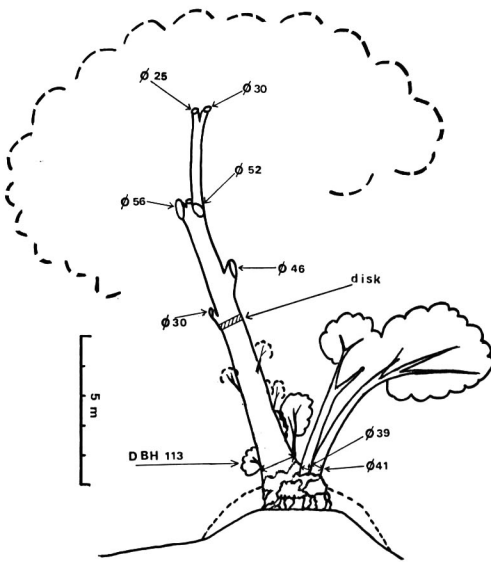


Fig. 4 Diagrammatic reconstruction of falled main stem and canopy of No. 1 tree, broken line shows old ground surface of eathwork.

増加し (Fig. 5), 特に斜面下部側の方向で多く見られるようになる。最後の10数年は、部分的な生長部位だけに着目すると年輪幅の増加傾向が認められる (Fig. 5—A, Fig. 10参照)。

肥大生長を方向別に見ると斜面上部(東側)の生長速度は最も良く、斜面下部側の約2倍、斜面側部では約1.5倍となっており、偏心生長が著しかったことを示している。

No. 2 は東側の高度差1m~2m の低い土塁に近接する平坦地にあった。土塁上にはスダジイの大径木が純林状に存在するためか、周囲のシイの直径が1m 前後であるのに比較し、直径72cm と細くなっている。

主幹は直立していたと考えられ、根元の側幹や萌芽枝はみられない。主幹の分枝は地上8.8m でみられ、基部の径は59cm であった。13m 付近での枝の径は15cm 前後であり、その先は腐朽、散逸がひどく不明であるが、樹高は約16m であったと考えられる。

円板採取は地上1.6m で行ったが、心材、辺材ともに健全であり一部樹皮も残存していた。

10年毎の年輪は Fig. 5 に示す通りであるが、10年目までの年輪幅は、平均4.5mm/年となっており (Fig. 5—D), 生長は極めて速いが、20年目では3.6mm/年と落ち、30年目では2.6mm/年まで減少する。その後60年目までは2.3mm~2.4mm/年の生長であるが、70年目では1mm/年と急激に減少する。そして0.4mm/年と最低の値を示す160年目まで徐々に減少するが、その後年輪幅は増加し190年目では1.1mm/年まで回復する。

倒伏直前の10数年は0.1mm/年以下に激減し208年目からは円周のほとんどの部分で生長が休止してしまっているが (Fig. 8参照) 生長部分は0.6mm/年であった (Fig. 10参照)。

最も半径生長のよいのはSES側の33.7cmで、最低は北東側の21.7cm であるが、比較的一様の生長を示し、土塁上に傾斜して生育していた No. 1 個体とは対象的である。

倒伏年は1970年頃と推定されるが、自然教育園で一般的に観察される基部からの主幹折れではなく、主根、側根がいわゆる根返りした状態で倒伏している。基部からの萌芽もなく、また平坦地であることから、

倒伏した幹や枝から生存時の樹形を復元すると Fig. 4 に示すようになる。樹高は16m 前後であったと考えられる。DBH は113cm であり、地上5m では直径90cm, 10m では径60cm となり、ここで主幹は径56cm と52cm の大枝に分枝して樹高生長は停滞しつつあったと考えられる。14m 付近での枝の径は30cm 前後となり、仮軸分枝状となる細枝に移行していたものと考えられる。円板採取は、心材部、辺材部ともに腐朽が進んでいない地上5.5m から行った。

測定部位の10年毎の年輪、又部分的な拡大写真は Fig. 5 に示す通りである。

初期20年間の年輪生長幅は6mm/年 (Fig. 7, 8, 10 参照) となり調査木中最大を示した (Fig. 5—B)。30年目から急激に減少しはじめ、以後直線的に減少し、70年目では1mm/年となった。その後130年までは、約0.7mm/年と低い値を示し、140年で1.3mm/年と再び増加するが、190年では0.6mm/年と最低の値になる。この頃から年輪の欠除部分が

支持根の発達が悪かったため、心材の腐朽は進んでいないにもかかわらず、梅雨時の南側の枝葉量の重量増加による倒伏ではなかったかと推察される。

No. 3 の個体は、園内中央の通称館跡と呼ばれる高さ 3m~4m の土塁の稜上に生育していた。隣接するスダジイの巨樹群との間隔はわずか 5m~10m で、かなり密生した状況にあった。基部から 1.5m の高さまでは、心材部は完全に空洞化しており、根元からは径 3cm 以下の萌芽が 2 本認められたにすぎなかった。

円板採取は地上 2m の部分で行れたが、中心部の約 50 年と辺材部の約 80 年を残して、他の中間部分は約 80 % にわたって腐朽が進み (Fig. 5 参照)、この部分は全周についての年輪の解析は不能であった。従って、完全な測定は、腐朽の少ない斜面上部の一方向に限り、他の方位については不明部分の半径に比例させて全体の平均生長を推定した。

初期の 10 年の年輪幅は 1.6mm/年とやや低い値を示している (Fig. 7 参照)。円板採取高が 2.0m であることからすると、隣接木による被陰がある程度あったと考えられる。

20 年目では 2.2mm/年、30 年目では 2.5mm/年と増加するが、40 年目では 1.6mm/年と再び低下しはじめ 60 年目では 0.8mm/年となり、初期から中期への生長時期としては、調査木中最低の値を示す。その後 120 年目までは 0.7mm/年~1.3mm/年の間を変動する。

130 年目から急激に上昇し 1.6mm/年となり 160 年目までは同様の高い生長を持続する。170 年目からは春材の生長は部分的となり、平均値は 0.6mm/年と再び減少する。190 年目にはいと生長停止部分が增大するが、生長部分の年輪幅は 1.1mm/年と一時的に増加する。しかし 200 年目にはいと、生長停止部位がほとんどとなり、平均値では 0.16mm/年となり、倒伏時の 220 年まであまり変化はみられない。

半径生長は斜面上部で 34.0cm、斜面下部側で 22.5cm で、極端な偏心生長はみられず、ほぼ楕円形となっており、わずかに傾斜した主幹をもつ個体であったことがわかる。

この No. 3 のスダジイは 1980 年 10 月の台風による倒壊個体であり、当時すでに生葉はほとんどなく立枯に近い状態にあった。直接の枯死原因は不明であるが、他のシイ巨樹のように健全な側幹がなく、わずかにあった基部からの萌芽も空洞化した主幹を支えることができなかったための風倒と考えられる。

No. 4 のスダジイは自然教育園中央部の高さ 1m 程の土塁につづくゆるやかな斜面中部に位置していた。1.3m の高さでの直径は 73cm あり、シイ巨樹群の中では中庸の太さである (奥田, 1972) が、1.0m の高さで基部の直径 57cm と 14cm の側幹が分枝しており、分枝にともなうあて材の影響がなくなるのは地上 1.7m 付近の高さである。Table 1. にも示したように測定主幹の胸高直径はこの高さでの値が個体の大きさに比例した値と考えられる。

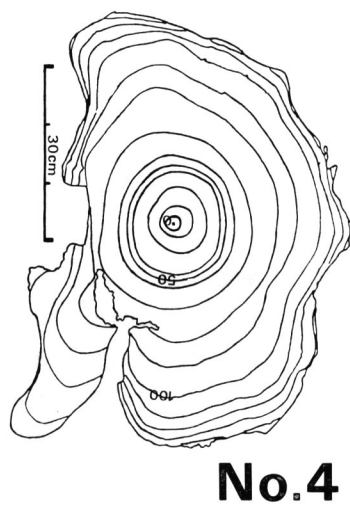
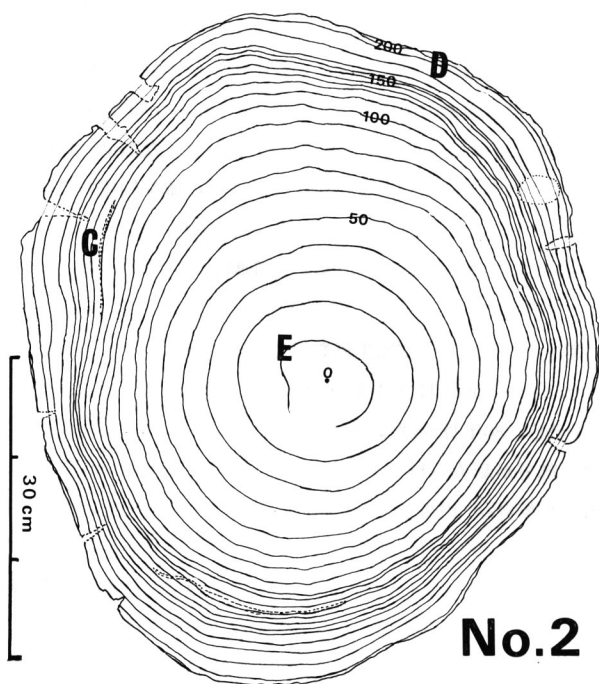
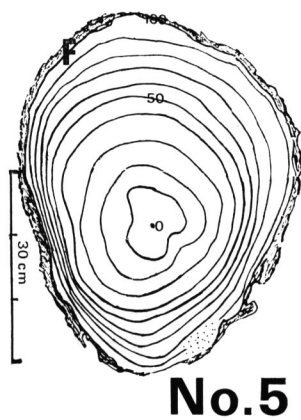
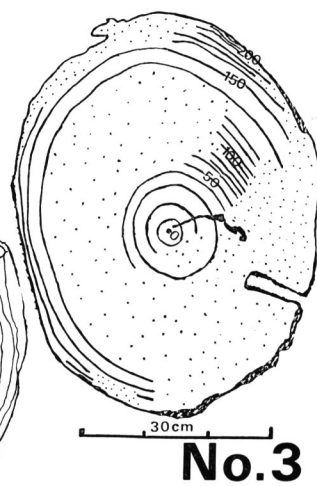
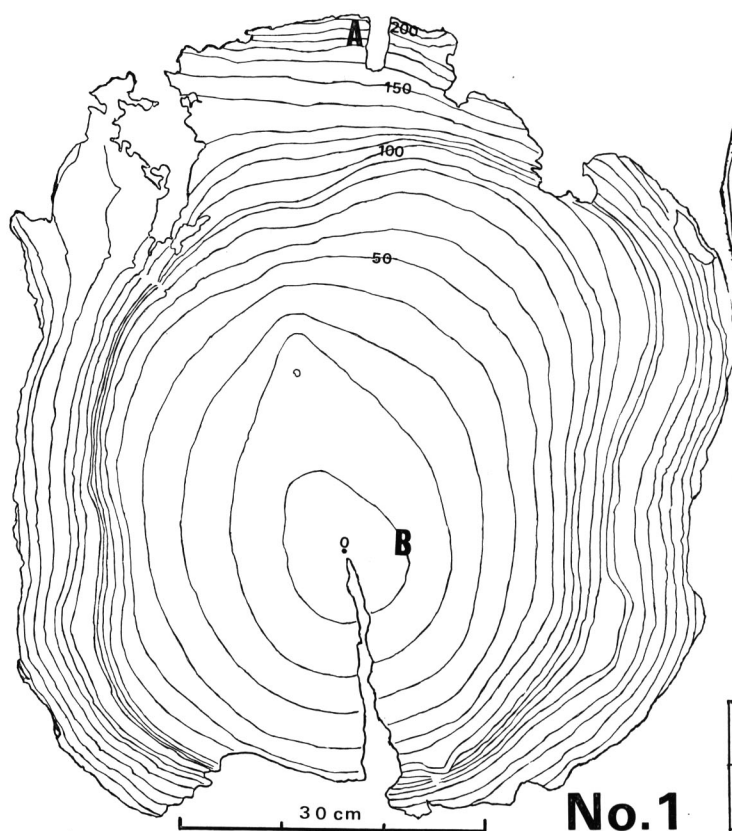
円板採取を地上 0.5m で行ったため、根張りやあて材の影響で辺材部は著しく変形しているが、中心部では斜面側部に広がった楕円形となっている。

年輪の推移をみると、10 年目で 1.2mm/年と調査木中最も悪い初期生長を示している (Fig. 5, 7 参照)。20 年目でも 1.6mm/年と遅いが、30 年目には 2.5mm/年、40 年目では 3.1mm/年と急激に増加する。

50 年目で激減するが、その後は直線的な増加を示し、80 年目には 4.9mm/年と最大の生長率を示すが、再び直線的に減少する。120 年目にはいと生長停止部分が認められるようになり 130 年目では 1.4mm/年まで落ちる。倒伏前の 10 年は 1.3mm/年であり (Fig. 8 参照)、根張りやあて材の影響はあるとしても、まだ高い生長を示していたことが認められる。

この個体は、正確な記録はないが 1976 年の夏から秋に地上 3m 付近で主幹が折れたもので、枝葉は健全であったと考えられる。風倒によるものか、雨滴による樹冠の重量増加によるものかは不明である。

No. 5 のスダジイは自然教育園、正門に近い歩道沿いの高さ 3.5m の土塁の切れた肩に生育したものである。胸高直径 128cm の主幹は、二次大戦の空襲で延焼したということで、樹冠部がほとんどない立枯状態



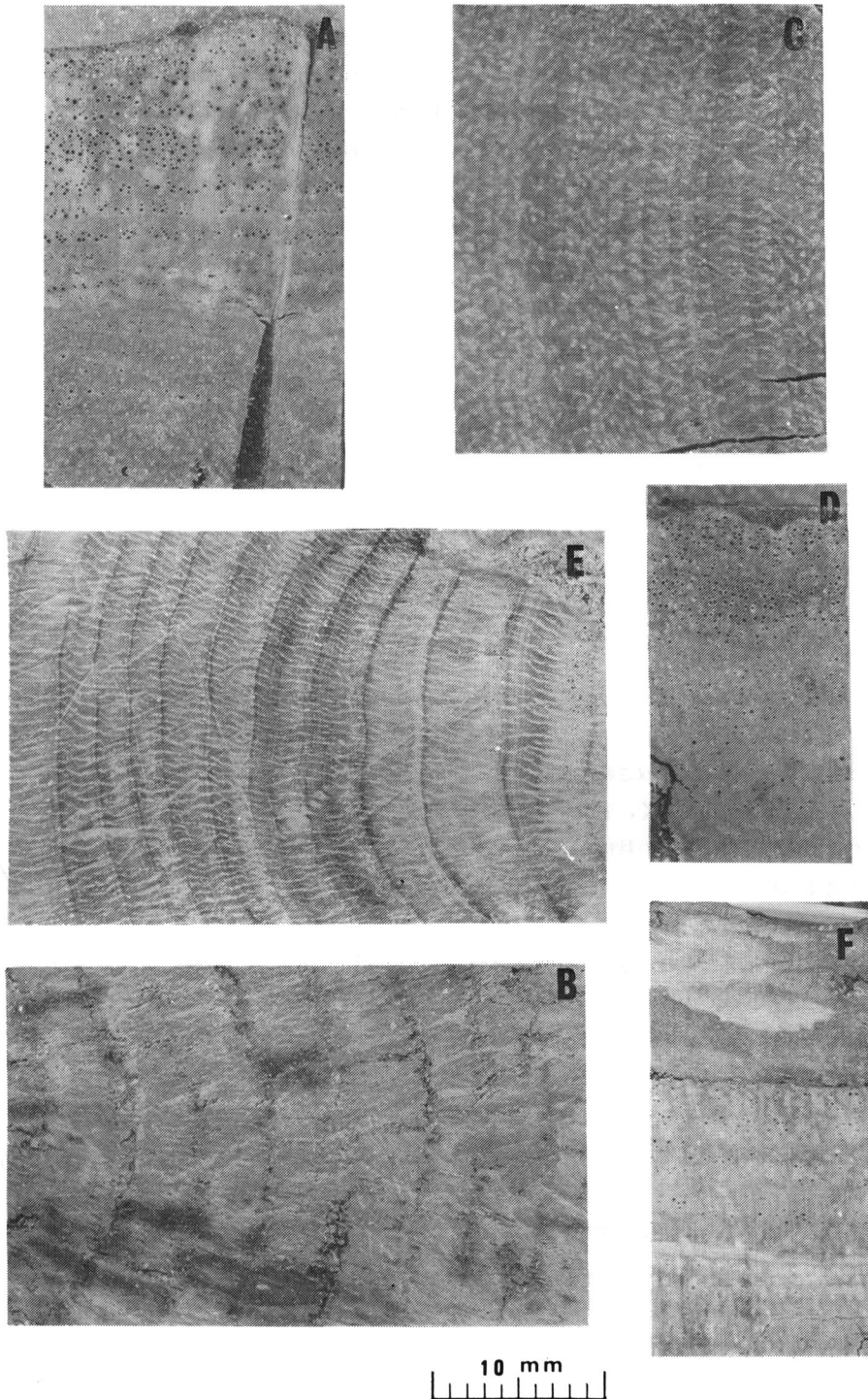


Fig. 5 The illustrations of the analyzed disks. Annual rings show every 10-yr from the pith, dotted parts also show the decayed woods and upside of all disks indicate upper side of stems on the slopes in the earthwork. Photographs A-F show details of each wood.

にあった。心材部の部分的な木片は7mm~9mmの年輪幅を示し、初期生長は極めて速かったようで、主幹の最上部までほとんど空洞化していた。主幹の年輪解析は不能であったが、直径50cmと47cmの2本の側幹は、枝葉は少ないが生存しており、斜面方向に約15°傾斜して、樹高は約7mであった。

1983年7月の大雨時に、主幹が根上りした時に、かなり衰弱していた側幹も共に倒伏し、この側幹の一つの、地上2.5mの部位から円板を採取し資料とした。

初期の10年間は5.8mm/年と極めて高い値を示すが(Fig. 7参照)、続く20年目では平均2.5mm/年と半減し、80年目までに徐々に減少し1.9mm/年となる。その後90年目では1.1mm/年、100年目で0.8mm/年と急に減少し、倒伏前の8年間は樹皮は健全であるにもかかわらず、0.8mm/年と極めてわずかな生長しか認められなかった(Fig. 5—F)。

Fig. 5に示すように斜面上部の半径32cmに対し下部の22cm 両側部は平均19cmとなり極端な偏心生長を示したことがわかる。しかし、生育初期においてはほぼ円形に近く、生長するに従って、斜面上部に材が増加し下部、側部においては圧縮材となったことが認められる。Fig. 5にはNo. 5の個体のみ樹皮が付着しているが、厚さは1.5cm~2.0cmであった。

考 察

(1) 初 期 生 長

心材の腐朽のために円板採取が0.0mで行われなかったために初期生長を解析することはむずかしいが、以下のような推定は可能であろう。

最も根元近くから円板が採取されたNo. 4をみると、初期の生長がきわめて遅く、約20年間は、被圧された、おそらく常緑樹林の林床条件下で生育していたと考えられる。その後の30年~40年は急速に生長速度が加速されることから、この年代付近より隣接樹木の樹冠を越えたものと推定できる。

No. 2は、地上1.6mの高さに達した時点ですでに4.5mm/年と極めて高い半径生長を示していることからすると、林内や林縁に定着した実生由来の個体とは考えられない。おそらく周囲の開けた人為的な環境下で初期生長期を過したと考えられる。

No. 3は、地上2mの高さで円板が取られているが、初期の5年間で1.8mm/年の生長が認められ、この値はNo. 4個体の約2倍の生長速度であったことを示している。5年目から後の10年間でも2.1mm/年と高い値だが、急激な生長率の増加はみられない。No. 3個体は、実生時にはNo. 2と同様にかなり開放的な立地に生育し、おそらく10年目頃から現在も生育している近接するシイ巨樹の幼木、あるいは他の樹木との競争関係にはいったものと推定できる。

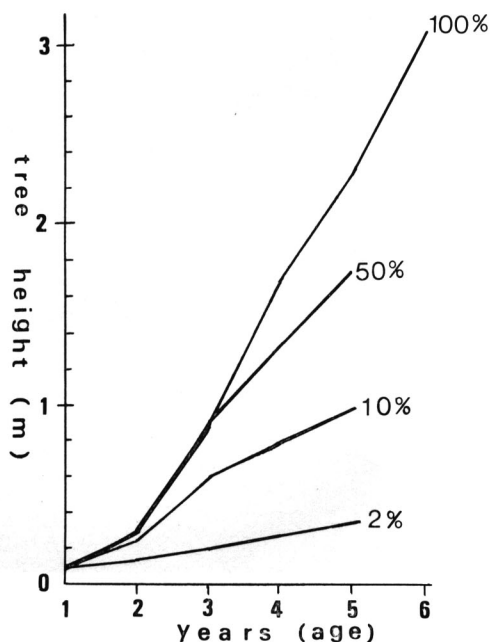


Fig. 6 Relationship between tree height and age of seedlings grown under the controlled light intensities 2%, 10%, 50%, and full light.

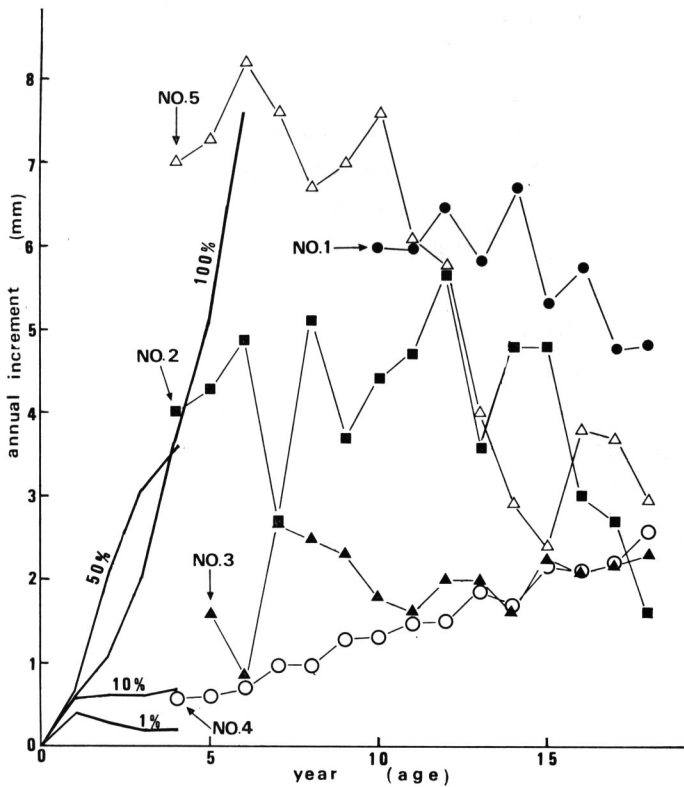


Fig. 7 The annual increments of ring-width in the seedling stage of the measured disks and those of seedlings grown under the controlled light intensities. The start points at 0-year of each five trees should be delayed for several years from the relationship between the collected height of disks and the rate of height growth of seedlings grown under the controlled light (see fig. 6).

No. 1 個体は地上 5.5m で円板採取が行われたため実生時の生育状況は最も解析が困難である。しかし、円板から読み取れる初期の年輪幅からすると、5.5m 以下の高さにおいても、少なくとも数年間は 0.5m/年以上の伸長生長があり極めて生長は良好だったと考えられる。

No. 5 は、明かに主幹の基部からの萌芽によるもので、初期の 7 年間は平均 7mm/年以上の半径生長を示している。しかし 10 年目以降は他の実生由来と考えられる調査木と同様の生長速度まで急激に減少する。

ここで得られた推論を確かめるために、実験的にスダジイの実生を被陰格子内で生育させたデータ（萩原、未発表）と比較してみる。

実験条件は、堅果を素焼鉢に播き、地表に設置し、鉢の周囲を土で覆い、やや乾燥した土壌条件で、これらを年間をとおして、全陽光の 2%、10%、50% に設定された各相対照度区内で 5 年間生育させたものである（萩原、1980）。また 100% 区としては、陽光の十分あたる適潤土壌条件の圃場で生育させた 6 年生苗の樹幹解析データを用いた。

円板採取高と実験区の樹高生長値（Fig. 6）またその高さの円板の半径生長との関係から、各調査木の発芽から円板採取高までの生長経過が復元できることになる。ただし、各調査木の実生時の環境条件が各円板採取高に達するまで一定であることが仮定されなければならない。

Fig. 6 の樹高生長をみると、1 年目の秋ではどの照度区でも、種子の貯蔵物質量が変わらないためか、ほぼ 10cm 前後と等しいが、2 年目以後は樹高差は拡大しはじめ、5 年目の比較では、2 % 区で 0.34 m、10 % 区で 0.98m、50 % 区で 1.75m、100 % 区で 2.29m となってくる。

Fig. 7 に示すように、各照度区の半径生長速度には、Fig. 6 に示した樹高生長以上に大きな差がある。

No. 4 では、10 % 区と 2 % 区の中間に位置し、10 % 区の苗高が、50cm の高さに達するまで 3 ~ 4 年かかっている樹幹解析データから、No. 4 の 0 年を 4 年分だけ移動させると 10 % 区の半径生長曲線よりやや低い、ほぼ連続させることができる。この結果は前述の推論と一致するもので、No. 4 はやはり林床下で実生更新したものと考えられる。

5.5m の高さで採取された No. 1 の生長率は、100 % 区よりやや低い付近に位置している。一方同照度区の樹高生長は 3 年目ぐらいからは、年 70cm 前後の伸びを示しており、5.5m の樹高に達するまでは 9 ~ 10 年間かかることになる。従って円板上の 0 年目の年輪は 0.0m の円板では 10 年目の年輪と推定でき、半径生長曲線も妥当な連続性を得ることができる。

No. 2 は 1.6m の高さでの円板採取であるが、同上の操作を行うと、50 % 区と連続した半径生長曲線が得られる。この曲線から No. 1、No. 2 の両者とも 100 % ~ 50 % という、天然下種更新では得られない高照度な開放的空間に生育したものと考えられる。あるいは 2 ~ 3 年生の実生苗を同上の環境条件下に植栽し、その後かなり頻繁に下刈り等を行ったと考える方がより妥当かもしれない。

No. 3 は、相対照度 10 % と 50 % の間に位置し No. 1 と No. 2 に比較するとかなり生長率も悪いが、発芽から約 10 年間は、かなり人為の加った環境下で生育したものと考えられる。

一方 No. 5 は、相対照度 100 % を超える生長率を初期からもっていたものと考えられ、すでに主幹の樹冠が大きく破れていた状態の時に発生した萌芽枝が急速に生長し、側枝さらに側幹へと育ったことをうらづけている。

(2) 生長速度と Age の関係

Fig. 8 に生長速度/年と Age との関係を示している。No. 4 の実生由来個体を除くと、No. 1、No. 2、No. 3、萌芽更新した No. 5 の個体すべてが、樹令 50 年付近までに半径生長でほぼ 2.0mm/年の生長速度に減少し、その後の減少はわずかで、かなり一定した生長速度を保っていることがわかる。

自然教育園におけるこれまでの観察では、生育の良好なシイでは樹令 20 年前後から、不規則ではあるが、わずかに結実をはじめる個体がみられ、さらに 40 ~ 50 年経た個体になると初めて、他の個体と同調的に結実の豊凶が認められるようになり、また結実量も多くなる。同時に半径生長も平均すると 2mm/年以下となる。

この事実から上記の結果を考察すると、No. 4 を除く他の個体生長速度の定常化は、結実がこの頃より盛んになったことを示すものと推察できる。しかしながら No. 4 個体の場合は、現生するシイの被陰木個体の観察からも、結実が定常化したのはかなり後のことと考えられる。

生長速度と Age の関係は、ここでは No. 4 が例外的なものとなった。しかし今回用いたシイは自然教育園という狭い範囲に生育したものであり、また土塁という特殊条件も一致している。さらに初期の生長は No. 4 個体を除くとすべて良好であった。このように生育環境が一定であることは、自然林においては希れであり、むしろ No. 4 個体にみられたように、第 1 層構成木になるまでにはさまざまな程度の被陰条件下にあることが一般的である。したがって肥大生長からみた生長速度と Age の関係はかなり複雑なものとならざるを得ないだろう。

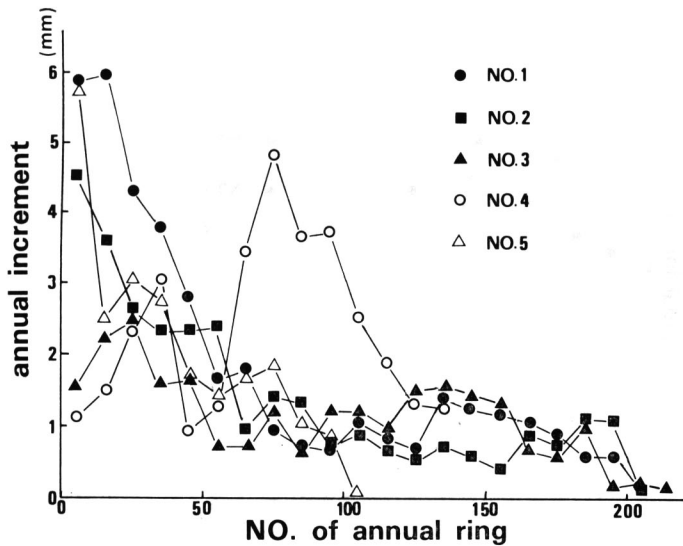


Fig. 8 Relationship between tree ring (age) and the average values of ten years in annual increment of radius.

(3) 生長速度と Size の関係

Age と Size の関係については多数の報告があるが（小倉, 1920; Cooper, 1960; 渡辺, 1970; Harper, 1977; Knowles & Grant, 1983), いずれも, Age と Size の間の一定の関係には強い疑問を示している。最近の報告の中には, Age と外部から測定できるさまざまな部位の Size との関係が得られていることも事実である（Chew & Chew, 1965; Crisp & Lange, 1976; Knowles & Grant, 1983)。しかし Chew & Chew の例では, 砂漠に点在する樹令70年生の低木を対象としたもので, 光による競争からくる Size のバラツキは無視できる条件下での関係であり, また Knowles & Grant らの場合にはいくつかの針葉樹種を対象に, 数百の個体を調査して, 相関係数 (r) が0.17~0.61という値が得られているに過ぎず, やはり大きなバラツキが存在することを逆にうらづけているとも考えられる。

また一方では, 植物の再生産過程の推定等に植物の Age よりも Size が直接的に寄与しているという報告も最近では増えてきている（Werner & Caswell, 1977; Caswell & Werner, 1978; Kachi & Hirose, 1983)。林木の樹高生長に関しては, 樹高限界に達するまでの Age はきわめてバラツキが多いが, 樹高限界という Size そのものは, 同一立地では, 樹種を越えて同一であることはしばしば観察される事実である。しかし肥大生長に関してはこのような事実は例外的に亜高山帯におけるシラベ林などでみとめられことはあっても一般的ではない。

肥大生長速度の増大あるいは減少は, 樹高生長にともなう枝葉量, 特に葉量の増減によって第一次近似ができるとするならば, 樹高生長曲線とそれにややおくれでピークをもつ葉量の増加曲線となんらかの関係が見出されることが考えられる。また剰余生産量と肥大生長を考えた場合には, 個体の同化・非同化部の割合が肥大生長率に大きく反映すると考えられる。

こうした観点に立って今回の肥大生長速度の減少曲線を考えた場合, 剰余生産量や葉量により直接的に近似ができる Size との関係を求めてみた (Fig. 9)。個々の半径長と肥大生長速度との関係は, 半径 20cm 以下においては, Fig. 8 の Age との関係よりさらにバラツキが多いが, 半径 20cm~25cm の間で一定の生

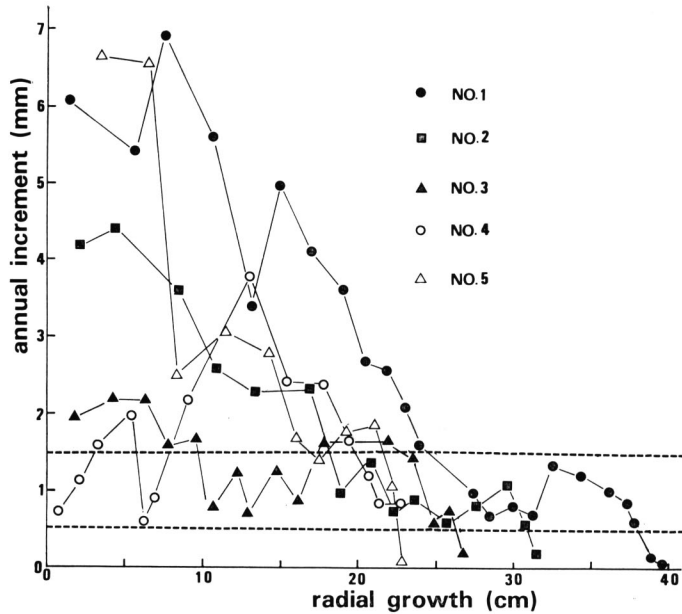


Fig. 9 Relationship between radial growth and average values of ten years in annual increment. The upper broken line shows the limit of maximum annual increments when the radius is beyond 20-25cm in the all disks and the lower one shows the critical point of death in No. 1, No. 2, No. 3, and No. 5.

長速度に収斂する傾向が認められる。特に初期に被陰条件下にあったと考えられる No. 4 の個体の Age との比較における例外は消去されている。半径 25cm 付近で定常化した生長速度は、その後の肥大生長に対してさらに減少することはなく 0.5mm/年～1.5mm/年の範囲でいくらかバラツキがみられる程度で持続する傾向を示している。

伸長生長をになう梢端部の生長点は無数にあり、老木になると、枯死と再生を繰り返すことにより同一立地においてはほぼ一定の樹高を保つことがわかっている。そして生長点は側方へ伸びるだけを継続し、周囲に競争相手がなければ樹冠はより傘型へとなり葉量の増大はわずかずつ行われる。この増加した葉での同化産物は、この葉群を支える当年枝、前年度枝、太枝、幹、根に等しく配分されるわけではなく（猪瀬, 1982）、多くは側枝や主幹上部の肥大生長に使われるものと思われる。

胸高付近の肥大生長に寄与する年々の同化産物の量は、樹冠の形成がほぼ完成した時点で、より増加することは期待できないことになる。そしてこの時期が、今回得られた生長率の変曲点と一致するのではないかと考えられる。

変曲点以後の肥大生長が定常化するということは、Age と変曲点より外側の Size との間には直線的な関係があることになる。しかし初期の肥大生長が速かった個体は、その蓄積分だけ、同一 Age といえども大きな現存量を有することになる。同一 Age と考えられる（奥田, 1972）自然教育園の直径分布のバラツキも、この初期生長の差が大きな要因の一つになっていると考えられる。

このような傾向をより一般化することは、測定部位の半径が少なくとも 30cm 以上に達する大径木が多数なければできない。そして今回スダジイで得られた半径 20cm～25cm 付近の一つの生長率の変曲点 は、1 個体の最大許容葉量が異なるような異質の立地間では成り立たないことは予想できる。また種によりこの変

曲点は当然異なるものであろうが、長樹令でなおかつ大径木になる種では大きな値をとり、逆に短命の種ほどこの値は少なくなると考えられる。

(4) 肥大生長からみた大径木の枯死

今回の資料は、すべて立枯れまたは倒木となった個体であり、枯死時の肥大生長の様子を考察することができる貴重な例であるといえる。No. 4 の個体は最後の10年間の生長率が1.3mm/年であり、他と比較すると倒伏直前まで高い生長を示していたことがわかる。倒伏時の状況は前述したようにはっきりしないが、肥大生長からみると、風などによる事故死の可能性が高い。

しかし Fig. 9 に示すように他の4本の個体では枯死前の生長速度は急激に下降しており、0.5mm/年の生長速度が肥大生長からみた一つの Critical Point (臨界値) であると考えられる。個々の生長速度の項で述べたが、この0.5mm/年の値は、測定円板の周囲における平均値であり、生存部位では0.5mm/年以上の生長速度を示すことが一般的である。時には1.5mm/年もの生長を示す部分も認められるが、枯死部分の割合が極めて多くなり、平均値ではこのような結果となっている (Fig. 5—A, D, F 参照)。

生長率が平均1mm/年に定常化したと考えられる胸高直径60cmの個体を想定してみると、直径70cmになるまでに50年、80cmになるには100年かかることになる。このときの円周あるいは年断面積生長の増加分は、50年後で1.17倍、100年後で1.33倍となる。前項に述べたように幹への剰余生産物の量が一定とすると、樹令を重ねるに従って生長率をさらに下げるか、形成層活動の部分的な停止の二者が考えられる。今回の結果からすると前者の場合は下限が0.5mm/年付近となんらかの理由で決まっているようで、最終的には後者の方策を取らざるを得ない。このように部分的生長をする個体は樹皮の生育状態で外観から判断でき、自然教育園の多くの生存個体でも見ることができる。またいわゆる胴萌き状の萌芽枝が多数みられるようになる。

一方心材部はほとんどの個体で空洞化が進んでいるため、残されたわずかな辺材部と内皮、外皮の強度が下がることは、巨大に生長した樹冠を支えることがむずかしくなり、雨滴や風圧による樹冠の荷重が急激に増加するときに倒伏するものと思われる。

(5) Cross-dating について

各年輪の絶対年代の決定や測定誤差の修正のために Cross-dating 法が用いられているが、今回得られた年輪曲線を使い同法を試みたが結果は Fig. 10 に示すように不成功であった。

まず1個体を代表する年輪曲線作製のため測定部位の選定が困難であった。どの資料木も偏心生長が著しいために、いくつかの方向で得られた年輪曲線を比較してみたが、同一円板内でも各方向によって年輪曲線はかなり変化し、一致する部分は全体の約1/3程度にすぎなかった。このように変異が大きい理由としては、資料木のスダジイは樹冠直下の力枝が太く、且つ根元からこの力枝までの距離が短いために、根元の肥大生長が力枝の方位によって大きく変化してしまうためではないかと考えられる。大径木では軸方向の材のねじれが 10° ~ 20° もあり、各下枝の影響を考慮することは不可能に近かった。

Cross-dating に実際使える年輪曲線は成長が安定し年輪幅もかなり一樣になるまでは比較できず、今回の場合、年輪幅が1mm前後に収斂してから後の比較だけが有効と考えられる。しかし、この時期以後は各側枝が支える樹冠の成長は不均一になることが一般的に多く、この点からもシイを用いたクロノロジー的展開はむずかしいと考えられる。

側枝の影響が無視できる程の下枝高をもち、さらに長年月生存できる樹種は、マツ、ヒノキ、トウヒ、スギ、トガサワラなどの針葉樹類に限られるよう (Glock 1955; Zeuner, 1972; Ford et al, 1978)、広葉

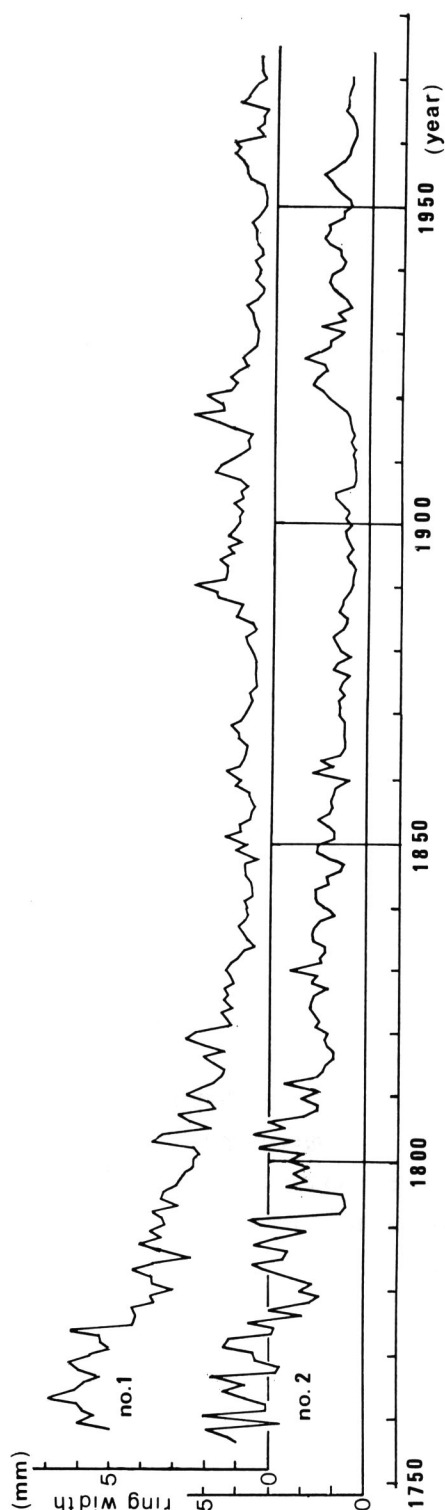


Fig. 10 The fluctuations of annual increments in No. 1 and No. 2 tree. The agreement of the two curves is not remarkable.

樹を用いた報告は例がない。

(6) スタジイの樹令と土塁の成立

樹令 108年の No. 5 は萌芽更新したものであり、ここでは議論の対象からはずすことにする。No. 1, No. 2, No. 3 の 3 個体はいずれも 200 年をやや越えた付近に収束している。一方、天然更新したと判定できる No. 4 の樹令は約 140 年であり、前 3 個体とは 50 年以上の差がある。Fig. 8 の No. 1, No. 2, No. 3 の生長速度の変化からすると、50 年～60 年付近で 2mm/年以下まで急激に減少しており、この頃から種子生産を盛んに始めたと考えられる。つまり No. 4 は、No. 1～No. 3 を母樹とした 2 世代目と考えるのが適当であろう。

残された No. 1～No. 3 個体の倒伏年 X と数えられた年輪数 B および Fig. 7 で推定された実生時の年数 b を加算して、発芽年代 Y を推定すると、 $Y = X - (B + b)$ となり、各個体は以下ようになる。

No. 1 1973年 - (216 + 9) = 1748年

No. 2 1970年 - (215 + 4) = 1751年

No. 3 1980年 - (220 + 5) = 1755年

さらに、実生時の推定誤差を ± 2 年、また、年輪測定における、倒伏直前の萌芽枝等による擬年輪の加算の誤りを 5 年分考慮してみると、1746 年が最も早く、1762 年が最も遅い年代となる。この間に No. 1～No. 3 の個体は生育を始めたと考えられる。

初期生長の項で考察したように、この 3 個体とも種子由来の天然更新とは考えられず、上記の 15 年間のある年か、あるいは数年間にわたって植栽され、かなり的人為的な管理が行われていたと考えるのが妥当である。

No. 1, No. 2 は特に初期生長が高く、土塁上に草本類が生育していたとすれば、年 3 回以上の刈払い、あるいは野焼きが毎年行われていたと考えられる。また逆に土塁上に樹木が繁茂していたとすれば、植栽時には広い範囲にわたってかなり強度の伐採が行われたということである。

しかしながら当時の江戸における大名の下屋敷内で、林の伐採、野焼きなどは以下のような理由で考えにくいことである。

遠藤(1934)によると、家康の百箇条をはじめ、慶安2年(1649)、元禄7年(1694)の幕府の令では、屋敷林の伐木に対し、一族におよぶ斬罪、遠島等によってきびしく禁じ、その保全に努め、屋敷内に松、杉、榎などの有用な常緑樹を植えることを奨励している。松平讃岐守は代々幕府の重臣として仕えておりこの禁を犯すことは考えにくい(徳川実記, 1973)。

このようなきびしい禁令が出た背景には、江戸時代は火災が極めて多く、その規模も大きかったことがある。数万軒が焼失したといわれる大火で、現在の自然教育園が含まれる白金付近におよんだものをあげると、元禄15年(1702)の大火、享保8年、10年(1723, 1725)の大火、青山六道火事(1745, 1756)、目黒行人坂火事(1772)がある(東京都港区史, 1960, 東京都目黒区史, 1961, 東京都新修渋谷区史, 1966)。

また讃岐守の屋敷が類焼した記録は、松平公益会(1964)、永年会(1932)に詳しく、下屋敷の一つである芝邸としては、天和2年(1682)、元禄2年(1689)、同8年(1695)、同16年(1703)、明和2年(1765)小川町本邸では、安永9年(1780)、天明8年(1788)、寛政4年(1792)、金杉邸としては明和2年(1765)がある。しかし、白金の目黒別邸が直接類焼を受けたという記録は上記の行人坂火事だけである。さらに邸内より火を出した記録も多数あるが、目黒邸としては天明5年(1785)と寛政元年(1789)の2回だけである。下屋敷であった目黒邸は江戸の北西に位置したためか火災の回数は少なく、他邸の火災のあととはしばしば居を目黒邸に移している記録もみられる。

延焼が広範囲となった原因は、萱ぶき屋根と火の粉による飛火であるといわれる(東京都目黒区史, 1761)。火災の時季は冬から春先にかけてであり、火の粉を防ぐ常緑高木は役にたち、また火災後の建築には材木が必要となり、大火の度に幕府は多大の出費を強いられ(徳川実記, 1973)前述の禁伐令になったと考えられる。

このような当時の事情から考えると、幕府の側近であった讃岐守の下屋敷周辺を無立木地として管理していたとは考えにくく、またシイを植栽するために既存の林を伐採したとは考えられない。むしろ積極的に土塁を築き、大木となり樹冠が特に密に発達するシイの苗木を植栽したとも考えられる。

遠藤(1934)によると、屋敷内に、マツ、スギ、カシ、竹などを植えた例は多く、シイの記録は数例を見るだけだが、日本で初めての農業書といわれる宮崎安貞の農業全書巻九(1697)には、シイについて、「西北の風寒を防ぎ、東南の暖かなる和気を蓄え一中略一其内に作る物の盛長も早くよくさかえ一中略一盜賊の防ぎとなり、或は隣家の火災の隔となり一中略一又椎は殊に葉よくしけりさかえて冬しぼまず、しんぼく強く風のふせぎによし一中略一実も木も他木の及ぶあらず」とシイを屋敷内に植えることを奨励している。

増補高松藩記(永年会, 1932)には、前述の火災、移居、將軍の命、新邸の構築等に関する項目は詳細だが、土地の改修、樹木の伐採、植林などの記載は一切みられない。しかし元文元年(1736)に五代目の高松藩主となった頼恭の頃には、藩内の平賀源内に度々目黒邸に出張を命じている事実もあり(入田他, 1932)邸内にあったとされる薬園の整備とともに、土塁の構築や植林が行われたことも十分考えられる。

中央土塁上に生育していた No. 3 の個体は、No. 1, No. 2 に比べて初期生長はやや劣るが、少なくとも林床下に育ったと考えられる程の値ではなく、中央の土塁上もかなり開放的な環境にあり、同時期に植林が行われたものと考えられる。

自然教育園30周年記念誌には、首都高速道路2号線工事の際、西側土塁より、根元が1.5m 埋った胸高直径約80cm のシイの写真がある。埋没部分には全く出根がみられないことから考えられることは、かなりの大径木にシイが生長した後に土盛工事が行われたということである。この個体が前述の No. 1~No. 3 個体と同じぐらいの樹令であったとすれば、すくなくとも明治期以降に土塁の構築あるいは修復があったと考えられる。この事実は小室(1965)の外周土塁の構築年代の推定と一致してくる。

安田他(1980)は、自然教育園の花粉分析をしているが、地表面165cm から50cm までにスダジイの花

粉はほとんどみられずに、地表下 20cm ではじめて高い出現率を示すことを記録しているが、他の樹種の花粉の動向から考えると、この時期が江戸時代の中期であったと考えることもできる。

(7) シイ樹令に関する過去の説

従来、自然教育園のシイ巨樹群の樹令についていくつかの説があるが、いずれも明確な資料をもとに樹令を推定したものではない。

シイについてふれたものとしての最初の文献は、東洋学芸雑誌32巻(1915)で筆者不明となっているが、「シイの巨幹数十並立するも亦観るに足るべく——」とある。他に巨木としてウワミズザクラとモミをあげてある。また樹令についても詳しくと云われる牧野富太郎は、「——もみの大木も聳えている。後の方には無論百年余も年数を経たしひのきの大木が列を成して茂って——」とあり(牧野, 1932)、シイの巨木については100年を越すことは確かであるが200年まではたっていないと判断したようで、今回の結果からすると当時の樹令は170年程であり、ほぼ妥当な推定だったと考えられる。

さらに、「明治初年に大木は伐って売り払ったとの事であるがその後又今日まで相当の年月を経たのでその当時低小のものも今は頗る大きく成長している——」とも書かれており、明治5年に高松藩から海軍省の火薬庫となった時にかなり大規模な伐採があったことを記録しているがおそらくマツ、スギなどの有用樹であったと考えられる。

しかしながら、その後シイの樹令に直接触れたものとしては、史跡名勝天然記念物台帳(文部省, 1949)があり、ここでは「最大の樹の樹令は500年以上と推定される」となってしまう。1965年発行の自然教育園の植物によると、「——結局は確かな年数はわからず、そのため400~500年とかなり幅のある推定値にならざるを得ない。」としてある。

沼田、手塚(1966)には、「約500年前に豪族が築いたといわれる土塁上を中心にみられ、胸高周囲6m余のものもあり、その大部分は樹令300年以上の老木である。」としてある。さらに奥田(1972)のスタジイ巨樹群の詳細な報告の中には、「約500年前に築かれた土塁上に樹令約400年と推定されるシイが234本記録され、木の大きさは不斉ながら樹令はほぼ同じと考えられる。」とある。

牧野(1932)の記録以後には、中世に築かれた土塁上にあることが必ず付随説明となっている。一方、中世の土塁であるという根拠は、小室(1965)によると、「種々な種類の土塁が一中略—それらの内から中世土塁、近世、及び明治、各時期の土塁を区別することは、次の機会に譲ることとし、ただ、迎賓館裏の舌状台地上の土塁は中世の遺構であることは、その占地条件その他から明らかであると言うことを述べるに止まる。」とあり、通称館跡と呼ばれる中央の上塁に限り鎌倉末から室町期のものであると述べているにとどまっている。

前出の記念物台帳には、「シイノキの樹令から見て中世の土塁であることは明かである。」とあり、鶴田・坂元(1978)にも、「土塁上に繁茂するスタジイは樹令凡そ500年位と推定されるので、少くとも15世紀頃構築されたものと考えられる。」とある。このように一方では、土塁の成立年代にシイの樹令が有力な証拠として用いられ、他方ではシイの樹令が土塁の構築年代と深い関係があるという混乱がおきている。

シイは腐朽しやすい材として知られておりまた前述したように、倒伏はそのほとんどが心材が腐朽し樹幹基部が空洞化したために起るものである。また特に生長の良い年輪を持つ中心部分は当然腐朽しやすく、このために年輪が密になった周辺部だけが残ることが普通であり、もしこの周辺部の年輪数から全体を推定すると、推定樹令は大幅に多くなってしまう。また倒伏個体はかならずしも最大級の直径をもつとは限らず、たまたま測定木の直径からより太い個体の直径を直接比較すると、やはり推定樹令は多くなる。

奥田(1972)はシイ巨樹のすべてについて胸高直径を測定している。その中から最大級の直径をもつもの

を今回再度調べてみると、1.3m の測定高付近に萌芽が多くあて材が発達していたり、測定部位のすぐ上で双幹となっていたり、また土塁の崩壊で根上がりしているものなどがほとんどであることが明かになった。一例としてあげれば、DBH 213cm という最大の直径をもつシイは、土塁の先端部にあり、根上りがひどく、地上1.3m 付近は全くの根部であり No. 1 のシイと同じような状態にある (Fig. 3, 4 参照)。さらに幹の基部より1.5m で、径 106cm と径 92cm の双幹になっている。この分岐直下を測定することは木のボリウムを表すことにはならず、正確には各幹の二乗の和の平方根を用いるべきである。しかし樹令の比較には各幹の大きい方の値だけを用いることはいうまでもない。又、二番目に大きく、DBH 140cm のシイでは、萌芽の影響の比較的少ない地上1.4m で測定すると 123cm と減少するが、現在のシイ巨樹の中では最も太い個体ということになった。

以上のような誤りの集積がこれまでの推定樹令を増大させる原因の一端となったものと考えられる。

要 旨

自然教育園内のスダジイ巨樹の倒木の樹幹解析を行い、常緑広葉樹の肥大生長様式を検討し、以下のことが明かになった。

1. 初期50年間の半径生長は極めて早く、6mm/年を越える個体も認められた。
2. 樹令50年以後は急激に生長速度は減少し以後はほぼ 0.5~1.5mm/年の間で変動する。
3. 被圧された実生時期を除くと、生長速度から見た枯死の borderline は 0.5mm/年と考えられる。
4. 生長速度と Age との関係は、個体の生育環境により大きく変動するが生長速度と積算直径 (Size) には一定の関係が得られ、50cm 付近に生長率の変曲点が認められた。
5. シイ巨樹群は、ほぼ同一樹令となり、約 230 年前に、苗木を植栽し、管理を行っていたものと考えられる。

謝 辞

本研究の実施にあたって、園内各地から測定円板の搬出また、多くの資料を提供して下さった自然教育園の方々、年輪測定には、植物研究部の山内文、林業試験場木材部の緒方健の両氏の格別の御指導といただいた。また、自然教育園の歴史に関する幾多の意見を賜り、園を辞されてからも、松平家の古文書等の写しをお送りいただいた坂元正典元園長の暖かい励ましがなければ本研究は挫折していたと思われる。文末ながら皆様方に厚く御礼申し上げる次第である。

引 用 文 献

- Auclair, A. N., & Cottam, G. 1971. Dynamics of black cherry (*Prunus serotina* Erhr.) in Southern Wisconsin oak forests. Ecological Monographs, 41: 153—177.
- Blackburn, W. H., & Tueller, P. T. 1970. Pinyon and juniper invasion in black sagebrush communities in east central Nevada. Ecology, 51: 841—848.
- Caswell, H. & Werner, P. A. 1978. Transient behavior and life history analysis of teasel (*Dipsacus sylvestris* Huds.). Ecology, 59: 53—66.
- Chew, R. M. & Chew, A. E. 1965. The primary productivity of a desert-shrub (*Larrea tridentata*)

- community. Ecological Monographs, 35: 355—375.
- Cooper, C. F. 1960. Changes in vegetation structure and growth of southwestern pine forests since white settlement. Ecological Monographs, 30: 129—164.
- Crisp, M. D., & Lange, R. T. 1976. Age structure distribution and survival under grazing of the arid-zone shrub *Acacia burkittii*. Oikos, 27: 86—92.
- Davis, R. B. 1966. Spruce-fir forests of the coast of Maine. Ecological Monographs, 36: 79—94.
- 永年会編. 1932. 増補高松藩記.
- 遠藤安太郎編. 1934. 日本山林史. 保護林編. 上. 973pp. 日本山林史刊行会, 東京.
- Ford, E. D., Robards, A. W. & Piney, M. D. 1978. Influence of environmental factors on cell production and differentiation in the early wood of *Picea sitchensis*. Ann. Bot., 42: 683—692.
- Glock, W. S. 1951. Cambial frost injuries and multiple growth layers at Lubbock, Texas. Ecology, 32: 28—36.
- 萩原信介. 1980a. 都市林におけるシュロとトウジユロの異常繁殖. III. 相対照度及び土壌水分のいくつかのコントロール条件下でのシュロ実生個体の生育について. 自然教育園報告, 10: 37—50.
- Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. 892pp. Academic Press, New York, New York, USA.
- Hett, J. M. 1971. A dynamic analysis of age in sugar maple seedlings. Ecology, 52: 1071—1074.
- & Loucks, O. L. 1971. Sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) seedling mortality. J. of Ecology, 59: 507—520.
- & ———. 1976. Age structure models of balsam fir and eastern hemlock. of Ecology, 64: 1029—1044.
- 猪瀬光雄. 1982. 単木間の競合関係にもとづくトドマツの生長モデル (第1報) 樹冠の発達と材積成長量. 林試研報, 318: 103—127.
- 入田整三編. 1932. 平賀源内全集. 651pp. 平賀源内先生顕彰会, 東京.
- Jefferson, T. H. 1982. Fossil forests from the lower cretaceous of Alexander island, Antarctica. Palaeontology, 25(4): 681—708.
- Kachi, N. & Hirose, T. 1983. Bolting induction in *Oenothera erythrosepala* Borbás in relation to rosette size, vernalization and photoperiod. Oecologia, 60: 6—9.
- Knowles, P. & Grant, M. C. 1983. Age and size structure analyses of engelmann spruce, ponderosa pine, lodgepole pine, and limber pine in Colorado. Ecology, 64: 1—9.
- 国立科学博物館付属自然教育園編. 1980. 創立三十周年記念誌. 84pp. 国立科学博物館付属自然教育園, 東京.
- . 1981. 植物目録. 自然教育園報告, 12: 128—152.
- 小室栄一. 1965. 中世城郭の研究. 310pp. 人物往来社, 東京.
- LaMarche jr., V. C. 1969. Environment in relation to age of bristlecone pines. Ecology, 50: 53—59.
- 牧野富太郎. 1932. 東京白金の旧火薬庫製造所地内のトラノオスズカケとハマクサギ. 植物研究雑誌, 8(2): 95—98.
- 松平公益会編. 1964. 高松藩祖松平頼重伝. 648pp. 松平公益会, 香川.
- Miller, P. C. 1970. Age distributions of spruce and fir in beetle-killed forests on the White River

- Plateau, Colorad. American Midland Naturalist, 83: 206—212.
- 沼田真・手塚映男. 1966. 自然教育園内植物群落の組成と構造. 「自然教育園の生物群集に関する調査報告」, 第一集: 15—36. 財団法人野外博物館後援会, 東京.
- 文部省. 1949. 旧白金御料地. 史跡天然記念物台帳. 文部省, 東京.
- 奥田重俊・宮脇昭. 1966. 自然教育園の植生と現存植生図, 「自然教育園の生物群集に関する調査報告」, 第一集: 1—14. 財団法人野外博物館後援会, 東京.
- . 1972. 自然教育園に生育するスダジイ巨木群の現状とその保護について. 自然教育園報告, 3: 1—16.
- . 1980. 自然教育園の植物群落. 自然教育園報告, 11: 5—28.
- 小倉 謙. 1920. 杉其他ノ樹木の肥大成長ニ関する二三ノ観察. 植維, 401: 146—162.
- Oosting, H. J., & Billings, W. D. 1951. A comparison of virgin spruce-fir forest in the northern and southern Appalachian systems. Ecology, 32: 84—103.
- 大田貞明. 1978. ソフトX線による樹木の年輪構造解析 (第1報), 汚染大気下で生育した樹木の年輪構造. 木材学会誌, 24(7): 429—434.
- Roughton, R. D. 1972. Shrub age structures on a mule deer winter range in Colorado. Ecology, 53: 615—625.
- 坂元正典. 1978. 自然教育園における白金長者伝説について(1), (2). 国立科学博物館ニュース, 107, 108.
- Thompson, M. A. 1981. Tree rings and air pollution: a case study of *pinus monophylla* growing in the east-central Nevada. Environmental pollution (series A), 26: 251—266.
- 東京都港区役所編. 1960. 港区史, 上. 1136pp. 東京都港区, 東京.
- 東京都渋谷区編. 1966. 新修渋谷区史, 上. 1066pp. 東京都渋谷区役所, 東京.
- 東京都立大学学術研究会編. 1961. 目黒区史, 上. 1217pp. 東京都目黒区, 東京.
- 徳川実記研究会編. 1973. 徳川実記. 全10巻. 新訂増補国史大系. 吉川弘文館, 東京.
- 鶴田総一郎・坂元正典. 1978. 自然教育園沿革史. 自然教育園報告, 8: 1—19.
- 渡辺定元. 1970. 北海道天然生林のサクセッションのパターンについて I. 北方林業, 261: 349—356.
- Werner, P. A., & Caswell, H. 1977. Population growth rates and age versus stage-distribution models for teasel (*Dipsacus sylvestris* Huds.). Ecology, 58: 1103—1111.
- 安田喜憲・三寺光雄・菅原十一. 1980. 自然教育園の泥土の花粉分析的研究(1). 自然教育園報告, 11: 123—126.
- Zeuner, F. E. 1972. Dating the past. 516pp. Hafner publishing CO., New York.

Summary

The reports about the pattern of diameter growth of evergreen broad leaved trees have been very few up to this time. In the garden of the Institute for Nature Study the many giant *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* amounting to 170 or so in total have grown on the earthwork of about 1.3 kilometer length. Many of them have fallen down lately. Among them the five samples the heart woods of which are not deteriorated were chosen, and the disks were cut out of their basal part of these trees and then these disks were scrutinized to find out the pattern of diameter growth of these trees.

From the above research I have got the results as follows.

About three samples (D. B. H. 75—113cm) every tree was about 220 years old. Its radius growth in the state of seedling was rapid, 3mm—5mm a year. Comparing their growth values with those of the same species artificially grown in the nursery shaded by saran screens we found that the values of the three samples were very close to that of those seedlings in the area of 50% relative light intensity, and it was considered that the three trees had been planted and grown nearly at the same time.

The smallest individual (D. B. H. 45cm) was 140 years old, and it was considered to be a tree of natural regeneration resulted from seedling, because it keeps the first stage growth at the rate under 1mm a year.

The individual grown from a sprout (D. B. H. 53cm) was 108 years old. During the first 10 years it showed a very fast radius growth, but fifty years later, the growth rate decreased to 1.4 mm per year, and after that it kept the same growth as that of other individuals.

It was made clear about every investigated trees that after when its annual increment gets to the maximum, the growth rate varies in the range of the constant rates (0.5mm—1.5mm per year) and it lasts till the time of falling down. The time how long it takes to reach the constant rate depends on each individual. According to this research, the difference of the growth rate among the seedlings will be greatly due to the various causes, for instance: whether they have the suppression with their mother trees or not, or whether they have the competition with other trees or not, or the difference of the inorganic environment which they are influenced by. But we understood that when the integrated increment of radius became 20cm—25cm, all the individuals attained the constant rate above mentioned. From this we can forecast the fact that an inflectional point on which diameter growth will be regularized is not due to the age of a tree but the size of a tree.

When the average growth rate (less than 0.3mm per year) lasted more than 10 years, the radius growth partially took place and came to the condition of standing death. But when the growth rate was kept more than 0.5mm per year, we found that the death was due to the falling down caused by the decay of heart wood.