

木材材質の森林生物学的研究 (第6報)

北海道厚田産トドマツ材の偏心生長と立地の傾斜

Zisuke KABURAGI: Forest-biological studies on the wood quality. (Report 6)
On the relation between slope of the forest stand and the eccentric growth
of Todo-fir at Atsuta district in Hokkaidō.

蕪 木 自 輔*

目 次

I 緒 言	41
II 肥大生長の偏倚	42
III 供試木	43
IV 測 定	43
V 南側および北側斜面と偏心生長の状態	44
VI 立地の傾斜と偏心生長の状態	45
VII 樹幹基部における偏心生長の歴年変化	47
VIII 樹幹における偏心生長の出現状態	49
IX 樹幹基部の偏心度と傾斜角の大きさ	50
X 樹幹基部の偏心曲線に対応する半径生長量	52
XI 樹幹における偏心曲線に対応する半径生長量	53
XII 要 約	54
参考文献	55
Résumé	55

I 緒 言

この報告はトドマツ材の材質生長に関する研究の一部であつて、前報^{***}と同一の標準地についてその偏心生長のあらわれかたと立地の傾斜について観察されたものである。

偏心生長様式は非常に複雑であつて、その性質とかたちとを抽象化してかんたんな系列にとりまとめる段階にはまだ至つていないが、二、三の興味ある結果をえたのでここにあえて記載することとした。

なお、本実験の施行にあつて多大の御指導と御便宜とを与えられた林業試験場札幌支場長林行五氏、林業試験場木材部長齋藤美鶯氏ならびに技官加納孟氏に深甚の謝意を表する。ま

* 札幌支場材質研究室員 *** 木材材質の森林生物学的研究 第5報

断的に地上高0.0メートルからその年の樹梢にかけて直線的であるのは1899年ころに一度しかない。つまりこの生長過程においては横断面生長においても縦断面生長においても $r=1$ の生長をしていないこと、すなわち、立体的に原則としての円錐(台)的な生長を全くしめさないといつてよいことを意味している。またこのような場合の偏心生長にかならずしもいわゆるアテを伴うとは限つていないようである。

樹幹形態の量的な偏倚は、年々累積される生長層の厚さの偏倚によつて決定される。年輪は数多い細胞の堆積によつて構成されるから、樹幹形態としてあらわれる肥大生長偏倚のかたちは窮極においてその構成単位である細胞のかたち、成り立ちとの関連性において把えられねばならず、そしてこの量的な偏倚はまた質的な偏倚とむすびついているから、樹幹形態のかたよりは木材利用のうえに重要な因子となると考えられる。

Ⅲ 供 試 木*

札幌営林局管内厚田国有林の第96および98林班にまたがって設定された標準地は、NW7°方向に14°の最大傾斜をもつ北側斜面と、SW19°方向に22°の最大傾斜をもつ南側斜面およびこれを境するほとんど傾斜をもたないで東西に走る峰筋とから構成される標高約200m程度の地形におけるトドマツを主林木とする針闊混淆天然生林分である。1949年の11月から12月にかけて標準地伐区内のトドマツを皆伐し、地上高0.0m, 2.2m.....以下2mおきに厚さ10cmの円板を採取し、樹液凍結のまま実験室に搬入した。円板採取に際しては枝痕部はこれをさけたので若干の上下はある。供試木は、この伐区のうち、北側斜面に属するもの29本、南側斜面に属するもの30本および峰筋に属するもの9本で合計68本、円板総数は535箇であつた。これら供試木の樹齡、樹高および胸高直径(皮付)の度数分布はFig. 1のようである。

Ⅳ 測 定

自然的環境において樹幹に偏心生長の出現する条件はおそらく非常に複雑であつて、立地の成立に関する諸要素と樹体の内的要素との関連性のうえに綜合されて生じてくるものであろうから、単純な要素に還元して個々の条件について解析しても実験的に追跡されないかぎり明確な法則はおそらくみだされないと考えられるが、それらの条件のうち立地の傾斜に関して各

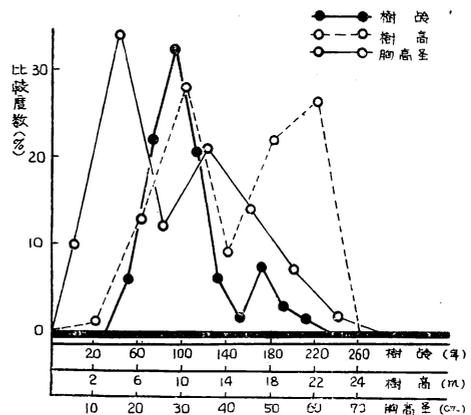


Fig. 1 供試木の樹齡、樹高および胸高直径

* 第5報参照

立木の立つ斜面の方向，あるいは傾斜の大きさまたは立木自体の軸の傾き等に関する立地の力学的要素，いろいろな生長条件すべてへの反応としてしめされる立木自体の生長状態の度合に関する生理的要素などについて，ここでは，(1) 各個体の属する林分のもつ斜面およびその方向，(2) 各個体の立つ地面の傾斜角，(3) 各個体の生長の度合の三つの要素と偏心生長の出現状態との関係を測定観察してみた。

(1) については標準地内の南側および北側の斜面と峰筋との三区の林分にわかつて観察し，(2) については各個体の立つ小地形の径 2m の範囲がもつ N—S および E—W 軸の傾斜角 α° を測定し，N→S 方向および E→W 方向の傾斜を (+) 傾斜となづけ，S→N 方向および W→E 方向の傾斜を (-) 傾斜とよんで，三区の林分から (+) (-) 傾斜別に偏心状態をとりまとめ*，また (3) についてはその数値的表現が困難であるので便宜上各個体が 1949 年にもつ総材積をその樹齡で除して 1,000 を乗じた数値 Z について， $Z \geq 1.0$ にしたがつてふたつの群 A ($Z > 1.0$) および B ($Z < 1.0$) にわかつて材の量的生長状態の総合的な指標として観察をすすめた。ここに $Z=1$ なる値を採つたのは，經驗的にいわゆる被圧木および通常木と称せられる 2 群の量的な境界にほぼこの値が一致するからである。

各供試木から得た円板については，樹幹の内側と外側から 5 年おきに mm 単位で東西南北四方向の半径生長量を測定し，偏心の度合は前述したように半径比 $\pm r$ であらわした。また材積計算に当つてはプラメーターによつて補正した。

V 南側および北側斜面と偏心生長の状態

南北両斜面および峰筋区における全供試木の 1949 年 (伐倒時) 現在の平均偏心度 $n\gamma_s$ ，

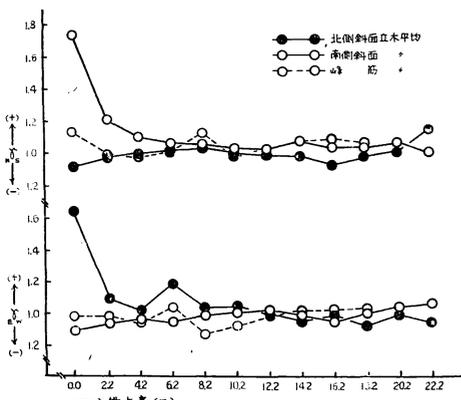


Fig. 2 地上高にたいする斜面別平均偏心度

$e\gamma_w$ を地上高にたいして比較すると Fig. 2 のようになる。北側斜面の立木の平均は，N—S軸について， $n\gamma_s$ が (-) の領域からはじまつて地上高を増すにつれて $n\gamma_s=1.0$ に接近しており，また南側斜面立木の平均はこれと反対に $n\gamma_s$ が (+) の領域からはじまつて地上高の上昇とともに $n\gamma_s=1.0$ にちかづいており，さらに E—W 軸に関しては $e\gamma_w$ は $n\gamma_s$ の場合と逆の傾向をしめしているが，峰筋立木の平均はいずれもそれらのほぼ中間にあつて波状に分布しているごとくみとめられる。

* 以下言葉による混同をさけるために，南側及び北側斜面の別については“斜面”という言葉を用い，また，この小地形のかたむきについては“傾斜”という言葉を用いる。

r の曲線がほぼ $r=1.0$ となるのは地上高約 10~12 メートル附近であるが、 r の変化の度合は N-S 軸では南側斜面においてまさり E-W 軸では北側斜面において激しくしめされており、このことは斜面の N-S 軸傾斜が南側斜面に於いてまさり E-W 軸傾斜が北側斜面に於いてまさっていることに符合するようである。定性的にはこれらはいずれも斜面の上方に向つて肥大偏倚していることを意味していることになるが、この傾向は樹齡階別平均についてもほぼ同様にみとめられる (Table 2)。しかしその度合の樹齡による差異は全く明らかではない。

Table 2 地上高にたいする偏心度の樹齡階別平均変化

斜面別		地上高 (m)											
偏心度	樹齡階	0.0	2.2	4.2	6.2	8.2	10.2	12.2	14.2	16.2	18.2	20.2	22.2
北側斜面													
$r\gamma_s$	<60	-											
	61~80	-1.41	-1.18	-1.14	-1.04	± 1.00	+1.01	-1.03	-1.08	-1.12	-1.04	-1.08	-
	81~100	-1.01	+1.02	+1.04	± 1.00	+1.05	+1.11	-1.12	-1.11	-1.11	± 1.00	+1.06	-
	101~120	+1.03	-1.11	-1.18	-1.02	+1.01	-1.11	+1.08	-1.08	-1.15	+1.03	+1.10	-1.09
	>121	-1.05	+1.04	+1.06	+1.06	+1.03	-1.04	+1.01	+1.02	-1.04	-1.12	-1.10	-1.19
$r\gamma_w$	<60	-											
	61~80	+1.49	+1.11	+1.03	+1.06	+1.04	+1.05	+1.11	+1.01	-1.06	-1.01	+1.07	-
	81~100	+1.56	± 1.00	+1.03	+1.04	-1.01	+1.01	-1.02	-1.03	+1.03	-1.18	± 1.00	-
	101~120	+1.76	+1.20	-1.05	+1.02	+1.10	+1.14	-1.09	-1.08	-1.10	-1.12	-1.05	-1.18
	>120	+1.41	+1.16	+1.11	+1.65	+1.03	-1.02	-1.03	-1.10	+1.02	-1.02	-1.03	-1.04
南側斜面													
$r\gamma_s$	<60	-1.61	+1.07	+1.03	-								
	61~80	+1.68	+1.32	+1.08	+1.04	+1.01	-1.05	+1.13	+1.02	+1.01	+1.05	+1.09	-
	81~100	+1.66	+1.18	+1.12	± 1.00	-1.04	-1.05	-1.11	+1.29	-1.09	-1.01	+1.03	-
	101~120	+2.03	+1.22	+1.09	+1.14	+1.07	+1.09	+1.02	-1.02	+1.04	+1.09	+1.09	± 1.00
	>121	+1.74	+1.09	+1.15	+1.01	+1.23	+1.02	-1.04	+1.09	+1.10	-1.09	± 1.00	-1.03
$r\gamma_w$	<60	-1.28	-1.12	+1.03	-								
	61~80	-1.10	± 1.00	± 1.00	+1.01	+1.04	+1.01	-1.02	-1.03	-1.02	-1.09	-1.04	-
	81~100	-1.11	-1.03	+1.09	+1.02	+1.06	+1.01	+1.02	-1.19	-1.05	-1.01	-1.02	-
	101~120	-1.14	-1.09	+1.04	-1.15	-1.14	-1.06	+1.02	+1.02	-1.11	+1.04	+1.07	+1.04
	>121	-1.05	-1.08	± 1.00	-1.15	-1.05	+1.08	-1.05	+1.07	-1.08	-1.03	+1.05	+1.09

つぎに容積生長の大きい (A) 群立木と小さい (B) 群立木との別にしたがつて、その偏心度の平均変化を斜面別に比較してみると Fig. 3 のようにしめされ、(A) 群立木の平均は南北斜面で明瞭な対蹠的变化をあたえたが (B) 群立木の平均は両斜面で類似した傾向をあたえた。これは次にのべる立地の傾斜との関係について観察するとより明らかな差異をしめす。

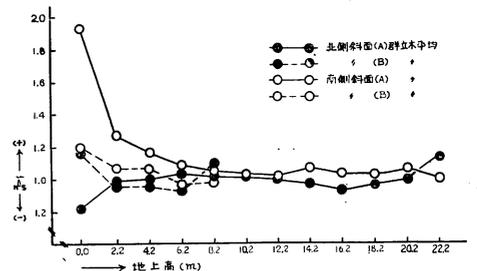


Fig. 3 地上高にたいする (A) (B) 群別偏心度の斜面別平均変化

VI 立地の傾斜と偏心生長の状態

各斜面のなかで個々の立木が立つている地面 (立木を中心として 2m の範囲) の傾斜角 (N

—S 軸： $\pm\alpha_1^\circ$ ，E—W 軸： $\pm\alpha_2^\circ$ ）を林分のもつ斜面とは無関係に偏心度 $\pm\gamma$ にたいしてとりあげると，1949 年，地上高 0.0 メートルについて Fig. 4 のようにしめされる。

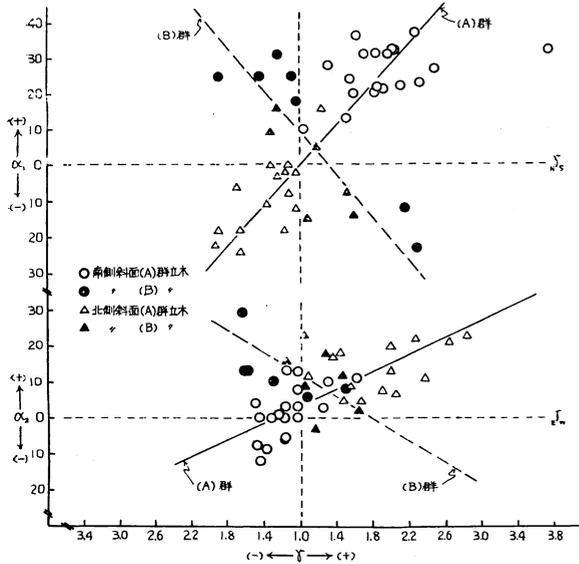


Fig. 4 傾斜角 α と 0.0 m, 1949 年偏心度 γ

これによると，容積生長の良好な立木群 (A) と不良な立木群 (B) との間に，(+) および (-) 傾斜を通じて α と γ との増減関係にかなり明瞭な対蹠的傾向がみとめられる。とくに $N\gamma_S$ と α_1 との関係において顕著にみられるように，(A) 群の立木は $N\gamma_S = (+)$ ， $\alpha = (+)$ の領域と $N\gamma_S = (-)$ ， $\alpha_1 = (-)$ の領域に分布しており，これにたいして (B) 群の立木は $N\gamma_S = (-)$ ， $\alpha_1 = (+)$ の領域と $N\gamma_S = (+)$ ， $\alpha_1 = (-)$ の領域に分布している。 $E\gamma_W$ についてはこの傾向が $\alpha_2 = 0$ の軸にたいして

ややななめ上方に移行しているごとくではあるが，しかもなお (A) 群と (B) 群との対蹠的な傾向はみとめられるようである。

これは地上高 0.0 m における状態であるが，いま各地上高にたいして全供試木のもつ (+) 傾斜および (-) 傾斜の別にしたがって (A) 群と (B) 群との平均 $N\gamma_S$ の変化を求めると Fig. 5 のようになる。この (+) 傾斜の平均 α_1 は (A) 群で $+21.6^\circ$ ，(B) 群で $+18.9^\circ$ ，(-) 傾斜の平均 α_1 は (A) 群 -12.3° ，(B) 群 -14.0° であつたが，(+) 傾斜では，(A) 群立木は $N\gamma_S = (+)$ より $N\gamma_S = \pm 1.0$ に漸近し (B) 群立木は $N\gamma_S = (-)$ より $N\gamma_S = \pm 1.0$ の軸に対して上に凸の変化をあたえ，(-) 傾斜では (A)，(B) 群立木はそれぞれ (+) 傾斜の場合と逆の配列をあたえている。まえに観察された南側及び北側斜面別の偏心度変化の差異が比較的不明瞭であつた (Fig. 2,3) のは，このような因子が

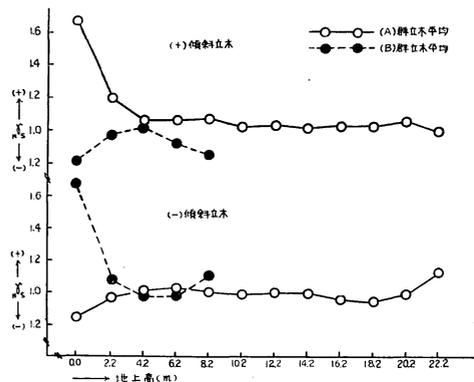


Fig. 5 偏心度の (+)(-) 傾斜別比較

混在していたためと考えられる。図における (+) 傾斜立木と (-) 傾斜立木との偏心様式の反位は，傾斜の上位および下位に関してはまったく同位であつて，つまり，樹幹下位部では小地

形の傾斜の方位に関係なく容積生長量の大きい (A) 群立木は傾斜の上位方向に、また容積生長量の小さい (B) 群立木は傾斜の下位方向に肥大生長偏倚する傾向をもち、この傾向はかなり高い樹幹の部分までおよんでいることが明らかである。

VII 樹幹基部における偏心生長の歴年変化

以上は伐倒時における供試木の肥大生長偏倚の状態であつたが、各立木はその生長過程にあつてつねに上述のような偏心状態を保つとはかぎらず、変動の多い生長の各時期に対応して複雑な偏心の推移をもたらす。地上高 0.0 m において樹心から歴年の偏心度の平均変化を、上記の傾向にしたがつて、(+) (-) 傾斜別に (A) (B) 群についてそれぞれ求めると $N-S$ は Fig. 6 にしめされることとであつた。すなわち、(+) 傾斜立木は (A) 群が (-) 領域から (+) 領域へ、(B) 群が (-) または

(+) 領域から (-) 領域へ移行する傾向をもち、(-) 傾斜立木はその反対の傾向をもち、つまり、個々の立木のたつ小地形の傾斜に関して (A) 群立木ははじめ傾斜の下位方向に肥大偏倚したのち上位方向に肥大偏倚が移行していることがみとめられ、また (B) 群立木は主として傾斜の下位方向に肥大偏倚をつづけている傾向にある。しかし、個々の立木は樹心からの階階に関してその偏心の度合を異にしており、それぞれ個有の偏心度の移行様式 (偏心曲線とよぶことにする) をもつから、まえに観察された地上高に対する偏心様式 (Fig. 2, 3, 4, 5) はこれらの多数の偏心曲線の一節を一定生長期に関して平均表示したものにはすぎないことになる。

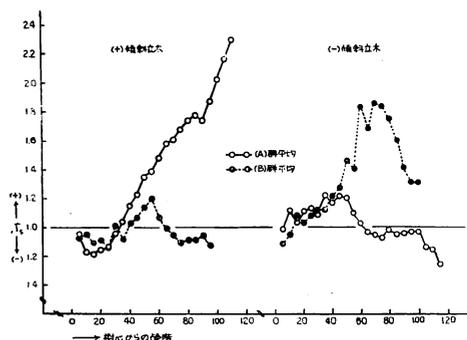


Fig. 6 地上高 0.0 m における N-S 偏心度の歴年変化

偏心生長の歴年変化をしめす偏心曲線の類型は、 r の移行方向についておおまかに次の 4 つの型に分類できるようである (Fig. 7)。

- (a) 型... (+) 領域を上昇する
- (b) 型... (-) 領域を下降する
- (c) 型... (+) 領域をへて (-) 領域へ移行する
- (d) 型... (-) 領域をへて (+) 領域へ移行する

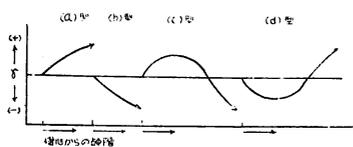


Fig. 7 偏心曲線の類型 (1)

全供試木について地上高 0.0 m の N-S 偏心曲線は、偏心方向の移行しない型 (a と b) が 32% であるにたいして偏心方向の移行する型 (c と d) が 68% の多きにのぼっているが、いまそれら各々がもつ斜角 α_1 によつて (+) (-) 傾斜別に (A) (B)

Table 3 偏心曲線の各型の出現率(%)

曲線の型	(a)		(b)		(c)		(d)	
	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)
(A) 群立木	67	33	33	67	8	92	94	6
(B) 群立木	20	80	100	0	100	0	0	100

2 群についてその出現率を求めると Table 3 になる。

すなわち、各曲線型の出現する領域はほとんど決定的につきのような組合せによつて構成されていることを知る：

- (a) 型： (+) 傾斜 (A) 群または (-) 傾斜 (B) 群立木
- (b) 型： (-) 傾斜 (A) 群または (+) 傾斜 (B) 群立木
- (c) 型： (-) 傾斜 (A) 群または (+) 傾斜 (B) 群立木
- (d) 型： (+) 傾斜 (A) 群または (-) 傾斜 (B) 群立木

この表のうちで例外となつた少数の個体はその 1 箇を除いていずれも Z の値が 1 にちかいもの、すなわち (A) 群と (B) 群との境界にちかいものであつて、これら異質間の中間的位置を占めるものとおもわれるから、上表からそれぞれ共通の部分を取りだし (+) (-) 傾斜の別を傾斜の上下位方向の別に統合してまとめると、

- (1) (A) 群は傾斜の上位方向に肥大偏倚する
- (2) (B) 群は傾斜の下位方向に肥大偏倚する

この 2 つの型が組合せられて、

(3) (A) 群の状態から (B) 群の状態に移行した場合は傾斜の上位方向から下位方向に肥大偏倚が移行する

(4) (B) 群の状態から (A) 群の状態に移行した場合は傾斜の下位方向から上位方向に肥大偏倚が移行する

という 4 つの場合に類別される。すなわち、(1) の場合には (+) 傾斜の (A) 群が (a) 型、(-) 傾斜の (A) 群が (b) 型の曲線型を、(2) の場合には (-) 傾斜の (B) 群が (a) 型、(+) 傾斜の (B) 群が (b) 型の曲線型を、(3) の場合には (+) 傾斜の (B) 群が (C) 型、(-) 傾斜の (B) 群が (d) 型の曲線型を、また (4) の場合には (-) 傾斜の (A) 群が

(C) 型、(+) 傾斜の (A) 群が (d) 型の曲線型をあてる。これは模式的に示めすと Fig. 8 のようになる。

厳密に言えば、すべての生長条件に対応する生長状態の指標としてとりあげた Z なる値は伐倒時における総材積を算出の基準にもちいており、材積の生長は逐年累積される半径の生長量 (年輪幅) とは一次的

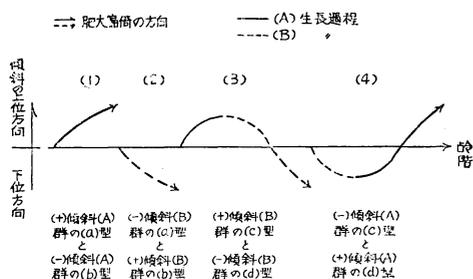


Fig. 8 偏心曲線の類型 (2)

な関係にないから、 Z の値によつて決定した (A) 群および (B) 群の立木はその生長初期あるいは生長過程の各局部においても (A) または (B) 群の (あるいは“となるべき”) 生長状態であつたか否かは無関係である。とくに、生長初期の生長状態の指標に $Z=1.0$ を採ることは妥当ではないようである。したがつて、より正確に言えば、各個体について 1949 年 (伐倒時) にみとめられた (A) 群または (B) 群に属すべき必然性をもつ生長状態にあつた生長の過程を (A) または (B) 群の生長過程といかえるならば、上述の観察結果から、地上高 0.0 m における偏心生長の状態は、(A) 生長過程と (B) 生長過程とで対蹠的な傾向をしめし一般の立木はこの 2 つの生長過程の組合せによつて複雑な偏心曲線を構成することができる。

Ⅷ 樹幹における偏心生長の出現状態

樹幹生長の外的および内的諸条件への反応としてあらわれる肥大生長偏倚の状態が年々変移していることは前述のごとくであるが、全供試木について、樹幹の各部位にあらわれる偏心様式がどのようにしめされているかをみると、Fig. 9 に図示したように、樹幹の基部を除いて肥大偏倚の方向が変化しないで一定方向にだけ偏心生長する型が非常に多い。また偏心生長をまったくしめさない $r=1$ の生長をなしているものは全供試木の全観測地上高数を通じて約 3% しかなく、それも地上高 10 m までは皆無である。肥大生長偏倚方向が変化する型は地上高のひくい基部でおおくあらわれている。すなわち、樹幹の基底部 (0~2; 3 m.), 中央部 (~10 m.) および上部 (~梢端) の部位によつて肥大生長偏倚に対応すべき外的ないし内的条件が異なつてゐるものと考えられる。

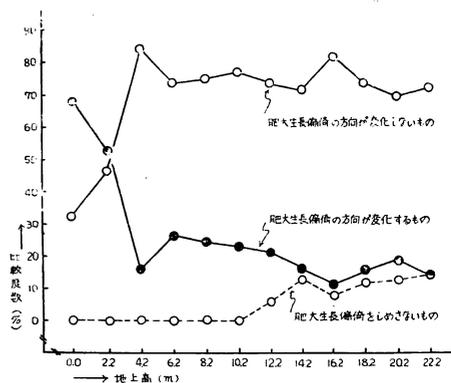


Fig. 9 地上高に対応する各偏心様式の出現率

とくに、立地の傾斜という因子のごときは樹幹の基底部においてその作用おおきく、したがつて、その反応としての偏心生長様式の傾向は地表から遠くはなれるにつれて稀薄となり、また半径生長量 (逐年の生長層) の縦断的配分に関する樹種的特性にくわえて、地表をはなれるにしたがつて増す外的条件のあらたな因子の作用は、おそらく基底部における肥大偏倚様式とことなる様式を各樹幹部位にあたえらるう。

これらの肥大偏倚生長様式を (A) (B) 立木群について立地の (+) (-) 傾斜別に分類し傾斜の上位方向と下位方向とに対応させてとりまとめると、肥大偏倚のたもたれる方向は Table 4 にしめされるような出現率を各地上高にたいしてあたえている。これによると、全

Table 4 立地の傾斜方向にたいする
偏心様式の地上高別出現率

地上高(m)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)*
(A) 群					
0.0	15.3	7.7	5.2	71.8	0
2.2	35.3	12.5	18.7	33.3	0
4.2	46.9	32.6	12.3	8.2	0
6.2	46.0	26.0	14.0	14.0	0
8.2	44.0	28.0	22.0	6.0	0
10.2	44.2	32.6	13.9	9.4	0
12.2	45.4	27.3	15.1	6.1	6.1
14.2	45.2	25.9	9.7	6.5	12.9
16.2	62.9	18.5	7.4	3.8	7.4
18.2	50.0	23.1	3.8	11.5	11.5
20.2	43.3	25.0	6.3	12.5	12.5
22.2	42.9	28.6	14.3	0	14.3
合計	42.7	23.8	12.9	17.2	3.3
(B) 群					
0.0	7.1	50.0	42.9	0	0
2.2	7.1	35.7	21.4	35.7	0
4.2	53.9	46.2	0	0	0
6.2	20.0	60.0	20.0	0	0
8.2	20.0	80.0	0	0	0
合計	21.4	50.0	19.7	9.0	0

* 偏心様式

- (1) 傾斜の上位方向に肥大生長偏倚する。
- (2) 傾斜の下位方向に肥大生長偏倚する。
- (3) 傾斜の上位方向から下位方向に肥大生長偏倚が移行する。
- (4) 傾斜の下位方向から上位方向に肥大生長偏倚が移行する。
- (5) 肥大生長偏倚がない。

Table 5 斜面方向にたいする偏心様式の
地上高別出現率

地上高(m)	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)*
(A) 群					
0.0	13.2	2.6	2.6	81.6	0
2.2	45.9	10.8	16.2	27.0	0
4.2	50.0	28.9	10.5	10.5	0
6.2	48.8	24.4	17.1	9.9	0
8.2	42.5	27.5	25.0	5.0	0
10.2	39.5	36.8	13.2	10.5	0
12.2	48.4	25.8	12.9	6.8	6.1
14.2	47.1	23.3	10.0	6.7	12.9
16.2	61.8	19.2	7.7	3.8	7.4
18.2	44.5	28.0	4.0	12.0	11.5
20.2	43.8	25.0	6.3	12.5	12.5
22.2	42.9	28.6	14.3	0	14.3
合計	45.5	22.9	12.3	18.0	3.3
(B) 群					
0.0	0	53.8	15.4	30.8	0
2.2	15.4	23.1	7.7	53.8	0
4.2	61.5	38.5	0	0	0
6.2	37.5	62.5	0	0	0
8.2	40.0	60.0	0	0	0
合計	28.8	44.2	5.8	21.2	0

* 偏心様式

- (1) 斜面の上位方向に肥大生長偏倚する。
- (2) 斜面の下位方向に肥大生長偏倚する。
- (3) 斜面の上位方向から下位方向に肥大生長偏倚が移行する。
- (4) 斜面の下位方向から上位方向に肥大生長偏倚が移行する。
- (5) 肥大生長偏倚がない。

体としてみて (A) 群の立木は全樹幹を通じて傾斜の上位方向に肥大偏倚する傾向がつよく、(B) 群の立木は反対に傾斜の下位方向に肥大偏倚する傾向が強い。この傾向はまえに観察された地上高 0.0 m の r 曲線の解析結果と一致しているようであるが、しかし、その頻度はほとんど 50% 以下であつて 0.0 m における場合と同じ生理的現象とはかんがえがたい。これは南側および北側の斜面について斜面の上方と下方との関係において観察しても、だいたいおなじような傾向をあてて明瞭でなく (Table 5), 斜面別にみても (A) 群はいずれも斜面の上方にむかつて肥大偏倚する傾向がつよいがその頻度は 50% におよばない。

以上の結果から、樹幹部位における偏心の様式はその基部において立地の傾斜によりおおく反応し、地上高をますともなつて他の力学的因子 (たとえば風、立木の自重など) や生理的因子 (たとえば樹冠の粗密による陽光にたいする反応、重力にたいする生理的背腹性など) 等の相互連関のうえによりおおく作用され、樹幹上部の偏心生長様式には立地の傾斜や斜面の方位は一次的な役割を果すものではないように考えられる。

IX 樹幹基部の偏心度と傾斜角の大きさ

樹幹の基底部位における偏心歴年変化の曲線が立地の傾斜と関係していることから、その偏心度の大きさと傾斜角の大きさにも関係があるだろうと考えられるが、個々に変化しつつある偏心度を一律に立地の傾斜角と比較することは無意味であり、この関係を知る

ためには同質の系列にある 生育過程と偏心曲線をもつ試料によらなければならないことになる。しかしながら、あたえられた供試木からこの同質の系列をもとめることは困難であつたので、それらの偏心曲線から樹齢を規整することのみによつておおまかに偏心度と傾斜角との関係を観察した。

さきに観察した各供試木の地上高 0.0 m の偏心曲線から偏心方向が $N\tilde{\gamma}_s = (\pm)$ から $N\tilde{\gamma}_s = (\mp)$ に移行する樹齢、すなわち、肥大生長偏倚が消失するに要する年数 k を求めて、これとそれぞれの立地の傾斜角 $\pm \alpha_1$ との関係を図示すると Fig. 10

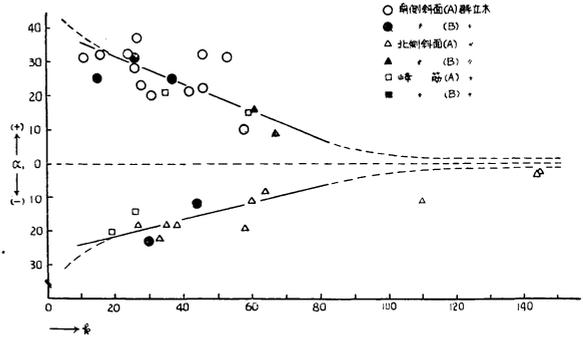


Fig. 10 偏心方向の移行する樹齢と立地の傾斜角 α

のようになり、勿論、 α は肥大生長偏倚の絶対的因子ではないであろうし測定された α の値も年々多少変化しているであろうから図上の測点はかなり散在的ではあるが、大体において α の絶対値の増加は k の減少をともなつているように見做される。それでいま肥大偏倚を消失

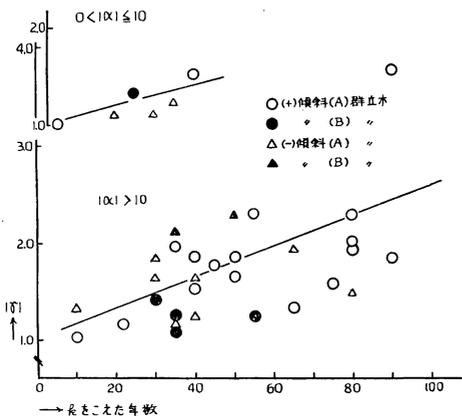


Fig. 11 k をこえた年数と偏心度 γ の大きさ

した樹齢 k をこえた年数 (1949 年現在までの) と偏心度 $\pm N\tilde{\gamma}_s$ の絶対値との関係をみると、Fig. 11 のように、分数域ははげしいけれどもやはりおおよそのところ偏心度は k をこえる年数の増加とともにますます傾向がみられるようである。

もし、樹齢と傾斜角と偏心度との間にこのような関係がある度合で存在するとすれば、 $\gamma=1$ なる樹齢 k を基準として、 k をこえる一定年数にたいする樹齢 $(k+x)$ 年における偏心度の大きさとそれに対応する傾斜角とを比較することができよう。いま、 $(k+x)$ 年現在の偏心度 γ の絶対値と各立木のもつ傾斜角 α の絶対値との級間隔毎平均値を対応させると、 $x = -10, +5, +10, +20, +30, +40, +60, +80$ の各樹齢について Fig. 12 にしめすような配列をあたえる。これによると、 $x = -10$ すなわち偏心方向の移行する前の状態では偏心度と傾斜角との関係は区々であるが、 $x = 0$ すなわち k をこえてからは傾斜角の増加は偏心度の増加をともなうごとくである。また、傾斜角の増加にたいする偏心度の増加の割合は傾斜角が大となるにしたがい、また k をこえる年数が大となるにしたがつて減少するようであり、偏心度の値は k をこえる年数の増加とともに大となる傾向をしめしているが、おそらく限界

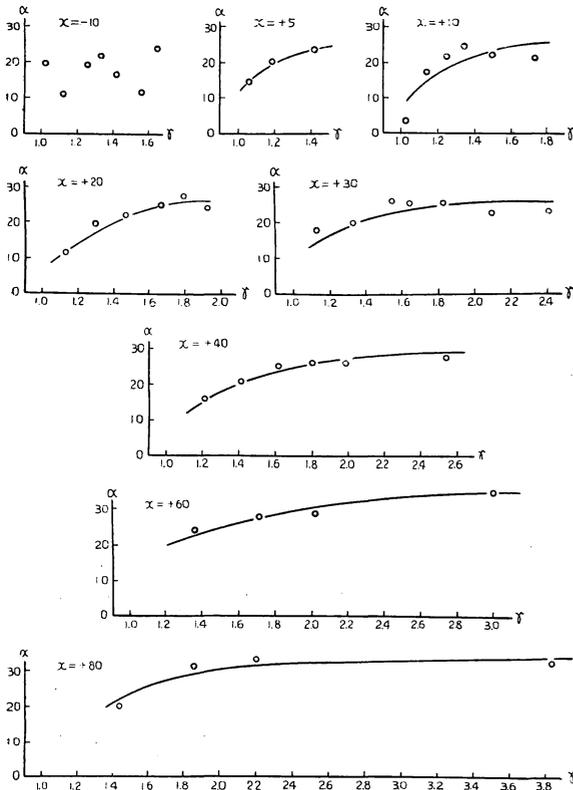


Fig. 12 樹齡 (k+x) 年における偏心率 γ と傾斜角 α との関係

生長の前期が (B) 生長過程にあつたもの—— (Y) 型

の2つに大別される。

Fig. 13 において点 P_2 は偏心率が最初に最大となる点であり、点 P_3 は $\gamma=1$ となつて二

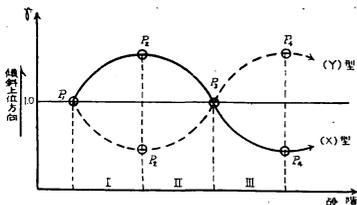


Fig. 13 偏心曲線の部分

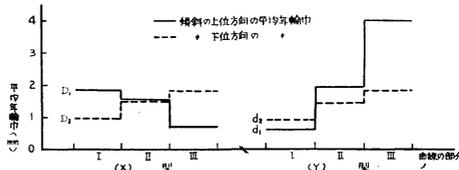


Fig. 14 地上高 0.0 m N-S 軸偏心曲線の部分に対応する平均年輪幅

方向の半径がひとしくなる点、また点 P_4 は偏心方向が移行してのちふたたび偏心率が最大となる点であつて、これらの各点には含まれる曲線の部分 I ($P_1 \sim P_2$), II ($P_2 \sim P_3$), III ($P_3 \sim P_4$) はそれぞれ樹体の生長過程においてことなつた意味をもつ生長量である。

各供試木の地上高 0.0 m N-S 軸偏心曲線についてこれらの各曲線部分に対応する平均半径生長量を算出して Fig. 14 にしめす。この結果によると、傾斜の下方向に位置する平均

点をもつものと考えられる。

なお、斜面別、(+)(-)傾斜別、あるいは(A)(B)群立木別の差異については試料がすくないために不明であつたが、定性的には類似した傾向をしめすものとおもわれる。

X 樹幹基部の偏心曲線に対応する半径生長量

まえになされた地上高 0.0 m における偏心生長の歴年変化の観察においてその様式を4つの型に分類したが (Fig. 8), これを幾何図形的にかんがえて (1) は (3) の曲線の一部、(2) は (4) の曲線の一部とみなせばこれらの曲線様式は、

生長の前期が (A) 生長過程にあつたもの—— (X) 型

年輪幅 (X 型 D_2 , Y 型 d_2) は各曲線部分とも (X) 型・(Y) 型両者間に大差なく近似的であつて、曲線部分 I で約 1 mm, II で 1.5 mm, III で 2 mm ちかい値をしめし、階段状に漸増している。(X) 型と (Y) 型との差異, すなわち, (A) 生長過程と (B) 生長過程との組みあわせによつてあらわれる偏心曲線の差異は, したがつて、傾斜の上位方向に位置する年輪幅 (X 型 D_1 , Y 型 d_1) の偏倚によつて決定され、前者では階段状に漸減し後者では階段状に増加し、曲線上にしめされる (B) 生長過程を意味する部分 (X) 型の III および (Y) 型の I では、その狭い方の平均年輪幅 (D_1 と d_1) は 1 mm 以下であり、その広い方の平均年輪幅 (D_2 と d_2) は 1~2 mm の間にある。また、(A) 生長過程を意味する部分 (X) 型の I および (Y) 型の III では、その狭い方の平均年輪幅 (D_2 と d_2) は 1~2 mm の間にあり、その広い方の平均年輪幅 (D_1 と d_1) は約 2 mm よりもおおきい。

Ⅱ 樹幹における偏心曲線に対応する半径生長量

樹幹部位における偏心の様式は Fig. 9 にみたように肥大生長偏倚の方向を変化しないものが大部分をしめ、地上高 10 m までは偏心生長をしめさないものは皆無であつたが、いま、この樹幹部分の偏心曲線に対応する各地上高別平均年輪幅 D_1 , D_2 ; d_1 , d_2 を求めると Fig. 15 のようになる。ここに D_1 , D_2 は前項 (X) 型曲線の I の部分にたいする傾斜の上位方向、下位方向の平均年輪幅であり、 d_1 , d_2 は (Y) 型の I 部分にたいするそれである。図にあきらかなように、この 4 者のあいだには $D_1 > D_2 > d_2 > d_1$ なる関係がみつめられ、傾斜の上位方向に肥大生長偏倚しているものの狭い方の平均年輪幅 D_2 は傾斜の下位方向に肥大生長偏倚しているものの広い方の平均年輪幅 d_2 よりもつねにおおきく、またこれら 4 つの値は地上高をますにつれてその相対的關係をたもつたまま増加している。

材の生長過程は横断的には樹心部はすべて生長の前期に属すると考えられるが、縦断的には地上高をますにつれて生長の後期に移行することになる。したがつて、上記の 4 つの値 D_1 , D_2 および d_1 , d_2 は、縦断的にいつて、前 2 者は地上高ひくきものは (X) 型 I の D_1 , D_2 につらなり、地上高たかきものは (Y) 型 III の d_1 , d_2 につらなるものであり、また後 2 者は (Y) 型 I の d_1 , d_2 から地上高をますにつれて (X) 型 III の D_1 , D_2 につらなるものとなる可能性がおおきい (Fig. 13, 14 参照)。地上高の増加にともなつてこの移行が漸次連続的におこなわれることになるから、横断的にみた偏心曲線の類型は、地上高をますにつれて質的に変化し、地上高にたいする半径生長量の樹種的特性と相俟つて平均年輪幅の変化をもたらすこ

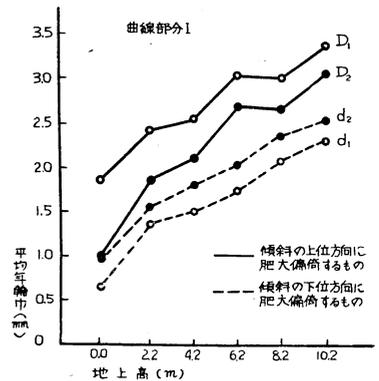


Fig. 15 樹幹の N-S 偏心曲線 I の部分に対応する平均年輪幅

とになるとも考えられる。

Ⅺ 要 約

北海道石狩国厚田地方産のトドマツ材 (*Abies* sp.) について立地の傾斜にたいする偏心生長の状態を観察した。標準地は南側および北側の斜面と峰筋とからなり伐区内のトドマツを皆伐して供試材とした。

(1) 全供試木 (68 本) の全観測地上高数にたいして、すべての生長過程に肥大生長偏倚をまったくしめさないものはわずかに 3.3% しかなく、地上高 10 m, までは皆無であつた。

(2) 偏心状態の出現様式は林分のもつ斜面 (南, 北斜面および峰筋) についてよりも、各立木の立つ小地形 (立木を中心として径 2 m の地面) の傾斜について、樹幹下位部において、より明瞭な差異をしめすようであつた。

(3) また偏心様式の出現状態は、各立木の量的生育過程 (指標 $Z = \text{総材積} / \text{樹齡} \times 1,000$) にもとづく 2 群 (A) ($Z > 1$) および (B) ($Z < 1$) 状態の別にしたがつて対蹠的な傾向をしめした。

(4) 樹幹基部では偏心方向が肥大生長に伴つて変化するものがおおく (70%), 樹幹上位部では偏心方向の変化しないものが大部分であり (70~80%), このうち (A) 群立木は立地の傾斜または斜面の上位方向に、(B) 群立木は下位方向に肥大偏倚をしめす傾向がつかつた。

(5) 樹幹基部についてその偏心度の歴年変化曲線を解析して (A) 生長過程では傾斜の上位方向に (B) 生長過程では下位方向に肥大生長偏倚する傾向をもち、複雑な連年の偏心方向の変化はこの組みあわせによつてきまることが知つた。この傾向は樹幹のかなり高い部分までおよんでいた。

(6) 地上高 0.0 m において偏心方向が変化するまでに要する樹齡 k は立地の傾斜角とおおよそ反比例的関係にあり、 k をこえる年数と偏心度の大きさは大略比例的関係にあり、 k をこえた一定年数の樹齡における各立木の偏心度は傾斜角の増加にともなつて逡減的に増加する傾向をしめした。

(7) 地上高 0.0 m における平均年輪幅は (A) 生長過程の生長肥大側では 2 mm より大きく生長被圧側は 1~2 mm の間にあり、また (B) 生長過程の生長肥大側では 1~2 mm の間にあり生長被圧側では 1 mm 以下であつた*。

(8) 樹幹中位部 (地上高 10 m まで) における平均年輪幅は、傾斜の上位方向に肥大偏倚するものの生長肥大側、生長被圧側、傾斜の下位方向に肥大偏倚するものの生長肥大側、生長被圧側の 4 者の間にこの順の大小関係があり、その大きさはそれぞれ地上高をますにつれて漸増した*。

* 第5報参照

(9) 本報で生長過程類別の指標として採つた $Z=1$ なる値は伐倒時の総材積を基準としているので、生育過程の個々の部分に適應させるためには妥当性を欠く場合も考えられ、種別的な特性としての Z の連年変化曲線にもとずいてさらに追究される必要があるとおもわれる。なお、本報の試料では、 $Z=1$ はいわゆる通常木、被圧木の量的境界帯にほぼ一致する。

参 考 文 献

- 1) 尾中文彦：樹木の肥大生長の縦断的配分 京都大学演習林報告 第18号 (昭和25)
- 2) ：アテの研究 京都大学木材研究所報告 第1号 (昭和24)
- 3) 中島広吉：樹木の偏心と立地の傾斜 北海道林業会報 第21巻 第2号 (大正12)
- 4) 加納 孟：木材材質の森林生物学的研究 (第5報) 北海道厚田産トドマツ材の年輪幅と秋材率 林業試験場研究報告 第61号 (昭和28)

Résumé

In this report we describe the condition of eccentric growth in thickness in relation with the slope of stand of Todo-fir (*Abies* sp.) grown at Atsuta district in Hokkaidō. Sixty-eight sample trees were cut from a test-plot consisting of southward slope, northward slope and the ridge. The results obtained from the observations are as follows:

1. In all disks tested, it was only 3.3% that showed no eccentric growth in thickness in all their increment process, and there were none at 0~10 m height of stem from the ground.

2. The form of eccentric growth of the lower part of stem had rather more distinct tendencies to be influenced by the factor of declivity of the spot on which each tree stood (the declivity was measured on the space of 2-meter diameter around each sample tree), than the direction of slope of forest stand.

3. The tendencies of eccentric growth form showed a reverse proportion against the two groups A and B of sample trees which were divided based upon the volume increment process (A: $Z > 1$, B: $Z < 1$, where $Z = \text{total volume} / \text{tree age} \times 1,000$).

4. At the lower part of stem the type often appeared that the direction of eccentricity of growth varied with the process of diameter increment (70%), but at the middle and upper part of stem the type was mostly that the direction of eccentricity of growth was constant (70~80%), and in the latter the group A of sample trees had the tendency of having the direction of eccentricity of growth upward of slope of stand or declivity of spot, and group B downward.

5. Analysing the curve of eccentric degree composed of various ones in connection with the process of current annual diameter increment of the lower part of stem, it was known that the growth process of A showed the tendency of having the direction of eccentricity of growth to upward, and B downward,

of the declivity of spot on which the sample tree stood, and the complicated curve of eccentric degree was settled by the combination of these two tendencies. This tendency reached the considerably higher part of stem.

6. At the level of the ground, the tree age k , at which the direction of eccentricity of growth began to vary, was generally antiproportional to the declivity of spot on which the sample tree stood, and the number of years in excess of k was proportional in general to the eccentric degree, and the eccentric degree at the age of any constant number of years in excess of k increased with the increase of the declivity of spot, decreasing the rate of increase of the former to that of the latter.

7. The average width of annual ring at the level of the ground was larger than 2mm. on the side with larger width of annual ring, and 1~2 mm. on the side with smaller width of annual ring in A growth process, and in B growth process the former was 1~2 mm., the later smaller than 1 mm.

8. The average width of annual ring at the middle part of stem (0~10 m. above the ground) decreased according to the following order: the side with larger width of annual ring, that with smaller width of annual ring at the part showing the direction of eccentric growth to upward of the declivity of spot and that at the part showing the direction of eccentric growth to downward of the declivity of spot. They increased with the height of stem above the ground.

9. In this report, the index $Z=1$ corresponded with the boundary between the so-called suppressed trees and normal trees, but perhaps this index value will be not always appropriate for all other cases and it will be necessary for other cases to newly find the most appropriate index.