

# 樹幹における繊維回旋の現われ方

大 倉 精 二

## 目 次

I 緒 言	b 回旋の言いあらわし方
II 回旋方向の定義	c 針葉樹の回旋
III 回旋の測定方法	d 広葉樹の回旋
IV 多くの樹種の回旋状況	V 繊維回旋の二元説
a 従来の研究	VI 文 献

## I. 緒 言

樹幹の繊維が樹軸に斜めに走るため、全体として軸のまわりに螺旋状を呈するのを、樹幹の“ねじれ”と言っている。そのような木材は回旋木理又は螺旋木理を現わし、樹木は回旋生長をなしたと言う。

独乙では古く *Drehsucht* と呼んだという<sup>(1)</sup>。慢性的疾病と見なしたのであらうか。今では専ら *Drehwuchs* である。TH. Thomson はこれを *torsional growth* と訳したが、その実英米では *spiral fibre* 或は *twisted fibre* によつて生じた木理を *spiral grain* 或は *twisted grain* と呼び木材に即して言うのが普通である。またこのような現象は *spiral* というより *herical* と呼ぶべきであるとするものもある<sup>(3)</sup>。Sweden 北部ではねじれた樹が *Fichte* のとき *Windfichte*, *Föhre* のとき *Windföhre* と呼ぶ由である<sup>(4)</sup>。ねじれが風や陽光など外因によつて起るという俗信は我国にもある。

“ねじれ”は山林労務者の間にもそのまま通用するが、明治初頭田中壤がア カ マツ 及びアスナロについて“<sup>(18)</sup>振曲”し易いと記したのが最初の用語例であらう。郡場はネヂバナの花序に“<sup>(17)</sup>拗振”を用いたが、普通には“<sup>(52)</sup>旋回”か“<sup>(12)</sup>回旋”又は“<sup>(84)</sup>廻旋”をつかう。後例には、上村、尾中、筆者らがある。古く“<sup>(68)</sup>回撚”をつかつた例もある。木材規格では単に“<sup>(23)</sup>捩れ”を当てる。曾つて“<sup>(23)</sup>撚れ”を用いた例もあるが、鋼索などに用いられ木材には使われなくなった。

木材の繊維回旋は従来きずとして取扱われ、丸太として捩れ狂いを起すほか、強度をも減ずる。挽材或いは薄板では逆目の原因になり、航空機用材ではさほどの回旋材でなくとも致命的であつた<sup>(23)</sup>。

R. Hartig (1895)<sup>(6)</sup> 及び H. Burger (1941)<sup>(8)</sup> によれば、この現象にまず研究的態度を示したのは Goethe であるという。しかし最も深くかつおとろえざる関心を示したのは Alexander Braun であつたらしく、Hartig, Braun とも Goethe に関する記事は彼の報文から引用している。Braun は 1852年から 1870年までに少くとも 5 回に

亘つて繊維回旋について研究を発表し、後継者は多かれ少なかれ彼に負うところがあるという。H. G. Champion は Braun 以後の第一人者で印度産 *Chir wood* の回旋性につき1916年以来観察及び実験を行い、この樹種では回旋が強い遺伝性をもつと唱えた<sup>(6)</sup>。特に1925年の報文は彼以前の文献をほぼ渉獵しつつくした観があり、筆者の研究における出発点は彼の研究の終つた箇所からであるべきであつた。

彼は「次に続くべき研究は回旋繊維の原因と現われ方如何に向けらるべきで、

- (i) 剝皮やバンドで通導作用をさまたげると繊維方向はどうなるか。
- (ii) 通直な繊維が傷つくとうどうなるか。
- (iii) 回旋木、通直木の萌芽はどうなるか。
- (iv) 樹令とともに回旋はどう変るか。
- (v) 仮導管膜の層、螺旋紋と回旋繊維との関係はどうか。

は特に大切である」と書いている。

アテの研究者尾中文彦はこの現象の解明を予定していながら早世した。彼にとつても回旋材は異常組織であつた筈であるが、アテに比べると、生木での現われ方と製材後の影響が顕著とは言えないため、林学者の持続的な興味を索くことが稀であつた。ところが近來菌類や藻類などを対象にし螺旋構造を研究する一群の植物生理学者があり、R. D. Preston のようにその面から針葉樹材の回旋を定量的に説明しようと試みたものがある<sup>(8)(9)</sup>。つまり木材のきずとして取扱われて來たこの現象は、細胞膜の微細構造が明らか<sup>(1)</sup>になるにつれて問題の所在を成長論へと移して來たのである。それにしても、Champion, Burger<sup>(3)</sup> らが言うように回旋繊維が樹木界にどの程度に普遍的なのか、それが樹令と共にどんな形に変わるのかはほとんど知られていない。鐮木も最近林木の生長過程における回旋の真因に疑問をもらしている。筆者は1951年カラマツの樹幹の考察にはじまり、主として Champion の (iv) 及び (v) について追求し、特に (iv) について報告して來た<sup>(43)(48)</sup>が、これらを要約し且その後判明した点をも併せ記すこととする。

この間直接指導を賜つた京大農学部梶田茂、貴島恒夫両教授、農林省林業試験場木材部原田浩技官、本学繊維学部呉祐吉教授、沢路雅夫氏に深い感謝の意を表する。故郡場博士からはしばしば激励の辞を賜つた。また Forest Research Institute, Dehra Dun, India は文献を恵与され、Gertrud Kirchhausen 女史は Schweizer Anstalt Für Das Forstliche Versuchswesen に紹介の勞をとられ、東大樹芸研究所、北大演習林・伊那・飯田・駒ヶ根・奈良井・王滝・河津各営林署、海外では英聯邦の Forest Research Institute, (Union of S. Africa, New Zealand) Forestry Commission (Tasmania, Australia) は試料の恵与又は蒐集の便を与えられた。そのほか有形無形の助言、援助を賜つた各位の御厚意、とりわけ本学森林利用学研究室鳥山清美助教授、春日敏氏の終始変らない協力を忘れることが出来ない。

なお繊維回旋の原因を外因にのみ歸する考えは Champion 以来ほぼ清算されたと見てよからうが、回旋機構については尚判明しない。この点に関する筆者の所見は次の報文にゆずる。

## Ⅱ. 回旋方向の定義

樹幹の回旋は左旋、右旋ともに現われ、個樹についてその方向を変えることがある。

“何れを左とし何れを右とするかは学者によつて異なる”<sup>(11)</sup> からしばしば混乱が起る。青森ヒバに対し松前が右振りが多いと言うに<sup>(14)</sup> 対し、金井が8割以上がつねに左巻であると<sup>(13)</sup> するのは相反する結論を得たのではなく、基準を異にしたためである。

一般に螺旋形の回旋方向の決め方には慣行が伴い個々一つでない。樹木について言えば、“樹幹に向つて観察者の右下から左上の方向へのぼる回旋を左旋 (*Left-handed Twist, Sinistral, Links Drehung*) とし、その反対を右旋 (*Right-handed Twist, Dextral, Rechts Drehung*) とする。”<sup>(3)</sup>

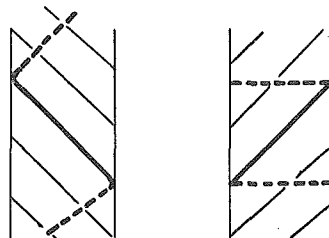
ところが関谷によると、“多くの学者は樹木の基部より上部を見上げて逆時計様の旋回をなせるものを左旋回とし、”<sup>(11)</sup> とあつて明らかに反対である。上の定義は Burger<sup>(9)</sup> の与えたもので、彼の報文には特に誤解をさけるため定義を特筆し、時に図を添える労を惜まぬ。Hartig, Champion, Münch, Misra (1937) 皆同じ。関谷説の学者には Burger<sup>(9)</sup> によれば A. Braun, Lang<sup>(8)</sup> らである。田中も“幹の右巻をなすものあり、そのヒビ向つて右下より左上方に向い旋回して表われる”<sup>(20)</sup> とし、スギの日本海系統の品種に“樹幹左巻をなす事実あり”とあるのは Burger<sup>(9)</sup> の定義によれば右旋となる。上記金井の場合、大島の場合も恐らくこの例であろう。郡場はネデバナの花序について“ココニ言フ基螺旋巻方1左右ハ普通ノ植物学上ノ規定ニ従ヘリ、即チ螺旋ヲ下ヨリ上ニ追跡スルニ当リ、ソノ方向ガ東南西北ト移ルハ右巻ニシテ、ソノ反対左巻ナリ……コノ規定ハ器械学上ニテ云フ振子其他ノ左右トハ丁度反対ナリ”<sup>(17)</sup> とする。これは関谷説と同じで蔓茎植物につき従来使用されている。鈴木は巻きつく蔓を論ずるさい植物学者に拘らず、振子の進む方向に基準をとるべしとした。<sup>(49)</sup> ところが葉序、巻貝では Burger<sup>(9)</sup> 説、鋼索では関谷説である。<sup>(22)</sup>

Gayer 及び Knuchel<sup>(4)</sup> によれば、欧州の木工業者に *sonnig* 及び *Widersonnig* の回旋があり、前者左旋の意であるが、樹木が陽光の影響で回旋を起すという発想に基くものと考えられ従いにくい。

このような紛らわしさを避けるために、筆者は左右に拘泥せずに S-回旋及び Z-回旋と表現し、止むを得ず左右を用うるさいには Burger<sup>(9)</sup> による。S-回旋は Burger<sup>(9)</sup> の左旋、Z-回旋は右旋となる。網索や紡績<sup>(23)</sup> 方面で同様な表現が、あり細胞膜の微細構造について<sup>(24)</sup> も S-spiral, Z-spiral の例がある。筆者はねじれ角を測定するに割裂させた元口の曲線を検するのであるが、印影ではそれぞれ S 字形、Z 字形が得られる便もある。(Fig. 2)

Fig. 1 S 及 Z 方向

S and Z twist



### III. 繊維回旋の測定方法

Burger<sup>(9)</sup> によれば、Braun は樹幹における繊維の方向と垂直軸との傾きをねじれ角 *Drehwinkel*, 水平面との傾きをのぼり角 *Steigungswinkel* と呼んだという。傾いた樹

幹、枝或は不整な広葉樹の場合を考えれば、それぞれ樹軸及びこれを垂直な面と言いかえるべきものと思う。回旋の測定方法には種々あつて一定していない。

粗皮はその覆う材部の回旋方向を示すと一般に信ぜられて<sup>(13)</sup>いる。しかし粗皮に現われたねじれ角が材部のそれをどの程度正確に現わすかについて検討されたことはないから単なる推量に過ぎない。経験によるに、粗皮の回旋は回旋材の内在を意味するようであるが、その表現が必要で充分というわけではない。Burger は *Swiss Birn* と *Apfel* の回旋をそれぞれ 3,843株、3,446株調べたとき、果樹の外貌から判断せざるを得なかつたから、樹皮が平滑な間は正確には測れないが、粗皮の形成が進むにつれて縦裂が深まり正確になると言っている。幼令樹では全く判らないのが事実である。樹種によつては老令に至つても外部からは覗えない。*Fagus crenata* について小滝と佐藤とが全く相反する結論を得たのは前者の方法が樹皮による判断であつたからと思われる。又材の回旋方向はしばしば報告したように“ねじれ返し”<sup>(35)</sup>\* “*Umdrehung*”<sup>(36)</sup>によつて変化する。樹皮の内外層をしらべて材部の回旋の変化が知られるかどうかは今の処不明である。それゆゑに粗皮に回旋が認められるとき、少くとも辺材に同じ方向の回旋があるに相違ないことは経験的に認められるが、辺材のねじれ角とも必ずしも一致せぬと見るべきである。Champion によれば、Braun は小刀で<sup>(1)</sup>しらべられるような枝をしらべ、補助的に外貌や円材の乾裂を参考にしたという (Photo. 18, 19, 20, 21, 24, etc.)。

樹幹の外貌で回旋材が予想されるのは、樹皮の縦裂のみでない。鱗片状にはげる *Pinus* 属の粗皮、*Acer* の樹皮の着色がしばしばそれをなすし (Photo. 26)、繊維回旋がはげしくなると、繊維は板状或は縄状に隆起する。Burger が *Birn* と *Apfel* で見事な写真を示したし、*Punica* と *Diospiros* については Photo. 28, 29 を見よ。針葉樹にもその例のあるのは *Pinus longifolia* について Champion が示し、*Junipers chinensis* にも著しい例がある (Photo. 22, 23)。樹幹えの落雷は繊維回旋の方向にそつて起ると<sup>(1)</sup><sup>(28)</sup>言われている。

しばしば葉序と樹幹の回旋現象と関係あるかに誤認されることがある。今井や郡場が古く見たように、<sup>(30)</sup>須藤が近く見たように葉序や花序の螺旋方向においては“左右性の変化は同一比率で起り、変化の条件は遺伝的でない。葉序の方向は一個体でも全く同じように変る”のである。<sup>(29)</sup>これに反して樹幹の場合は少くとも原則としては本来の回旋方向をもっているから、直接的因果関係はあり得ない。このように生立木の外貌による観察は材の回旋方向を推察し、回旋の内在を知る程度しか意味はない。

従来繊維回旋が研究者の注意を索くのは、特に回旋の著しい樹種がその邦に自生するか、或は電柱、足場丸太、枕木其他の剝皮材による。前者に Champion あり、後者に Burger がある。筆者には長野県下で往々用いられたカラマツ電柱であつた (Photo. 4)。諸書に回旋木理は円材の乾裂から存在がわかると記してある。そのねじれ角は勿論生立木に比して遙かに材の回旋状況を正確に示すものであるが、<sup>(10)</sup><sup>(11)</sup>厳密に言えば生立木に内在する材の回旋と剝皮乾燥後とはねじれ角は少しく変化している。変化の方向は回旋方向と一致し、その大きさは普通<sup>(40)</sup>+1°以下の如くである。言わば剝皮材の回旋は郡場の言う生長拗捩と乾燥拗捩との加つたものと見る<sup>(17)</sup>ことが来る。 (Photo. 5, 6, 9, 10, 17)

\* 長野地方の柚用語。

生立木にしろ、剝皮材にしろそのねじれ角を測定する場合、Burger は *Vergleich schema* を用い、 $0^\circ \sim 1^\circ$  を通直、 $1^\circ \sim 3^\circ$  を弱い捩れ、 $3^\circ$  以上を強い捩れと分け、Kollmann と Gayer の場合が相似て居て、それぞれ10mにつき螺旋の1回転、4mにつき $\frac{1}{4}$ 回転を標準にとり材の良否を判定している。本邦本材規格にはカラマツ電柱につき第一種材の欠点とし、繊維方向か幹軸となす角度 $10^\circ$ 以上を掲げているが、測り方は規定していない。

金井は“磁石を固定取付けたる輪尺を以て、山側より胸高の或る点を中心より見たる時の方位を測り、次に其の位置より更に1m高に於ける該当位置の方位を読みその差角を捩れの強さ”として<sup>(13)</sup>いる。この方法は剝皮材にも用いられ用いられるが、この方法を用いた例は聞かない。

上記の方法は、樹幹の部位によつてねじれ角、回旋方向が変化するのであるから、実用的価値があればある。

D. Misra は木材組織諸要素とねじれ角との関係を見るために、年輪毎に春、秋材を旋盤で削ぎとり、樹軸と一致させた垂直線と仮導管との傾きを水平顕微鏡で読み取つた。視野にある凡ての繊維のねじれ角はそれぞれちがうが、 $\pm 0.5^\circ$ 程度の誤差で調べられたというけれども、多くの樹種に亘り、或いは個樹の各部位における変異を概観するにはとうてい適しない。<sup>(15)</sup>Hartig は部位に応じたねじれ角を出しているが、その方法は記していない。<sup>(5)</sup>

筆者らの1951年以来的の方法は次のようである。

- 1 供試木は10年生以上とし、原則として樹幹。
- 2 胸高部位から高さ10cmの円盤を採る。
- 3 円盤の末口及び元口に平行な直線AB, CDを設定、(Fig. 2)
- 4 木割栓を末口直径上におき加撃割裂。
- 5 割裂は繊維にそつて起り、回旋のため元口にはMO'Nなる曲線が現われる。

- 6 元口断面をよく鉋削し、市販スタンプインクで印影<sup>(48)</sup>を得る。

この方法は特に針葉樹で明瞭な結果が得られる(Pho'o. 1, 2, 3)。

ねじれ角 $\theta$ は

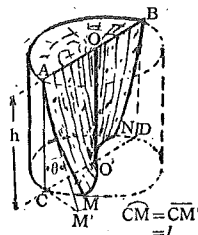
$$\theta = \tan^{-1} \frac{l}{h}$$

で測定できる。勿論概数であるが樹幹の任意の高さから試料が得られるので回旋の推移を知るには多くの剝皮材のねじれ角を測定するBurgerの方法より勝れていると思う。なおこの考えから剝皮材や生立木の部分的なねじれ角を簡単に測るため計測器を考案した(Pho. 2)。この場合 $h=70\text{cm}$ 、 $l=70 \times \tan \theta$ により鋼帯に目盛りを付けてある。種々な直径につきS及びZ両方向に $20^\circ$ まで測定でき鋼帯は使用後木部にさし込み携帯に便ならしめた(Pho. 5, 8, 20, 22)。

挽材とベニヤの繊維傾斜度を測定する方法についてはF. P. L.に載つた報文を中村が抄録しているが、今は触れない。<sup>(60)</sup>

Fig. 2 割裂曲線の  
つくり方

Method to get splitting  
curve



#### IV. 多くの樹種の回旋状況

##### a. 従来の研究

ChampionによるとBraunはVon BuchがDe Candleの“*Organographie*”(1827)のなかで樹種によつて回旋方向が一定であると記したことから、研究をはじめ、167種中111種以上がかなりの回旋を示すことを認めたと。<sup>(1)</sup>Braunの最も大きい功績の

一つは回旋方向が樹令と共に変わるのは極めて普通なこと、*Pinus*, *Picea*, *Abies*, *Tilia* 及び *Amelanchier* は若くして左旋し、後右旋する。満足しうるような反対の例は認められぬと、明確に宣言したことであるという<sup>(1)</sup>。又 Champion 自身が次のように結論しているのも見逃がせない。凡ての樹種は多少の個樹に回旋繊維を現わすような性質をもっている。その回旋方向は最初左で時とともに右に変わるが、その期間には変化がある。

Table 1. 従来の研究一覧表

## Review of former works

## a. 針葉樹 CONIFEROUS WOODS

樹 種 Species	回旋方向 Direction of twist	研 究 者 Workers	調 査 方 法 How studied?	文 献 Literature	備 考 Remark
<i>Abies alba</i>	SからZ	H. Burger (1947)	剝皮材の乾裂	(3)	ZがSより老令か否か不明
<i>Picea rubra</i>	SからZ	McCarthy (1918)		(4)	
<i>P. abies</i>	SからZ	H. Burger (1941)	剝皮材の乾裂	(3)	
<i>Pinus banksiana</i>	Z	H. Knorr (1932)	生立木	(5)	
<i>P. excelsa</i>	SからZ	Osmaston (1921)	生立木	(1)	
<i>P. longifolia</i>	SからZ	Champion (1925)	剝皮材の乾裂	(1), (2)	
<i>P. silvestris</i>	SからZ	R. Hartig (1895)	年輪毎に測定	(5)	
<i>P. strobus</i>	SとZ	Engelman (1904)	不 明	(1), (2)	
<i>P. ponderosa</i>	ZとS	" "	"	(1), (2)	
<i>Larix europaea</i>	SからZ	R. Hartig (1895)	年輪毎に測定	(5)	
<i>Libocedrus decurrens</i>	Z	Knorr (1932)	外 観	(5)	測定方法明示せず 53. S, 1. Z 恐らく老木ならむ (champion)
<i>Juniperus virginiana</i>	Z	Engelman (1904)	不 明	(1), (2)	

## b. 広 葉 樹 HARD WOODS

<i>Salix alba</i>	S	A. Braun (1852)	生立木, 小枝 の剝皮	(1), (2)	稀に例外あり (1), (2)
<i>Populus pyramidalis</i>	S	" "	"	(1), (2)	
<i>Fagus silvatica</i>	SとZ	H. Burger (1941)		(3)	例外的にねじれる 主としてZ
<i>Castanea Vesca</i>	SとZ	T. A. Cook (1904)	外 観	(1)	
<i>Capinus betulus</i>	SとZ	A. Braun (1852)	生立木, 剝皮	"	「S (U.S.A) Z (Europe),
<i>Liriodendron</i>	SとZ	" "	"	"	
<i>Pirus malus</i>	ZからS	H. Burger (1946)	外 観	(5)	3446株調査
<i>Sequoia sempervirens</i>	S	Knorr (1932)	"	(5)	
<i>Quercus pedunculata</i>	S	A. Braun (1852)	生立木, 剝皮	(1)	3843株調査
<i>Q. sessiliflora</i>	S	" "	"	"	
<i>Acer platanoides</i>	Z	" "	"	(3)	
<i>Pirus communis</i>	SからZ	H. Burger (1946)	生立木	(5)	
<i>Amelanchier</i>	SからZ	A. Braun (1852)	生立木, 小枝 剝皮	(1)	
<i>Legumimosae</i>	Z	" "	"	"	
<i>Robinia</i>	Z	" "	"	"	
<i>Aesculus</i>	Z	" "	"	"	
<i>Punica</i>	Z	" "	"	"	
					最大捩れ角45°

この性質は針葉樹に最もよく発達している。この一般法則には時々例外があるが、それは特殊な環境の影響と思われる。”しかし Burger が <sup>(6)</sup>*Fichte* と *Tanne* につき  $3^\circ$  を強い回旋とし、<sup>(3)(34)</sup>*Birn* を幼時右旋後左旋と見たとき、これらの原則は当然疑われていたであろう。それにも拘らず、従前の研究には後述するように顕著な回旋と穏やかな回旋との間の取扱い方に混乱が見受けられるのである。しかし今は特に S 及び Z 方向の現われ方に着目してとりまとめると第一表のようである。

なお以上のほか <sup>(3)</sup>Büsgen 及び <sup>(1)</sup>Champion によれば、Braun は針葉樹として *Thuja* 及びその変種は Z、*Abietinea* は少くとも始め S、*Cupressineae* は Z であると言い、ねじれる樹種としてなお *Picea sitchensis*, *Pseudotsuga Douglasii*, *Pinus monticola*, *Thuja occidentalis* があり、スギ、アスナロ、アカマツ等については邦人の研究がある。広葉樹としては、*Juglans*, *Betula alba*, *Acer platanoides*, *Tilia grandifolia*, *Syringa vulgaris* などがねじれると言われ、<sup>(1)</sup>Troup は印度産の樹種をあげているというが、いずれも詳細な状況は不明である。大島はイスノキに S、Z 両方向の回旋があつて根系に左右されるとし、小滝は京大芦生演習林に自生する生立木につき、ねじれ角は  $15^\circ$  以内が最も多く、ゴヨウマツ、ミヅナラスギ、ヒノキ、クリ、アヅキノシ、シデ類、ウワミヅザクラ、コナラ、カシ類、カエデ類、トチノキ、ブナの順に捩れが強いとした。<sup>(42)</sup><sup>(26)</sup>

概観するに、Burger を除き樹令による変化、樹幹の部位による変異について触れるところなく、特に邦人の場合回旋方向に重きをおかない場合の多いのは、回旋木理が木材のきずとしてののみ意味があり、方向如何は問題にしなかつたものと思われる。

#### b. 回旋の言いあらわし方

筆者は 1955 年に上述の方法で 50 科 100 属 170 種 700 個体の試料の割裂曲線を調べ、Fig. 3 に示した様な回旋型を得たが、これらの解釈について多少前進したので、少しく説明する。

SI 及び ZI, ……樹心のねじれ角 0 から S 及び Z の方向へのねじれ角が著しく増加しつつあるところ。年輪の径が小さい関係で樹心附近では正確な繊維回旋を現わさぬため、直線状を呈することが多い。時には Photo. 4 の *Larix* の様な望ましい割裂を起こすこともある。

S II 及び Z II ……ねじれ角の増加が稍鈍化し、極大値が近づいた時期。

S III 及び Z III ……ねじれ角の極大値を越え、漸減するがほぼ一定値を保つ時期。

S VI 及び Z VI ……ねじれ角が益々減じ通直となつてしまつた時期。つまり木材が通直を示すのは“ねじれ返し”の時期と、あとに掲げる O 型と二つの場合がある。

S V 及び Z V ……それぞれの樹種が、原則として有する本来の回旋方向から逆方向への“ねじれ返し”が起つてしまつた時期。

S VI 及び Z VI ……S V 及び Z V の後に更に二度目の“ねじれ返し”が起り、本来の方向を回復した時期。

今 S VI 及び Z VI の状態を検して見ると Fig. 4 のように I から VI まで凡ての型式が具つている。樹令が加わるにつれて No. の多い方に進むものであるが、各型式の現われる時期は、樹種と樹幹の部位により、恐らくは環境によつても異なる。Burger によれば

Fig. 3 回旋型の分類 The classification of types of twist

## A 標準型式 Standard types of splitting curve

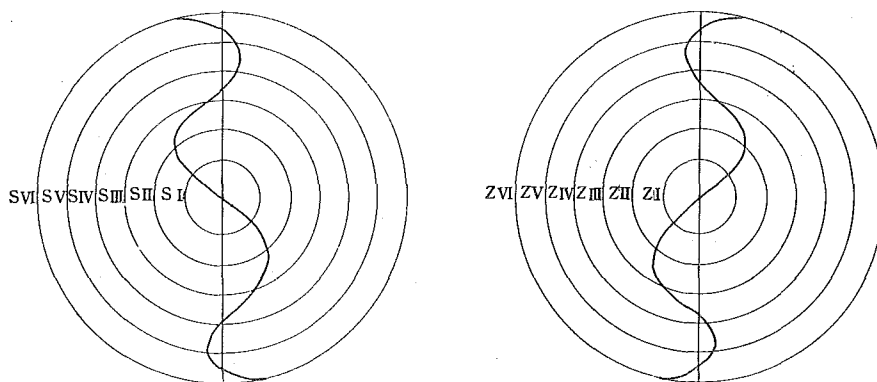
No. Direction	I	II	III	IV	V	VI
S type						
Z type						

## B その他の型式 Miscellaneous types to be explained

m	n	o	p	q	r

Fig. 4 S及びZ回旋の変型模式図

## A diagram showing the transformation process of S and Z twist



*Fichte, Tanne* はつねに回旋方向を動揺させる特徴があり、これらの二樹種の大径且長尺物について、最下部で弱い右旋が中央部で強くなり後弱まり最後に左旋に変ることがあるという。それは Fig. 4 から最下部で S VI に近い S V, 中央部で S V の中央附近、後 S VI に近づき、S III を経て S II, S I を現わしたのであると解釈できる。(Photo. 10)<sup>(34)</sup>  
筆者らは1951年にカラマツの樹幹における繊維回旋をしらべ次のように結論した。

1. 樹幹内には樹令に応じてねじれ角の最大値をとる部位があり、



2. その値は幼令で樹心に近く、
3. 令を加えるに従つて向頂的且遠心的に移動し、
4. その絶対値が樹令を加えるに従つて大となる、

又1956年にアカマツについても同様の原則が<sup>(44)</sup>あてはまるとした。

これはBurgerの *Fichte*, *Tanne* が測定箇所の高さを増すにつれ S 方向のねじれ角が大きくなったのと同じで、<sup>(3)</sup>S III の現われる樹令の範囲内においては正しく、一般に生長に伴う生理現象と軌を同じくするかに見える。能登産アテの三品種について<sup>(39)</sup>も本来の方向が Z である以外は原則に变りはなかつたのである。

ところで見逃せないのはカラマツ30年生 (Fig. 5-a) 及びアカマツ44年生 (Fig. 5-b) のねじれ角縦断配分の図である。

いずれもそれぞれ樹令及び樹高に掲げたものであるが、これらの図の根株部分には不規則な乱れがある。このような錯雑部分が“ねじれ返し”の開始と見られるのであつて、後來樹令と共に漸次上方に移行するらしい。SV という型式は根株部分から漸次上方に移行

Fig. 5-a カラマツ樹幹内ねじれ角縦断配分  
(本学構内産)

Variation of angle of twist in the  
trunk of *Larix Kaempferi*

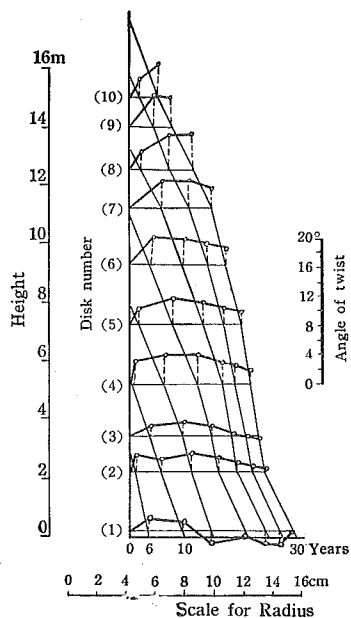
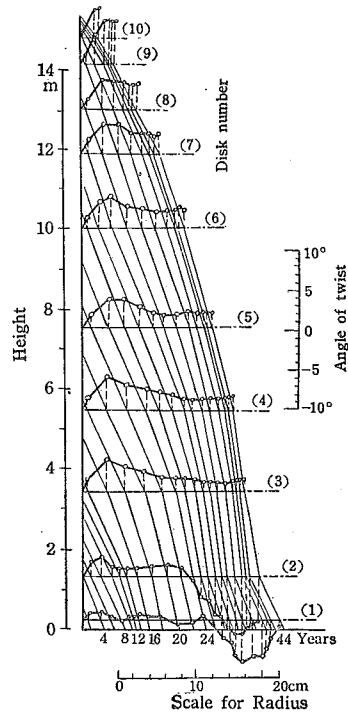


Fig. 5-b アカマツ樹幹内ねじれ角縦断配分  
(本学構内産)

Variation of angle of Twist in the  
trunk of *Pinus densiflora*



するらしい。木曾産 S 回旋のアスナロはねじれ返しによつて生じた Z V にすぎぬのは既に述べたことがある。Photo. 15 の如きは充分上方まで S V が現われた場合、<sup>(39)</sup>“ねじれ返し”が枝に及ぶこともある (Photo. 13)。かかる移行の遅速は樹種乃至品種、恐らくは環境によつても異なるものと思われる。

Fig. 5 a 及び b においてカラマツは、断面高 0.30m No. 12 の年輪で“ねじれ返し”が起り、別の場合では 0.27m で No. 28 へでも起らぬ。一方アカマツでは No. 26 の年輪で起り、1.20m まで及んでいる。<sup>(43)</sup>ハイマツはアカマツに比して更に容易に“ねじれ返し”が起るが、本来の方向を変えることなく老いて益々強調するものもある。それゆえに、凡ての樹種が S VI 或いは Z VI 型式をとるとは限らぬ。或る樹種は S I, Z I 或いはせいぜい S III, Z III に止まり、他の樹種は少くとも S V, Z V を示すものと思う又 S VI, Z VI 以上に進むものがあつてならぬと言うわけもなく、その結果が交錯木理となると考えたいのである。このように樹幹の部位と回旋状況とが異なるのであるから、個樹の回旋状況を言いあらわすにはこの点を考慮する必要がある。

Champion は稚苗の回旋状況を肉眼的に記録するに次のような方法を以てした。<sup>(6)</sup>

$$S = 0 \sim 5^\circ, \frac{1}{2} = 5^\circ \sim 15^\circ/10, t = 15^\circ \sim 25^\circ/20, 2t = \text{over } 25^\circ$$

このような回旋が稚樹の上下 4 部分にどのように現われるかで 6 階級に分けている。例えば 4 S は S. S. S. S, 3 S は S. S.  $\frac{1}{2}$ . S の如きである。

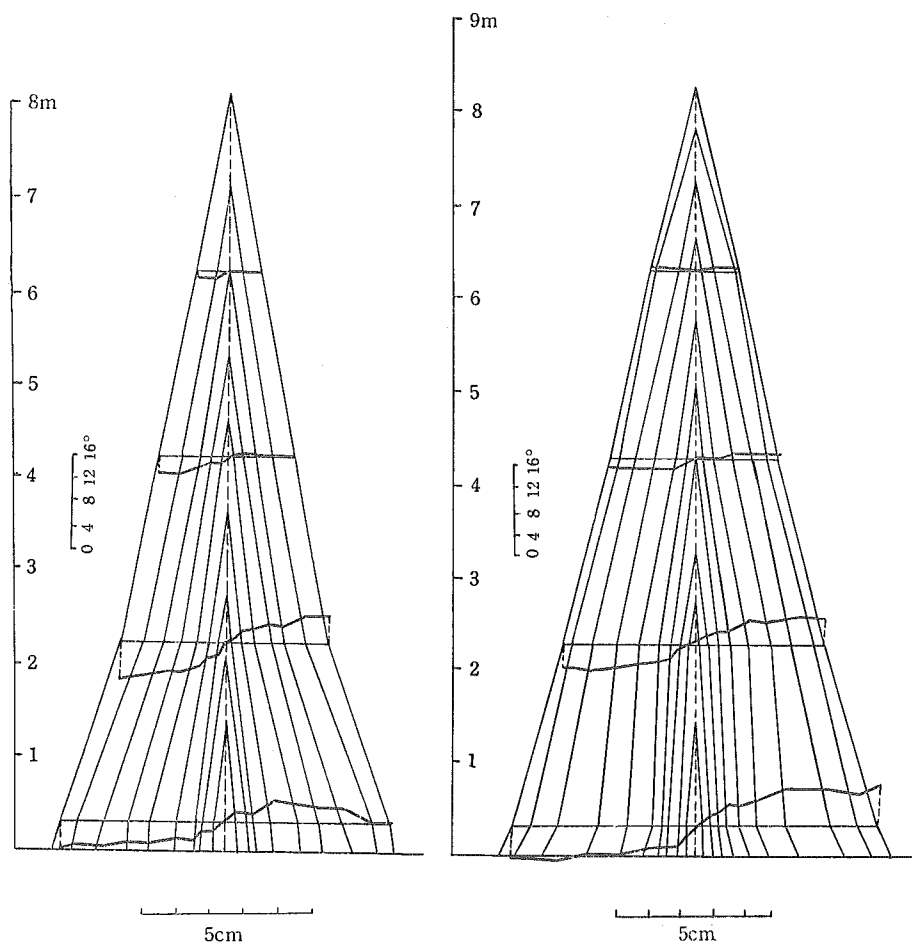
筆者の場合では SN 又は ZN ( $\alpha, \beta, \dots, \omega$ )<sub>h</sub> である。ここに S 或は Z は本来の方向、N は型番号、 $\alpha$  は“ねじれ返し”の起っている部分の樹心からの年輪数、 $\beta$  を次の“ねじれ返し”までの、 $\omega$  を最後のねじれ返しからの年輪数、 $h$  は断面高である。断面高 1.0m に於て S 方向の樹種が壮令の樹幹では第一回の“ねじれ返し”までの型式が多いから、その時を V とし、以下状況によつて 4 分した。樹心から 20 個の年輪数で一回目の、30 個で二回目の“ねじれ返し”が起り、その後の年輪数 15 とすると S VI (20, 10, 15)<sub>1.0</sub> となる。Champion が回旋の成因について、Hartig の説える形成層の迂り成長説に同意しない理由の一つはかかる“ねじれ返し”現象を説明し得なかつたところにある。<sup>(7)</sup>

その他の印影についても説明せねばならぬ。これらはかつて不完全な印影と見なしたが、その大部分については疑いを残しておいた。<sup>(36)</sup> $q, r$  は恐らく試料に曲り、節などをふくむために生じたものと思われるが、 $q$  は  $p$  の、 $r$  は  $o$  と同じ意味をもつと見られる。 $o$  は勿論  $m, n, p$  も亦その後しらべたところからすると、試料の欠陥からとは言い切れない。 $m, n$  はそれぞれ S I 或は Z I の特殊な場合であつて、同一断面にねじれ角を異にする部分のあるのは稀なことでない。 $o$  について、筆者は S を正、Z を負と見た場合回旋度 0 と見たいと言つたことがあるが、これは回旋の原因と関係があり、今その説明をする暇はない。普通には通直材の場合と見るのであるが、同一試料について割裂させる直径の位置を変えると往々  $p$  を示す。ヒノキの如きはその例であつて、Fig. 6 はこれを示した。図において、S 及び Z 方向のねじれ角をその直径の上下にとつて  $p$  の存在を示したのである。

一般に樹種として本来の回旋方向は一定しているものが多いのであるが、なかにははじめから回旋方向がきまつていないものがある。これらを S-Z 回旋と名付けるもので広

葉樹に稀にある。ところが大径木に至つて S 及び Z 回旋を示すヒノキは如何に理解したらよからうか。このような大径木の試料を親しく割裂させた事はないから  $p$  から S 或は Z 方向へと回旋方向を決定して来た径路は全く不明である。想像が許されるなら、 $p$  から直ちに S 又は Z 方向に移行したもので、例えば Z の場合 (Photo. 10)  $p$  から S, 次に“ねじれ返し”で Z へという経過を辿つたものではなかろう。それゆえに、或る樹種について二つの回旋方向が現われるのには、(1) 本来の回旋方向が“ねじれ返し”で変化した場合 (2)  $o$  或は  $p$  から直接二つの方向が現われる場合 (3) 最初から二つの方向が個樹別に現われる場合、つまり S-Z 回旋とがあると思う。

Fig. 6  $p$  乃至  $n$  を示すヒノキ樹幹内のねじれ角 (本学構内産)  
Variations of angle of twist in the trunks of *chamaecyparis obtusa*,  
showing  $p$  or  $n$  twist



## C. 針葉樹の回旋

上に述べた表現方法で、邦産針葉樹7科16属29種について、それぞれ3乃至10個体を調べると Table 2 表になる。この表は本学学生石田幸雄、高橋和則、松下昭一、大西俊一ら諸君の協力によつて得たものである。

Table 2 邦産針葉樹類の回旋状況  
Twist in Japanese coniferous woods

樹 種 Species	個体 番号 No.	成立 Es- tab.	採 取 地 Local.	回 旋 型 Type of twist		最大ねじ れ角 Maxim. Angle of twist.	備 考 Remark
				r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>		
Ginkgoineae							
Ginkgoaceae							
Ginkgo biloba	1	植	武蔵野市北裏	S III(23)2.5	S V(18,5)	+2°50'	blanch
	2	"	(Tokyo)	S VI(3,44)B	S VI(2,6,3)		
	3	"		S VI(20,15)3.0	S V(10,25)		
	4	"		S VI(18,16)1.0	S V(15,19)		
Coniferae							
Taxaceae							
Taxus cuspidata	1	自生	伊那市(Ina)	S I(17)B	S I(17)	less than +1°00'	blanch
	2	"	戸隠山	S I(29)0.5	S I(29)		
	3	"	(Nagano)	S I(34)0.5	S I(34)		
Torreya nucifera	1	自生	伊那市(Ina)	P(34)0.5	P(34)	+2°00'	
	2	"		P(49)1.5	P(49)		
	3	"		S VI(16,16,17)1.0	S V(20,29)		
	4	"		S VI(11,10,28,23) 0.5	S V(28,44)		
Podocarpaceae							
Podocarpus macrophylla	1	自生	伊東市	Z II(52)1.0	Z IV(52)	-3°50'	
	2	"	静岡県賀茂郡	Z I(26)1.0	Z I(26)		
	3	"	東大樹芸 (Shizuoka)	P(26)1.0	P(26)		
P. Nagi	1	自生	奈良市春日神社	S V(9,23)B	S III(32)	less than +1°-00'	seems to be <i>p.</i> blanch
	2	"	(Nara)	S V(5,22)B	S V(5,22)		
	3	"		S V(6,7)B	S V(2,11)		
Cephalotaxaceae							
Cephalotaxus drupacea	1	自生	静岡県賀茂郡	S V(18,28)2.0	S III(46)	+4°00'	
	2	"	(Shizuoka)	S III(32)4.2	S III(32)		
	3	"		S V(12,20)1.0	S VI(32)		
	4	"		S VI(4,3,32)1.6	S VI(4,5,8,32)		
	5	"		Z II(49)1.0	Z II(49)		
Pinaceae							
Abies firma	1	自生	伊那市(Ina)	S IV(16)1.0	S III(16)	+4°50'	
	2	"		S V(10,4,7)1.0	S III(21)		
	3	"		S III(33)1.0	S III(33)		
	4	"		S III(18)1.0	S III(18)		

樹 種 Species	個体 番号 No.	成立 Es- tab.	採 取 地 Local.	回 旋 型 Type of twist.		最大ねじ れ角 Maxim. Angle of twist	備 考 Remark
				r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>		
A. homolepis	1		長野県伊那里 (Nagano)	S V (30, 33) <sup>1.5</sup>	S V (39, 24)	+3°50'	
	2			S VI(9,21,12,11) <sup>1.5</sup>	S V (6, 47)	*	
	3			S V (14, 23) <sup>1.5</sup>	S V (26, 4, 7)		
	4	自生	長野県伊那里	S III(15) <sup>1.5</sup>	S III(15)		
	5	"	伊那市手良	S III(14) <sup>1.5</sup>	S III(14)		
	6	"		S IV(32) <sup>1.5</sup>	S IV(32)		
	7	"		S IV(23) <sup>1.5</sup>	S IV(23)		
	8	"	" 内ノ萱	S III(31) <sup>1.5</sup>	S III(31)		
	9	"	(Nagano)	S III(21) <sup>1.5</sup>	S III(21)		
	10	"		S V(6,10,18) <sup>1.5</sup>	S V(5, 9, 20)		
A. Mariesii	1	自生	駒ヶ根市黒川	S III(42) <sup>1.5</sup>	S III(42)	+4°00'	stump height un- known
	2	"	(Nagano)	S III(54) <sup>1.5</sup>	S IV(54)		
	3	"		S III(19) <sup>1.5</sup>	S III(19)		
	4	"		S III(30) <sup>1.5</sup>	S III(30)		
	5	"		S IV(46) <sup>1.5</sup>	S III(46)		
	6	"		S V(36, 13) <sup>1.5</sup>	S III(49)		
A. Mayriana	1	自生	北 見	S V(26, 24) <sub>x</sub>	S V(27, 31)	+4°00'	
A. sachalinensis	1	自生	(Hōkkaido)	S V(28, 33) <sup>1.0</sup>	S III(27, 31)		
	2	"		S V(28, 43) <sup>1.0</sup>	S VI(18, 43)		
	3	"		S V(83, 117) <sup>1.0</sup>	S VI(28, 24, 148)		
	4	"		S II(43) <sup>1.0</sup>	S II(43)		
A. Veitchii	1	自生	長野県駒ヶ岳	S II(16) <sup>1.5</sup>	S II(16)	+4°00'	
	2	"		S II(32) <sup>1.5</sup>	S III(32)		
	3	"	(Nagano)	S III(34) <sup>1.5</sup>	S III(34)		
	4	"		S III(43) <sup>8.5</sup>	S V(15, 28)		
	5	"		S IV(54) <sup>1.0</sup>	S III(54)		
	6	"		S IV(26) <sup>1.0</sup>	S IV(26)		
	7	"		S III(23) <sup>1.0</sup>	S III(23)		
	8	"		S III(23) <sup>1.0</sup>	S III(23)		
	9	"		S III(78) <sup>1.0</sup>	S III(78)		
	10	"		S VI(7,7,41) <sup>1.5</sup>	S III(55)		
Larix Kaempferi	1	植	長野県霧ガ峰	S III(14) <sup>1.0</sup>	S III(14)	+8°52'	
	2	"	飯田市風越山	S III(10) <sup>1.0</sup>	S IV(10)		
	3	"	長野県高遠町	S II(9) <sup>1.0</sup>	S II(9)		
	4	"	(Nagano)	S II(10) <sup>1.0</sup>	S II(10)		
	5	"		S IV(48) <sup>1.3</sup>	S V(41, 7)		
	6	"	本学構内	S IV(10) <sup>0.2</sup>	S V(36, 12)		
Picea hondoensis	1			S II(61) <sup>1.0</sup>	S V(15, 46)	+3°00'	
	2		長野県駒ヶ岳	S III(90) <sup>1.0</sup>	S IV(90)		
	3		(Nagano)	S III(27) <sup>1.0</sup>	S II(27)		

樹 種 Species	個体 番号 No.	成立 Es. tab.	採 取 地 Local.	回 旋 型 Type of twist		最大ねじ れ角 Maxim. Angle of twist	備 考 Remark
				r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>		
Picea hondoensis	4		長野県駒ヶ岳	S III(12)1.0	S III(12)	+3°00'	Stump height unkno- wn
	5		(Nagano)	S III(12)1.0	S II(12)		
	6			S III(11)1.0	S III(11)		
	7			S III(20)1.0	S III(20)		
Picea jezoensis	1	自生	北 見	S III(74) <sub>x</sub>	S III(74)	+5°00'	
	2	"	北大雨竜演習林	S V(18, 60)1.0	S V(15, 63)		
	3	"	(Hokkaido)	S III(138)1.0	S IV(138)		
	4	"		S III(69)1.0	S IV(69)		
P. Glehni	1		北 見	S III(106) <sub>x</sub>	S III(106)	+2°00'	
	2		北大雨竜演習林	S V(12, 72)1.0	S V(11, 73)		
	3		(Hokkaido)	S III(110)1.0	S III(110)		
	4			S V(119, 11)1.0	S IV(130)		
Tsuga Sieboldii	1	自生	静岡県湯ヶ島	S III(9)1.2	S IV(56)	+1°00'	
	2	"	長野県伊那里	P(56)1.0	P(56)		
	3	"		S VI(19, 14, 27, 16) <sub>1.0</sub>	S VI(20, 14, 42)		
	4	"	" 南箕輪	P(32)1.5	P(32)		
	5	"	" 伊那里	Z V(6, 30)1.0	Z V(6, 30)		
	6	"	(Nagano)	S III(40)0.4	S V(8, 32)		
T. diversifolia	1	自生	長野県駒ヶ岳	S III(60)1.7	S VI(8, 12, 12, 13, 15)	+3°00'	
	2	"	(Nagano)	S IV(47)4.1	S IV(47)		
	3	"		S IV(25)8.0	S III(26)		
Pinus dunsiflora	1	自生	長野県南箕輪	S III(8)2.0	S III(8)	+4°00'	
	2	"		S III(12)2.0	S III(12)		
	3	"		S III(16)2.0	S III(16)		
	4	"	" 上片桐	S III(9)2.0	S III(9)		
	5	"	山梨県長坂	S III(32)2.5	S III(32)		
	6	"	長野県南箕輪	S V(28, 14)1.2	S V(28, 14)		
	7	"	" 蓼科	S III(11)1.0	S III(11)1.0		
P. Thunbergii			(Nagano, Yamanashi)				
	1		伊東市対島	S V(15, 34)1.0	S(13, 36)	+4°50'	
	2		(Shizuoka)	S IV(31)1.0	S IV(31)		
P. koraiensis	3			S V(37, 8)1.0	S V(39, 6)		
	1		長野県伊那里	Z V(17, 33)1.0	Z V(20, 30)	-2°50'	
	2	自生	(Nagano)	Z V(14, 40)1.0	Z V(24, 30)		
	3	"		Z IV(17)1.0	Z III(17)		
	4	"		Z V(16, 46)0.5	Z V(19, 43)		
P. parviflora	5	"		Z V(41, 57)1.0	Z V(35, 63)		
	1	自生	長野県伊那里	Z V(15, 57)1.0	Z V(18, 60)		
	2	"	(Nagano)	Z III(34)5.0	Z VI(15, 7, 12)	-2°00'	
	3	"		Z V(54, 8)1.0	Z V(7, 55)		

樹種 species	個体 番号 No.	成立 Es- tab.	採取地 Local.	回 旋 型 Type of twist		最大ねじ れ角 Maxim. Angle of twist	備 考 Remark
				r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>		
Pinus parviflora	4	自生	長野県伊那里	Z III(60)1.0	Z III(60)		
	5	"	(Nagano)	Z III(15)1.0	Z III(15)		
P. pumila	1	自生	長野県駒ヶ岳	Z V(56, 14)0.4	Z V(28, 42)	-8°00'	
	2	"	(Nagano)	Z II(40)1.5	Z II(40)		
	3	"		Z II(32)1.6	Z II(32)		
	4	"		Z II(45, 20)1.0	Z II(65)		
	5	"		Z II(80)0.85	Z II(80)0		
	6	"		Z V(27, 20)0.85	Z III(47)		
	7	"		Z V(59, 40)0	Z V(29, 70)		
	8	"		Z V(54, 20)0.2	Z III(74)		
	9	"		Z III(88)0.0	Z III(88)		
	10	"		Z II(98)0.0	Z V(48, 50)		near gro- und
Taxodiaceae cryptomeria japonica	1	植栽	静岡県下河津	P(17)2.5		less than -1°	
	2		(Shizuoka)	Z II(17)2.5	Z II(17)		
	3			P(17)2.0			
	4		長野県戸隠山	Z III(26)x	Z III(26)		
	5		(Nagano)	Z III(23)x	Z III(23)		
	6			O(25)x	O(15, 3, 7)		
	7			O(23)x	O(23)		Stump height unkno- wn 戸隠神社 参道には S.Z 共 にあるも Z 多し
Sciadopitis verticillata	1		長野県本曾赤沢 (Nagano)	S III(74)x	S III(74)	less than +1°	
Cupressaceae Chamaecyparis obtusa	1	植栽	静岡県下河津	P(14)0.8	P(14)	±6°50'	
	2	"	(Shizuoka)	P(14)3.0	P(14)		
	3	"		O(14)2.5	O(14)		
	4	"	伊那市手良	P(19)1.0	P(19)		
	5	"	(Nagano)	P(23)1.0	P(23)		
	6	"	本学構内	P(24)1.0	P(24)		
	7	"	(Nagano)	P(25)1.0	P(25)		
	8	自生	長野県駒ヶ岳	P(32)1.5	P(32)		
C. pisifera	1	植栽	長野県本学構内	O(7)1.5	O(7)	less than +1°	
	2	"	(Nagano)	O(12)1.5	O(12)		
	3	"		O(11)1.5	O(12)		
	4	自生	伊那里	S VI(11, 3, 39)1.0	S V(13, 120)		
Juniperus rigida	1	自生	長野県南箕輪村	S II(29)0.5	O(29)	+2°50'	
	2	"	(Nagano)	S II(18)0.5	S II(18)		
	3	"		S II(11)0.5	S II(11)		
	4	"		O(14)0.5	O(14)		
	5	"	南向	S II(29)	S II(29)		
Thuja Standishii	1	自生	伊那市	Z III(28)0.65	Z III(28)	-5°00'	

樹 種 Species	個体 番号 No.	成立 Es. tab.	採 取 地 Local.	回 旋 型 Type of twist		最大ねじ れ角 Maxim. Angle of twist	備 考 Remark
				r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>		
Thuja standishii	2	自生	伊那市信大演習林 (Nagano)	Z III(43)0.5	Z III(43)	-5°00'	
	3	"		Z V(28, 5)1.0	Z III(33)		
	4	"		Z V(33, 32)1.0	Z IV(65)		
Thujopsis dolabrata	1		石川県穴水 (Ishikawa)	Z III(98)2.0			
	2			Z III(50)2.0			
	3			Z III(48)2.0			
	4		長野県木曾 (Nagano)	Z II(95, 40)16.0	Z V(55, 80)		

ねじれ角欄の+はS回旋，-はZ回旋を示す。

Table 2. によれば

i. *Ginkgo*, 及び *Taxus*, *Torreya*, *Cephalotaxus*, *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Touga*, *Juniperus* 及び *Pinus writh 2 leaves* 及び *Podocarpas Nagi* は S方向に，*Cryptomeria*, *Thuja*, *Thujopsis* 及び *Punis with 5 leaves* 及び *Podocarpus macrophylla* はZ方向に本来の回旋方向を有するもののようである。しかるに *Champion* は幼時 S 方向後Z方向に変わるのは特に針葉樹で普通で，逆の場合は記録なしと言う。<sup>(1)</sup> たしかに欧州に普通な針葉樹が属する属には 本来Z方向に回旋する樹種が見当らぬ。<sup>(48)</sup> 注目しなければならぬのは *Pinus cembra* であるが，その回旋方向は不明であるという。<sup>(1)</sup> すでに Braun は *Thuja* がZ方向に回旋するように記しているらしく，Engelman は *Pinus strobus* と *ponderosa* が S 及びZ方向に回旋することを認めているらしいのにいずれも追求していない。(Table 1 参照)

ii. 最大ねじれ角は我々の試料に関する限りでは2~3°内外で10°に達するものはない。しかしこれらの樹種でもつと大きいねじれ角を示すこともあるのであつて，例えば P. Misra は回旋材で有名な *Pinus longifolia* の年輪数7の試料につき7番目の春材で最大17°24' のねじれ角を測定しているに過ぎないのに *Champion* は S 方向ねじれ角30°の材の上に S方向85°の材が覆っている枯損木の図を掲げている。<sup>(1)</sup> このような著しい例を回旋木理と呼ぶのは何人も異存はないのであるが，一体 Table 2 のような場合を回旋材と言つてよいものであるか。もしそのような呼び方が許されるなら，ほとんど凡ての所謂通直材も回旋していると言つてよいのである。Burger が 0~±1°を通直，1~3°を弱い回旋，3°以上を強い回旋と称することは前に述べた。3°以上の回旋は珍捨とするに足らず，決して不法正木理とか異常組織とかとして取扱うわけに行かぬ。それゆえ一般に回旋材と通直材とをどの程度のねじれ角で区分するか決めることはむづかしい。<sup>(1)</sup> *Champion* は肉眼で0~5°を *straight grain* と見なしている。本邦の電柱は10°以下なら欠点にならぬのに，印度の *Chir* 鉄道枕木は7°以下でなければならず，*Spruce* は航空機用材として3°以下でなければならなかつた。<sup>(41)</sup> これらの場合では樹種と用途如何が回旋材か否かを決定しているのである。

Preston の生長論的な採り上げ方は明らかにこのような陰微な回旋についてである。彼は回旋木理は正常な条件に生育した樹木にも特別な処理なく，又障害をうけなくとも現わ得れるとした。<sup>(8)</sup> その場合，僅少なねじれ角の僅少な消長自身問題となる。一方極端



な回旋が同じ原則で説明し得るか否かについては疑いなきを得ないし、老令期に突然現われる *Tilia* のような場合と幼令期からほとんど変ることなくねじれ角を増大する *Punica* とでは等しく回旋木理と呼ばれても同じ成因でないかも知れぬ。(Photo. 4, 28) 以下取扱うのはこの意味からむしろ著しい回旋を示さぬ場合が主となるであろう。

iii. S-Z 回旋をのぞき、ある樹種について例えば  $SV(\alpha, \beta)h$  に於て、 $\alpha, \beta$  は可成り幅をもつと考えねばならぬことがわかる。Champion も樹令一定なら回旋方向は樹種とに一定と云いながら、なお樹種によつて変化の幅があると云っている。ある樹種がある部位である回旋型を示すに至る樹令には幅があるということである。これは樹幹の回旋方向で林業品種を分類しようとする際にかなり邪魔な事実である。同時にそのような品種が発見される可能性もある。<sup>(39)</sup> 又同時に同じ断面で繊維が凡て同じ方向に回旋しているとも言えない。一つの半径で“ねじれ返し”が起つたことを示しているのに、他の半径ではまだ起るに至らぬこともしばしばある。 $p$  なり  $m, n$  のあり得るわけである。しかし上の程度の記録では如何なる樹種に“ねじれ返し”がおこりやすいか否か、或はいかなる樹令で起るかについて論断することは困難である。ただ Burger の指摘した *Abies* と *Picea* との間の関係が同じくここで見れる。

iv. 従来ねじれ返しは過熟林木に一種の老化現象として起るとせられている。<sup>(1)(3)</sup> しかるに Table 2 ではそのようなものでなく、或いは10、或いは40年にしてすでに現われている。

v. S方向とZ方向とは形式上全く対称的に現われ、針葉樹についてS方向が何らか特別の意味があるとは思われない。今 *Larix* と *Thuopsis* との回旋状況を示すと Fig. 7 になる。ただ前者は後者にくらべるとねじれが強いようである。

ところで今外国産特に南半球から寄贈された試料について見ると Table. 3 のようである。この調査には必ずしも前にのべた方法に拠り難い場合もあつたので次の方法のいずれかをえらんだ。

(1) 試料が円材のときには、所定の方法によつた。伐採高はいずれも不明であつた。

(2) 材鑑の場合には、 $1.0 \times 2.0 \times 4.0\text{cm}$  の直方体をつくり、木口の年輪に対し半径方向に割り回旋方向を見た。この方法では心持ちの材鑑が稀であつたので、本来の回旋方向がわかるかどうか疑問である。しかし、*Tasmania* の例のように材鑑と共に円材が贈られた場合があつたので比較することも出来た。

(3) A. Braun に従い、樹皮の外貌と、小枝を検して回旋方向を推定した。多くの個体を調べられない関係で信頼はあまりおけない。

(4) Table 1 のうち信頼のおけると思われる場合をも併せ掲げた。

本表の作製に当り前記高橋、大西両君の協力を得た。資料欄の *Tasmania*, *New Zealand*, *S. Africa* とあるのは夫々 Forest Commision (*Tasmania*, *Australia*), Forest Reseach Institute (*New Zealand*), Forest Reseach Institute (*Union of S. Africa*) の厚意によるものである。

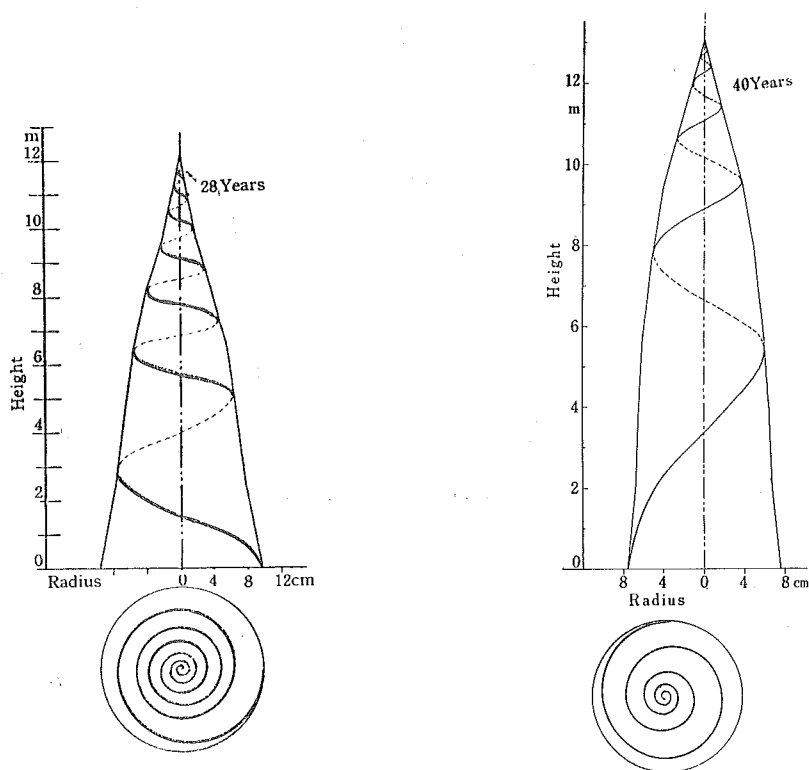
Table 2 及び Table 3 を併せ考察すると、針葉樹については本来の回旋方向は一定していると見られるけれども、同じ科に属する樹種が凡て同じ回旋方向を持つ場合は

Fig. 7 S及びZ回旋の纖維回旋投影図

Plans and elevations of Fwisted fibre in S and Z twist species.

Larix Kaempferi (本学構内産)

Thujopsis dolabrata (能登産)



一例もなく、同属中で回旋方向を異にする場合が可成りあり、*Dacridium*, *Podocarpus*, *Juniperus* などその例が少くない。特に興味深いのは *Pinus* で2葉松はS、3葉及び5葉松はS及びZであるらしい。更に最も注目せねばならないのは、Z方向の回旋をもつ樹種の分布である。北緯40°乃至55°に位置する欧州には Champion も言うようにZ方向に回旋する樹種の記録がなく30°乃至45°に位置する本邦では29種中7種がZ方向に回旋し、30°~50°に位置する北米合衆国にも明瞭なZ樹種を含み、特に南半球所産の樹種10種はS及びZ-樹種相半ばする。

古くは Braun 以後の研究者は北半球ではつねに陽光に向うため回旋はS方向になると信じたという。<sup>(11)</sup> 鈴木清太郎は一時的の仮定とし蔓茎植物について、

“北半球に種の始原を持ったものはZ方向に、南半球のはS巻きになる傾向を有することになるのではあるまいか。一度原始時代にかような性質を有することになればそれが固定して何れの

**Table 3** 外国産針葉樹の回旋方向  
Direction of twist in coniferous timbers abroad.

樹種	Species	資 料 Materials	調査方法 Method of survey	推定回旋 方向 Supposed Direction of twist	分 布 Distribution	備 考 Remark
<b>Taxaceae</b>						
	Dacridium cupressium	New Zealand	(1)	S	New Zealand	Rimn
	D. Franklinoi	Tasmania	(2)	Z	Tasmania	Hoon pine
	Phyllocladus rhomboidalis	Tasmania	(1) (2)	Z	Tasmania	Celery-top pine
	Taxus baccata	Tokyo 東京林試	(3)	S	Europeto Himalaya	
<b>Podocarpaceae</b>						
	Podocarpus dactyloides	New Zealand	(1)	P	New Zealand	Kahikatea
	P. spicatus	"	"	S	New Zealand	Matai
	P. totara	"	"	S	New Zealand	Totara
<b>Araucaryaceae</b>						
	Agathis australis	New Zealand	(1)	Z	New Zealand	Kavri
	Araucaryai mbricata	Tokyo 東京林試	(3)	S	Tieradel Fuego	Chili pine Chili
<b>Pinaceae</b>						
	Abies pectinata	Literature 文 献	(4)	S	S. Europe	
	Cedrus deodra	Tokyo 東京林試	(1) (3)	S	Himalaya to Afganistan	
	Picea excelsa	Literature 文 献	(4)	S	S. Europe	
	Pinus Banksiana	Tokyo 東京林試	(3)	S	U. S. A	leaves in 2
	Pinus excelsa	"	(3)	Z	Himalaya to Nepal	leaves in 5
	P. longifolia	Literature 文 献	(4)	S	N. India	leaves in 3
	P. ponderosa	Nagano 長野県高遠町	(1)	S	U. S. A 中村彌六氏植栽	leaves in 3
	P. rigida	Tokyo 東京林試	(3)	S	leaves in 3	W. N. America to mexico
	P. taeda	Nagano 長野県高遠町	(1)	Z	U. S. A 中村彌六氏植栽	leaves in 3
	P. strobus	Tokyo 東京林試	(3)	S	U. S. A	leaves in 5
	P. sylvestris	Literature 文 献	(4)	S	C. Europe	
	Larix europaea	Literature 文 献	(4)	S	Europe	leaves in 2
<b>Taxodiaceae</b>						
	Athrotaxis seleginoides	Tasmania	(2)	Z	Tasmania	King William. Pine
	Callitris tasmanica	"	(1)	S	Tasmania	oyster Bay
	Cunninghamia Sinensis	Tokyo 東京林試	(3)	S	S. China	Pine
	Metasequoia glyptostroboides	Tokyo 東京林試	(3)	Z	S. W. China	
	Sequoia sempervirens	"	(4) (3)	Z	U. S. A	

樹 種 Species	資 料 Material	調査方法 Method of survey	推定回旋 方 向 Supposed Direction of twist	分 布 Distribution	備 考 Remark
Taxodium disticum	Tokyo 東京林試	(3)	Z	U. S. A.	
Weddingtonia cupe ve ssidis	S. Africa	(1)	S	S. Africa	
W. Schwarzii	"	(2)	Z	"	
W. Funepoides	"	(2)	Z	"	
W. Dracomontana	"	(2)	S	"	
W. Whytei	"	(2)	Z	"	
Cupressaceae					
Biota orientalis	Tokyo 東京林試	(3)	Z	N. China	
Juniperus virginiana	"	(3)	Z	U. S. A.	

地方に持ち運ばれてもその性質を失わない。……現在北半球に右巻きのものが多いのはその為と考えられる。又若し南半球の植物の多く、北半球より移動したものでないとするならば南半球の攀纏植物は多く左巻きであるべき筈である”<sup>(48)</sup>と言う。

これ一見相反する事実の如くであるが、元来蔓茎植物の繊維回旋は攀纏の方向と丁度反対なのである。<sup>(55)</sup>

今筆者は鈴木<sup>(55)</sup>の所説に同意して Z 回旋南半球始原を、S 回旋北半球始原と唱えるのではない。繊維の回旋方向から言えば、蔓茎植物にも針葉樹にも同じ傾向がうかがわれ、少くとも軸と繊維の傾斜方向から云えば同種の現象のように思われるというのである。

#### d. 広葉樹の回旋

主として邦産広葉樹41科90属141種の回旋方向について Table 4 を得た。この表には石田幸雄君が協力した。調査方法は Table 2 と同じ。

Table. 4 広葉樹類の回旋方向  
Direction of twist in hard woods

樹 種 Species	個 体 数 Number of individuals	回旋方向 Direction of twist	最大ねじれ角 Angle of twist (max)	備 考 Remark
Salicaceae				
Salix Bakko	6	O~Z	-2°	
S. integra	4	O~Z	less than -1°	
S. urtaliana	2	Z	"	
S. sachalinensis	2	Z	"	
Populus Maximowizii	2	P	"	
P. Sieboldiana	3	Z	-3°	
Myricaceae				
Myrica rubra	2	Z	less than -1.0°	
Juglandaceae				
Juglaus Siebolbiana	4	P~S	less than 1.0°	
Pterocarya rhoifolia	2	P~Z	"	

樹	Species	種	個 体 数 Number of individuals	回 旋 方 向 Direction of twist	最大ねじれ角 Angle of twist(max)	備 考 Remark
Betulaceae						
	Betula	Tauschii	2	Z	-1.5°	
	B.	Ermani var. communis	4	Z	-3.0°	
	B.	carpinifolia	3	Z	-2.0°	
	Alnus	japonica	2	Z	-2.0°	
	A.	tinctoria	5	Z	-2.0°	
	A.	firma	6	Z	-3.5°	
	A.	Sieboldiana	2	Z	-2.5°	
	Carpinus	Laxifolia	3	Z	-2.0°	
	Corylus	heterophylla	11	S	2.5°	-1.0°
Fagaceae						
	Fagus	crenata	6	Z~P	less than 1°	often easily Z V
	Castanea	sativa	5	O~Z	-1°	
	Quercus	acuta	2	Z	-1°	
	Q.	glauca	2	Z	less than -1°	
	Q.	myrsinaefolia	2	Z	"	
	Q.	stenophylla	2	Z	less than -1°	
	Q.	paucidentata	2	O~P~O	1°	
	Q.	acutissima	3	Z	1°	
	Q.	serrata	9	P~O~Z	-3°	
	Q.	dentata	2	O		
	Q.	crispula	9	P~S	1.5°	
	Q.	mongolica	4	Z	-1.5°	
	Shiia	Sieboldi	3	P~S	less than 1°	often easily S VI
	Lithocarpus	edulis	2	S		
	Kuromatea	glabra	2	S	2°	often easily S VI
Ulmaceae						
	Ulmus	Davidiana	2	Z	3°	
	U.	laciniata	2	S	2°	
	Zelkova	serrata	4	S	1.5°	often easily S VI
	Celtis	sinensis	2	P	less than ±1.0°	
Moraceae						
	Morus	bombycis	3	P~S	1.5°	
	Ficus	erecta	2	O		
Eupteleaceae						
	Euptelea	polyandra	3	S	1.5°	often easily S V
Trochodendraceae						
	Trochodendron	aralioides	9	S	3°	
Cercidiphyllaceae						
	Cercidiphyllum	magnificum	3	Z	-2.0°	

樹	Species	種	個 体 数 Number of individuals	回旋方向 Direction of twist	最大ねじれ角 Angle of twist(max)	備 考 Remark
	C.	japonicum	4	Z	-2.5°	often easily Z VI
	Beriberidaceae					
	Berberis	Thunbergii	2	O		
	Magnoliaceae					
	Magnolia	Kobus	5	S	2.0°	
	M.	obobata	5	S	0.5°	
	Lauraceae					
	Cinnamomum	camphora	2	S	2.0°	interlocked grain
	C.	japonicum	2	Z	-2.0°	
	Lindera	obtusiloba	7	P~Z~S	2.5°, -1.0°	
	L.	umbellata	3	S	2.5°	
	Litsea	glauca	2	S	less than 1.0°	planted
	Laurus	nobilis	2	S	2.0°	
	Parabozoin	praecox	3	O~Z	-2.0°	
	Saxifragaceae haniculota					
	Hydrangea		3	S~Z	±1.5°	
	Pittosporaceae					
	Pittosporum	Tobira	4	Z~S	±1.0°	
	Hamamelidaceae					
	Hamamelis	japonica	4	S~Z	4.0°, -2.0°	
	Corylopsis	spicata	2			
	Rosaceae					
	Prunus	subhirtella	8	O~S	1.0°	
	P. donarium	var. spontanea	3	O		
	P.	donarium	1	O		
	P.	Grayana	4	Z~S	±1.0°	
	P.	nipponica	2	Z~S	less than ±1.0°	
	P.	Mume	2	O		
	Malus	Toringo	7	S~Z	2.5°	often easily S V
	Pourthiaca	villosa	5	S~Z	3.0°	4S, 1Z 6S, 1Z
	Eriobotrya	japonica	2	Z	-2.0°	
	Malus	Tschonoskii	2	Z	-2.0°	often easily Z VI
	Micromeles	japonica	2	Z		"
	M.	alnifolia	6	S	4.0°	often easily S VI
	Chaenomeles	Maulei	2	Z	-1.0°	often easily Z V
	Pirus	montana var	4			
	Sorbus	commixta	2	S	1.0°	
	S.	Matsumurana	2	S	2.5°	
	Leguminosae					

樹種	Species	個体数 Number of individuals	回旋方向 Direction of twist	最大ねじれ角 Angle of twist (max)	備考 Remark
	Albizzia Fulibrissin	2	S~Z		
	Gleditschia japonica	6	O~Z	less than 1.0°	
	Cladrastis platycarpa	2	S	"	planted
	Robinia pseudoacacia	5	O~Z		
	Mackia amurensis var.	2	S~Z	less than ±1.0°	
	Wistoria floribunda	2	Z	-3.0°	
	Lespedeza bicolor	2	Z	-2.5°	
Rutaceae					
	Xanthoxylem piperitum	2	S		
	Phellodendron amurense	2	P		
Euphorbiaceae					
	Daphniphyllum macropodum	2	Z		
	Mallotus japonicus	2	S		
	Rhus trichocarpa	2	S		
Aquifoliaceae					
	Irex pedunculosa	3	Z	-4.5°	
	I. macropoda	3	Z	-4.5°	
	I. Sugeroki var.	2	Z	-4.0°	
	I. rotunda	3	Z	-3.0°	
	Euonymus alatus				
	E. macropterus	7	S~Z	±3.0°	S2, Z5. among 7, individuals.
	E. oxyphyllus	2	S~Z	±1.0°	
	E. Sieboldianus	4	O~S~Z	±2.0°	S2, Z1, O1
	E. striatus var.	4	P~O~S	3.0°	
Staphyleaceae					
	Euscaphis japonica	2	S	1.5°	
Aceraceae					
	Acer crataegifolium	2	Z~O	less than 1.0°	
	A. rufinerve	10	P~O~Z	"	
	A. argutum	2	P	"	
	A. Tschonoskii	2	P	±2.0°	
	A. ukurunduense	2	Z	less than -1.0°	
	A. pictum	7	S~Z~O	less than ±1.0°	
	A. palmatum	2	Z	-2.0°	
	A. japonicum	2	S	1.0°	
	A. cissifolium	2	S~Z	less than 1.0°	
	A. carpinifolium	4	S~Z	-3.0°	S2, Z2
Hippocastanaceae					
	Aesculus turbinata	3	P~Z	-2.0°	

樹種	Species	個体数 Number of individuals	回旋方向 Direction of twist	最大ねじれ角 Angle of twist (max)	備考 Remark
Rhamnaceae					
	Hovenia dulcis var.		P~S	2.0°	
Vitaceae					
	Vitis amurensis var.	2	Z	-2.0°	
Tiliaceae					
	Tilia japonica	5	P~O~Z		
Stercuaceae					
	Firmiana platanifolia	2	Z	-1.0°	
Ternstroemiaceae					
	Camellia japonica	2	Z	-1.5°	
	Skakia ochnacea	2	Z	-2.5°	
	Eurya japonica	2	Z	-3.0°	
Elaeagnaceae					
	Elaeagnus multifolia	2	Z	-2.0°	
Punicaceae					
	Punica Granatum	2	Z	4.0°	planted
Myrtaceae					
	Encalyptus grobulus	3		4.0°	planted
Araliaceae					
	Acanthopanax spinosus	10	P~S~Z	±1.0°	
	A. sciadophylloides	3	Z	less than	
	Aralia elata	2	P~Z	1.0°	
	Kalopanax pictum	4	P~S	1.0°	
Cornaceae					
	Cornus controversa	6	O~Z	-2.0°	
	Cynoxylon japonica	2	Z	-1.0°	
	Aucuba japonica	4	S~Z	less than ±1.0°	
Clethraceae					
	Clethra barvinervis	10	Z	-4.0°	
Ericaceae					
	Rhododendron Degronianum	4	O~Z		
	R. dilatatum	2	S	2.0°	
	R. japonicum	6	O~S	less than 1.0°	
	R. Kaempferi	2	S~Z		
	Lyomia ovalifolia var.	7	P~Z	5.5°	
	Meisteria Matsudai	2	Z	-2.0°	
Ebenaceae					
	Diospyros Kaki	3	O~S	less than 1.0°	



樹種	Species	個体数 Number of individuals	回旋方向 Direction of twist	最大ねじれ角 Angle of twist (max)	備考 Remark
Diospiros	Lotus	10	O~Z	-2.5°	
Styraceae					
	styrax japonicum	6	S~Z	-3.5°, 1.0°	
	Pterostyrax corymbosa	6	P~Z	-2.5°	
Oleaceae					
	Fraxinus japonica	2	Z	-2.0°	
	F. Sieboldiana	5	P		
	Ligustrum obtusifolium	5	S	2.0°	
	Osmanthus ilicifolius	2	Z	-1.0°	
Verbenaceae					
	Callicarpa japonica	2	Z	-1.0°	
Caprifoliaceae					
	Sambucus Sieboldiana	10	S~Z	±2.0°	
	Viburnum furcatum	3	S	4.0°	
	V. pubinerve	2	S	less than 1.0°	

これによると、供試個体数の少ないものもふくむが広葉樹にはZ回旋が圧倒的に多く、同時にS-Z回旋というような曖昧な樹種が稀でない(Photo. 3)。かつて *Sambucus* について報文を發表したことがあるように、このような事例が稀でないのは、鈴木もフヂについて述べ、W. Seifriz. が *Chamaecerevs sylvestrii* の幹についてのべている通りである。いずれにせよ、Z回旋は広葉樹的であり得、針葉樹を北方的とすれば広葉樹は南方的とも言える。

## V. 繊維回旋の二元説

以前に上述の現象の二元説を簡単に述べた。<sup>(38)</sup> 少しく敷衍する。樹幹を回旋させる原因を陽光或いは風圧などの外因に帰する考え方があつた。<sup>(22)</sup> しかしその真因は尚不明である<sup>(10)</sup> と言いながら Champion の圃場実験にも遺伝的傾向の強いことはほぼ定説となつた。<sup>(1)</sup> 樹幹が繊維回旋し、それが遺伝的傾向が強いとすると、左右性と回旋性とを分離して考えることはやや了解しにくいかも知れない。Champion 自身左旋、右旋に可成り拘泥しているようである。回旋は左右のいずれかに傾かねば表現にまでもたらされぬからである。そうして多くの樹種では本来の回旋方向が一定しているのである。巻貝などでは明らかに左旋、右旋が種の決定要素となつている。一方前述の如く螺旋葉序での左右旋は偶発的と考えてよい。それゆえ郡場はしばしば筆者に書簡を与え“樹幹の回旋方向も偶発的で、ねじれ角の大きさは環境による”と言つている。木原によれば、“左巻の蔓の如く遺伝的なのは生長ホルモンの分布を支配する遺伝子が決定的の強さを有するものと見れば、この支配の比較的弱いのが交互性(左右)なのではあるまいか。遺伝する形質遺、伝せぬ形質としての左右性は興味深い”<sup>(46)</sup> と。

大島は分岐したイスノキの樹幹が回旋方向を異にするのを見て、根が密着したのでなければ遺伝性により難い、仮に遺伝するものとしても回旋しやすい性質が遺伝するのみで、方向、程度は他の理由で決定されるのではないかと(42)言っている。

Table 1, 2, 3, 4 諸表から判断するに、樹木には

- 1) 本来のS回旋を変えない樹種 *Juniperus, sinensis, Diospiros Kaki*
- 2) 本来のZ回旋を変えない樹種 *Punica Granatum*
- 3) 本来S後Z回旋 *Abies, Picea*
- 4) 本来Z後S回旋 *Thuyopsis dolabrata*
- 5) はじめO, 後S回旋 *Prunus*
- 6) はじめO, 後Z回旋 *Quercus, Castanea, Cryptomeria*
- 7) はじめO, S又はZ回旋 *Chamaecyparis*
- 8) 本来一定の方向を示さぬS—Z回旋 *Sambucus, Kalopanax* があるらしいのである。つねに“ねじれ返し”が予想されるものではない。又(1)にわかには信ぜられぬが、
- 9) 欧州と北米で回旋方向をことにする *Liliodenadon* があると(1)言い、
- 10) マアテ, クサアテ, カナアテの如く林業品種と見られるもので、ねじれ角の消長に特徴を示すものがある。ねじれ返しの時期及びくり返しの時期についても樹種によつて異なるらしい。

Seifrizz は Hartig と共に繊維回旋の原因を形成層の迂り生長とすることで満足したのであるが左右性と回旋性を(44)を区別して、前者は後者より基礎的で回旋性を支配するものでないと言っている。

ところで樹幹の繊維回旋に関する巨視構造は時に細胞膜の微細構造に(8)(9)比せられる。*Micell* 的規模における“ねじれ返し”はここでもしばしば行われている。事実 Preston は *Micell* の傾斜から樹軸に対する繊維のねじれ角に至るまで一連の関係ありと想像し、探究の歩を進めた。Champion は *Pinus longifolia* の当年生稚苗は回旋せずとし、(6)Misra は 2 年又は 3 年目から突然現われた(16)という。又 Toumey は当年生の *Jeffrey pine* の 3% 強が肉眼的に回旋していた(18)と言う。彼らの判断はそれぞれ基準がちがうので同じ結果を得なくても仕方がない。しかし、X線廻折によれば当年生カラマツは子葉附近はもとより少くも当年生稚苗の中間附近において繊維素の微結晶は螺旋らしき図を示し、翌年 6 月にはその状況は判然として(50)(61)しまう。このような微細構造が直接巨視構造に関係あるか否かを定めるにはしばらく時を必要とするけれども、全く無関係とすることも出来ない理由がある。本学呉祐吉教授は繊維素の分子量が回旋性を決定するのではないかと想像されている。回旋性と左右性とのいずれをより根源的と見るかは別とし、樹幹の繊維回旋において、広く樹木界を見ると後者即ち左右性は極めて動揺しやすいものの如くに見受けられたのである。

上所述べて来たように、樹幹が左旋性乃至右旋性を遺伝的に持つと理解し、そこで問題を打切ってしまうことは恐らく正しくない。木原の場合のように樹幹でも左右性及び回旋性とは分離され、別々の研究の対象として繊維回旋の本質が究められねばならぬものと思う。故にこれは問題の解決でなくて提起である。(1958.3.8)

## VI 参 考 文 献

- (1) CHAMPION, H.G : Contributions towards a knowledge of twisted fibre in Trees, Indian Forest records, 11-II, 1-12, (1925).
- (2) BÜSGEN, M., Münch, E. : The structure and life of forest trees, translated in english by Thomson, Th., 97-98 (1929).
- (3) BURGER, H. : Der Drehwuchs bei den Holzarten. 1. Drehwuchs bei Fichte und Tanne, Mitt. der Schweiz. Anst. f.d. forst. Versuch. 22-1, 143-148, (1941).
- (4) KNUCHEL, H. : Holzfehler, 30, (1947).
- (5) HARTIG, R. : Über den Drehwuchs der Kiefer, Forst-naturwissenschaft. Beischr. 4, 313-326, (1895).
- (6) CHAMPION, H.G. : 前掲書, 32-67.
- (7) CHAMPION, H.G. : 前掲書 12-31.
- (8) PRESTON, R.D. : Spiral growth and spiral structure I. Biochemica et Biophisica Acta, 2, 155-165, (1948).
- (9) PRESTON, R.D. : The development of spiral grain in conifers, Forestry, 23,—, (1949).
- (10) BROWN, H.P., PANSIN, A.J., FORSAITH, C.C. : Textbook of wood technology, 300-301, (1949).
- (11) 関谷文彦 : 木材工芸学, 296-301, (1933).
- (12) 尾中文彦 : 樹木ノ肥大生長偏倚ニ関スル研究, 京大演習林報告 10, 16-17, (1937).
- (13) 金井彰 : 樞の捩れに就いて, 日林誌, 14-9, 739, (1932).
- (14) 松前清文 : 青森ヒバの樹相と其材質に関する一考察, 日林誌, 19-10, 1, (1937).
- (15) MISRA, P. : Observation on spiral grain in the wood of Pinus Longifolia, Roxb., Forestry, 13-2, —, (1939).
- (16) GREEN, P. B. CHAPMAN, G.B. : On the development and structure of the cellwall in Nitella, Amer. Jour. Bot. 42-8, 685-693, (1954).
- (17) 郡場寛 : 綫草の拗捩, 植物学雑誌, 26-308, —, (1912).
- (18) 高島得三, 田中壤 : 木曾樹木略誌, 手写本, (1880).
- (19) 大倉精二 : 写本木曾樹木略誌, 林業技術 183, 37-38, (1957).
- (20) 田中波慈女 : 造林に関する二三の管見, 日林誌, 34, 74, (1926).
- (21) 大島懿郎 : 秋田杉の形態に関する一考察, 日林誌, 13-6, 67, (1931).
- (22) GAYER-FABRICIUS : Forstbenutzung, 111-112, (1935).
- (23) 東京製鋼 : 鋼索, 10, (1940).
- (24) STEELE, R : The effect of yarn twist, Textile Research Jour., 26-10, 741, (1956).
- (25) BURGER, H. : Der Drehwuchs bei Birn-und Aefelbäumen, Schweiz. Zeitschrift. F. Forstwesen, 3, 2, (1946).
- (26) 小滝英夫 : 京大卒論, 通巻129, (1936), 未発表。
- (27) 佐藤銀五郎 : 木材工芸30, (1927).
- (28) ソーロー, 富田彬訳 : 森の生活 (角川文庫), 147, (1954).
- (29) IMAI, Y. : The right-and left-handedness of phyllotaxy, The Bot. Mag., 490, 592, ( )

- ③⑩ 須藤昭二：ねじれのちがつたスギまき付床苗の生態変異，日林誌，38-1, 26, (1956).
- ③⑪ 小沢勝治：木材含水量と捩れ狂いの関係について，信大農，卒論。(1958)，未発表。
- ③⑫ MCCARTHY, E.F. & HOYLE, R.J. : Knotrzone and spiral in Adirondack red spruce, Jour. of Forestry, 16, 777-791, (1918).
- ③⑬ KOLLMANN, F. : Technologie Des Holzes und der Holzwerkstoff I, 28, (1951).
- ③⑭ 大倉精二，鳥山清美：樹木の回旋性について，第1報 カラマツ樹幹の繊維回旋，信大農学報，1, 28, (1952).
- ③⑮ ————，———：———，第2報 アカマツの場合及び回旋繊維のねじれ角と年輪幅との関係，信大農学報 5, 33, (1956).
- ③⑯ 大倉精二：樹木の回旋性について，第3報 いろいろの樹種が現わす回旋生長型式一回旋生長の2元説，64回日林学会講演集，298, (1955).
- ③⑰ ————：———，第4報 ZV型（右旋樹種の左旋へ方向変換）の存在，日林中部講演集，44, (1956),
- ③⑱ ————：———，第5報 S-Z型（はじめから回旋方向をきめない樹種）の存在，日林中部講演集，(1956).
- ③⑲ 大倉精二，松下昭一：樹木の回旋性について，第6報 Z型樹種の繊維回旋及び林業品種間のねじれ角，日林中部講演集，1, (1957).
- ④⑩ 外国文献抄録集，林試木材部，2, 6-11, (1952).
- ④⑪ KNORR, F : What causes twisted trees? Tour. of Heridity, 23-2, 49-52, (1932).
- ④⑫ 大島卓司：旋回木理の成因とその影響について（予報）日林誌，16-7, 1-49, (1934).
- ④⑬ 鈴木清太郎：農業物理学，41-44, (1950).
- ④⑭ SEIFRIZ, W : Twisted tree and the spiral habit Science, —, (1933).
- ④⑮ 木原均：植物の左右性（現代生物学の諸問題），29, (1950).
- ④⑯ TOOMEY, J.W. & KORSTIAN, F : Seeding and dianting of forestry, III, 155, (1948).
- ④⑰ 牧垣旭璋：X線廻折によるカラマツ稚苗の研究，信大農卒論，(1958)，未発表。
- ④⑱ DALLIMORE, W. & JACKSON, A.B : Ahandbook of Coniferae, (1931)
- ④⑲ 分部浩志：風衝地のオオシラベの回旋について，信大農卒論，(1956)，未発表。
- ⑤⑩ NAGASAWA, T. : X-ray studies of wood, Jour. of the Depart. of Agr. Kyūshū Imp. Univ. 5-5, 237-269, (1937).
- ⑤⑪ 仁田勇：木材組織のX線的研究，X線，2-2, 1, (1941).
- ⑤⑫ 上村勝庸：森林利用学上，221, (1928)
- ⑤⑬ 大西鼎：実用森林利用学上，146, (1912)
- ⑤⑭ 鍋木徳二：林木の成長経路と疑問点，林業技術182, 27, (1957)

## SUMMARY

## On the macroscopic features of twisted fibre in trees

Seiji OHKURA

This is a survey about the occurrence of the twisting fibre inward tree trunks. Being called his attention by a electric pole in Ina city, showing rather distinct twist (Photo. 1), the author have had a chance to investigate various instances of spiral forms displayed among many tree species and through the parts and portions of trunks or boles. Following after works done by a few authorities (A. Braun, R. Hartig, H. G. Champion, H. Burger, R. D. Preston), the author published several papers about this problem excluding any microscopic study from the year of 1951.

He began his work by his own way to record the phenomenon well to mention "splitting methode". The angle of twist  $\theta$  of materials will be measured (Fig. 2) by the following fomula.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{l}{h}$$

Besides, a simple tool was devised to estimate the degree of twist at the surface of timbers which show directions of fibres with crackings as a result of seasoning (Photo. 5., 6).

1. The splitting curves at the larger end are classified (Fig. 2,3). If an "Umdrehung" or "Nezire kaesi" after the term of timber men in Japan, takes place at the  $\alpha$  th annual rings,  $\beta$  a number of rings to the next, and  $\omega$  a number from the last to the bark, then the expression of the type of twist may be S or ZN ( $\alpha, \beta \cdots \omega$ )  $h$ , where  $h$  is the height from the ground. Now Champion quoted that Braun had established the fact conifers in europe show S (left-handed) twist at first and the following Z (right-handed) twist in their macroscopic features (Fig.1). This is almost true in their countries because of the absence of Z twist species, which really not rare in Japan. If any one says Z twist is only common in large and overmatured trees, the matter is quite different in this country. Z twist species change their direction of fibres as S twist species do. an "Umprehung" occurs in both groups of tress quite same manner, and if they are to be named after S or Z species, they may be called from the features of early days.

Back to the expression S or ZN ( $\alpha, \beta \cdots \omega$ )  $h$ , N is the order of type. The value and the count of greek letters  $\alpha, \beta, \cdots \omega$ , differ in some range not only in a given tree species but also among any 2 species. The phenomenon occurs nothing but symmetrical in both groups of the twist. Orders about one and

same section of a material may differ as the position of a splitting radius differs. A curve may show SIII (25), and the other SV (20.5). This means there is a chance to get a opposite direction of the twist in a given portion of a trunk, and it is quite rational that the type as *p* can exist, showing different original direction of the twist in one section of a material now testing. Type *m* and *n* are special cases of SI and ZI ; Type *q* and *r* something of *o* and *p*.

As the lower orders of types concern, the rule found in 1951 may hold true as before, but the matter is to be confused with an "Umdrehung"<sup>(84)</sup>.

As for the types and the process of S and Z twist transforms, both are almost symmetrical in their forms (Fig. 4).

2. Many samples, conifers and hardwoods, show angles of twist  $\pm 3^\circ$  or more most frequently. On the other hand we can not deny the fact that there are some extreme cases of  $\pm 45^\circ$  or more. Generally speaking, particularly in wood technology, the phenomenon has used to deal with as an abnormal condition or a disease. The author declines to look upon it as a physiological one with R. D. Preston of England, whose opinion must be quoted in the next papers. At the same time, the extreme cases may be the results of increased tendency of some unknown internal force. It seems especially important to consider those 2 cases separately as we investigate the question. If the angles of twist  $\pm 3^\circ$  are to be treated as the twist, there are no doubt almost all trees have a spiral structure. Even 0 the type of the straight grain, may be understood only the aspect resulting by a balance of wood elements tilting two opposite directions.

3. By the courtesy of several institutes or the commission, the timbers from the South hemisphere are studied. Obviously Z twist species abundant in the South than the North. The author by no means assert that the S twist species originated in the North hemisphere, and Z the South. But the increasing tendency of the Z twist to the South is evident. The author doubts the right-and-lefthandedness of the twist in tree trunks would have a geographical meaning.

4. Examining Table 1 to 4, we find the fact those S and Z twists do not occur systematically and classificatory in the tree world ; not a family studied containing a same direction of the twist, and a genus often contains both twist. *Sambucus* and many other species even show both twists from the beginning. Higher the order the more the irregularity.

There are such tree species in tree world from the point of the twist as follows : —

a) Begin with S twist, end with S. (*Juniperus*)

- b) Begin with Z twist, end with Z. (Punica)
- c) Begin with S twist, thereafter Z. (Abies, etc.)
- d) Begin with Z twist, thereafter S. (Thujopsis, etc.)
- e) Begin with O, end with S. (Prunus, etc.)
- f) Begin with O, end with Z. (Quercus, etc.)
- g) Begin with O, end with S or Z. (Chamaecyparis)
- h) S or Z from the beginning. (Sambucus, etc.)

Those are the majority of the aspects to be met with. Once in 1953, the author asserted the "Dualistic theory" about the twisted fibre in trees. He want to regard the spiral habit and right-and-lefthandedness as independent factors ruling the anatomical structure of tree trunks. Perhaps it will be faithful to the question to investigate those 2 fundamental properties along their respectable courses.

Photo. 2 S I から S VI までの実例  
SAMPLES, THE TWIST S I TO S VI



S I (*Abies Mariesii*)



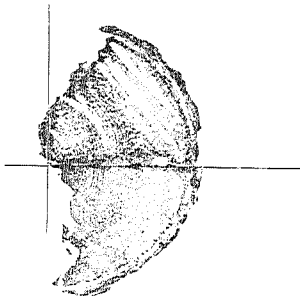
S II (*Larix Kaempferi*)



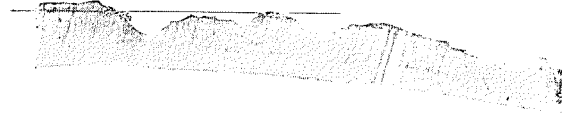
S III (*Pinus ponderosa*)



S IV (*Pinus densiflora*)



S V (*Tsuga diversifoloid*)

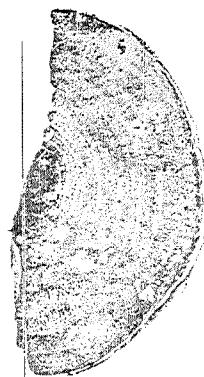
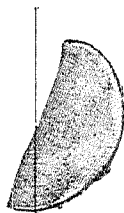


S VI (*Cephalotaxus drupacea*)

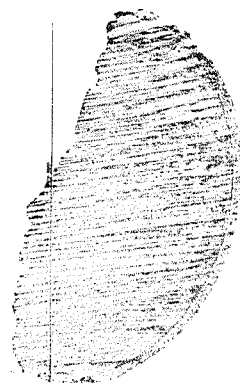


Photo. 2 Z I から ZVI までの実例  
SAMPLES, THE TWIST Z I TO ZVI

Z I (*Lyonia Neziki*)



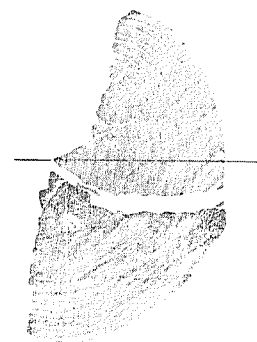
ZIV (*Pinus parviflora*)



Z II (*Zelkova serrata*)



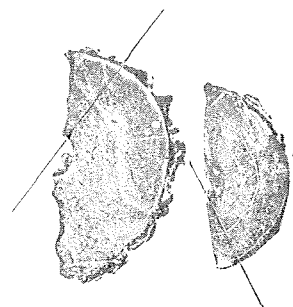
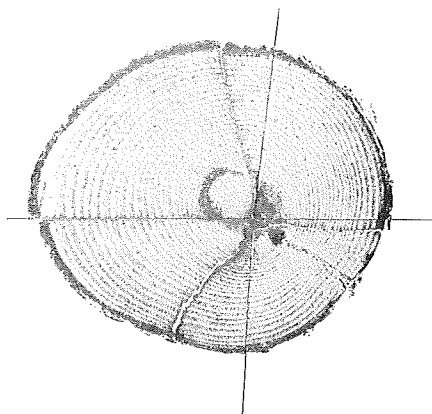
ZV (*Pinus pumila*)



Z III (*Thujopsis dolabrata*)



ZVI (*Pyrus serotina*)

**Photo. 3** S-Z回旋, P~O の 実 例SAMPLES, THE TWIST S-Z, AND  $p$  SHOWING  $O$  AT THE SAME SECTIONS-Z (*Sambucus Sieboldiana*)O~ $p$  (*Athrotaxis selaginoides*)**Photo. 4**

樹心附近の望ましい割裂状況

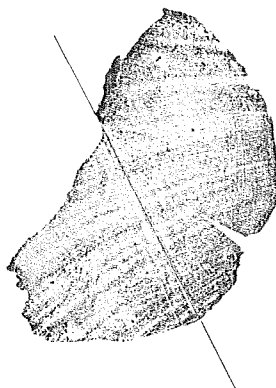
DESIRABLE RESULT  
AT TREE CENTER

極端な回旋の実例

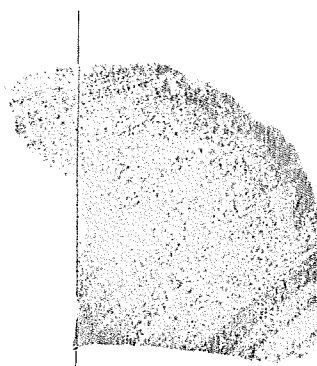
EXAMPLES OF THE EXTREME TWIST



(Larix Kaempferi)

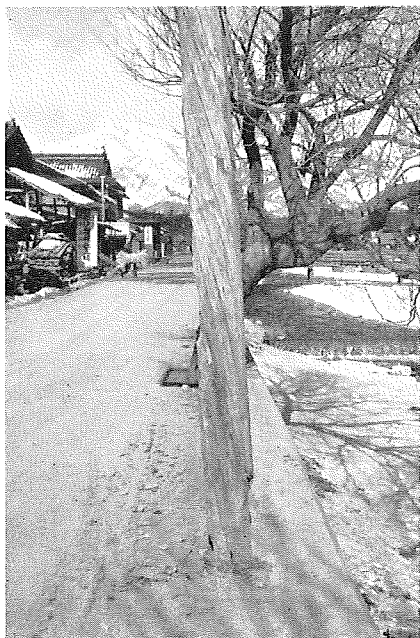


(Punica Granatum)

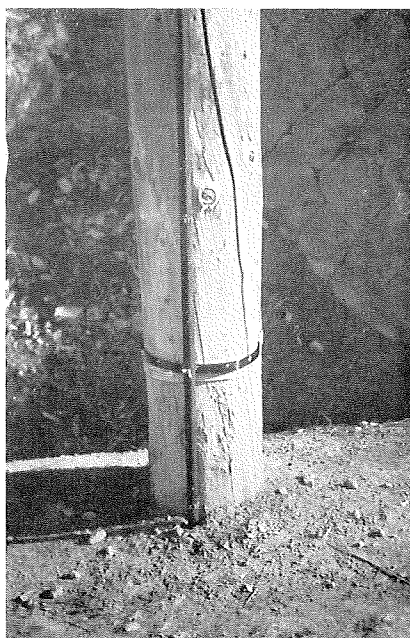


(Tilia amurensis)

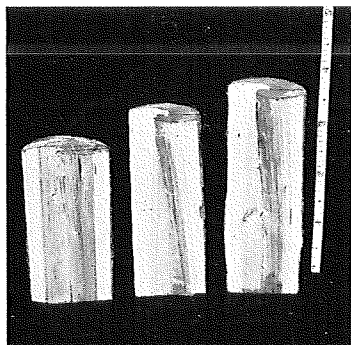
**Photo. 5** S回旋 $13^{\circ}30'$ を示す  
Larix 電柱（伊那市）



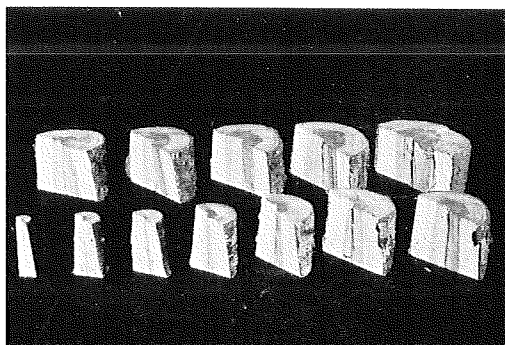
**Photo. 6** S回旋 $9^{\circ}$ を示す Larix  
電柱とねじれ測定器（別所）



**Photo. 7** 正常な Larix の  
繊維回旋（学内産）



**Photo. 8** Larix ねじれ角の縦断配分供試円盤  
（学内産）



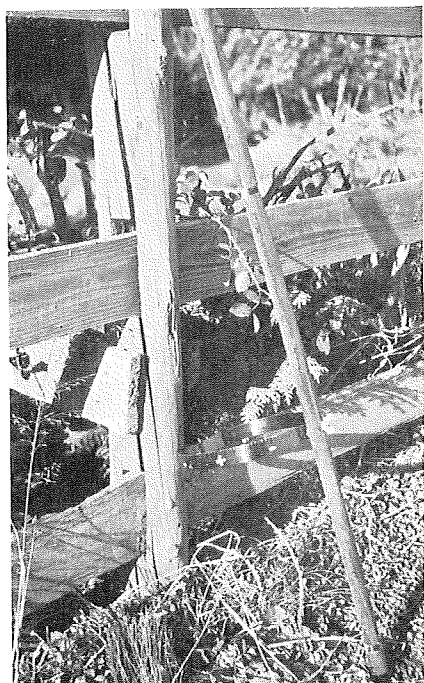


Photo. 9 *Larix* 剥皮材の亀裂とねじれ  
測定器（伊那市）

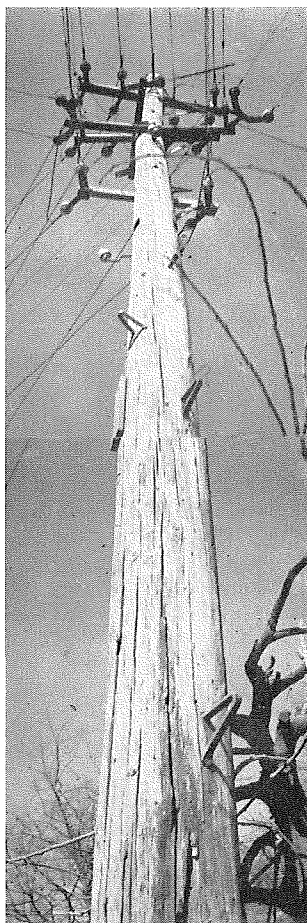


Photo. 10 部位によってねじれ角を  
異にする *Larix* 電柱（伊那市）



Photo 11. S回旋の内在を示す *Pinus densiflora* の老木の樹皮（銀閣寺）

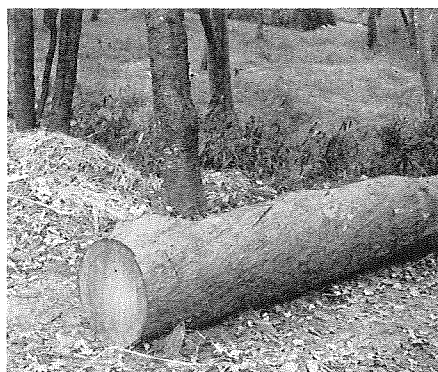


Photo. 12 S回旋を示す *Pinus densiflora* の根は（智恩院）



Photo. 13 *Pinus densiflora* の枝に  
現われたZ回旋



Photo. 14 前図の樹幹(上田市)

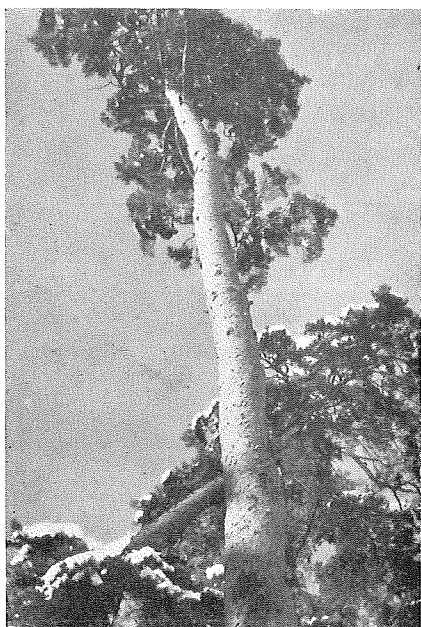


Photo. 15 Z回旋の *Pinus densiflora*  
樹心附近はS回旋のはず  
(別所)

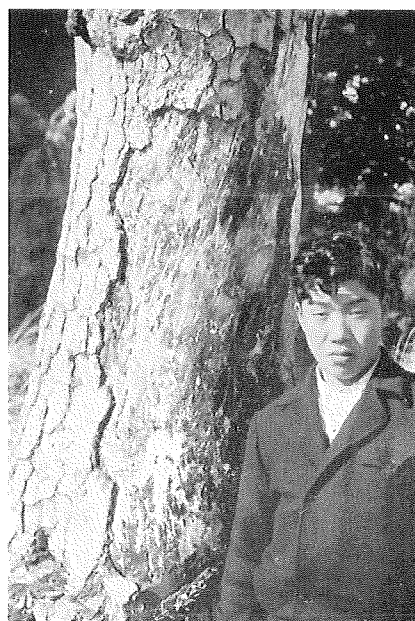


Photo. 16 Z回旋の *Pinus Thunbergi*  
(伊東市)

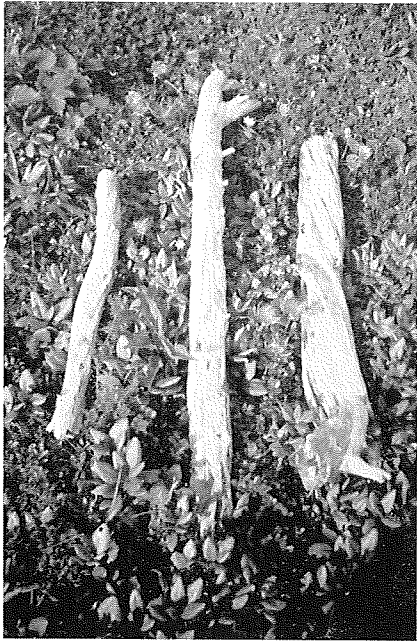


Photo. 17 老令となるに従つてZからS  
回旋に変わった *Pinus pumila*  
(木曾駒ヶ岳)

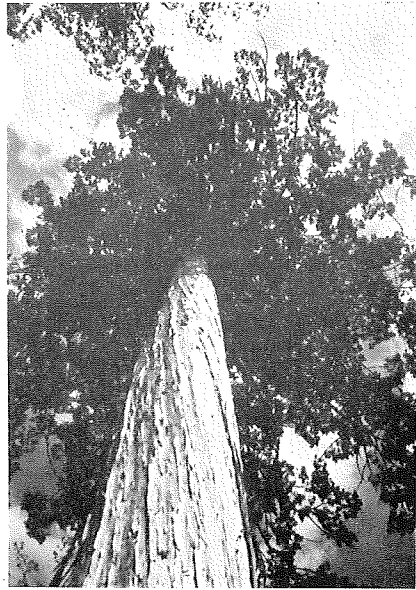


Photo. 18 S回旋の *Chamaecyparis*  
*obtusa* (木曾)



Photo. 19 Z回旋の *Ch. obtusa*(木曾)



Photo. 20 S回旋の *Thujopsis*  
*dolabrata* (木曾)





Photo. 21 Z回旋の *Thujaopsis dolabrata*  
(別所)

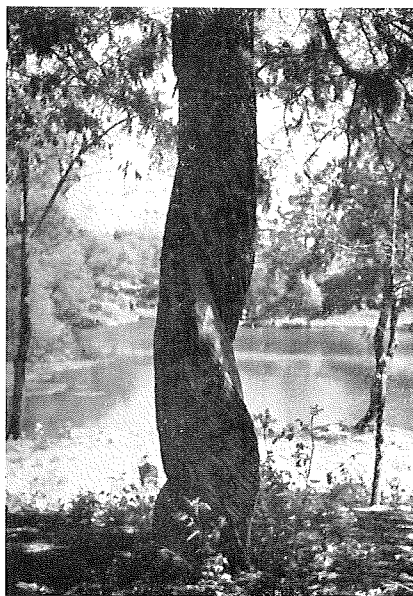


Photo. 22 S回旋の *Juniperus chinensis*  
(北京天壇) 貴島氏原図



Photo. 23 S回旋の *Juniperus chinensis*  
(上田市)



Photo. 24 Z回旋の *Cryptomeria  
Japonica* (秋田)

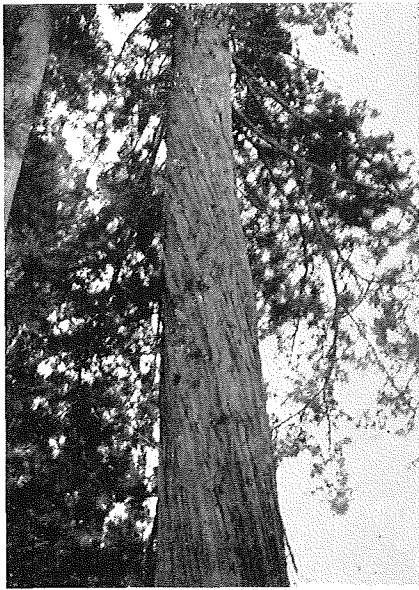


Photo. 25 S回旋する *Sciadopitys verticillata*  
(伊那市)



Photo. 26 Z回旋する *Acer* (北白川)



Photo. 27 S回旋する *ZIZYPHUS SATIVA*  
(伊那市)

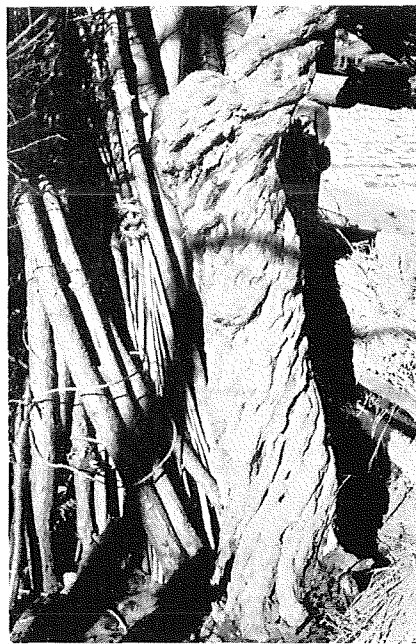


Photo. 28 *Punica Granatum* (別所)  
ひどいZ回旋の例



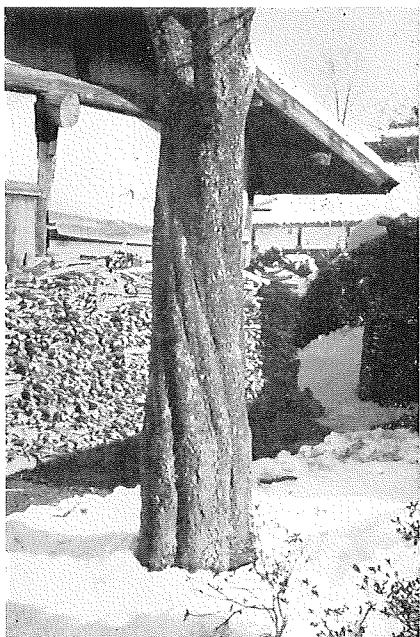


Photo. 29 S回旋する Diospyros Kaki (伊那市)

**Photo. 30**

Larix Kaempferi の稚苗のX線廻折図  
 図  
 播種32. 4. 30  
 試料採取32. 8. 4.  
 稚苗の中間部 試料厚さ0.5mm

**Photo. 31**

Larix Kaempferi の稚苗のX線  
 廻折図  
 播種 31. 4. 30  
 試料採取32. 6. 25  
 稚苗中間部  
 試料厚さ0.7mm.

Photo. 30

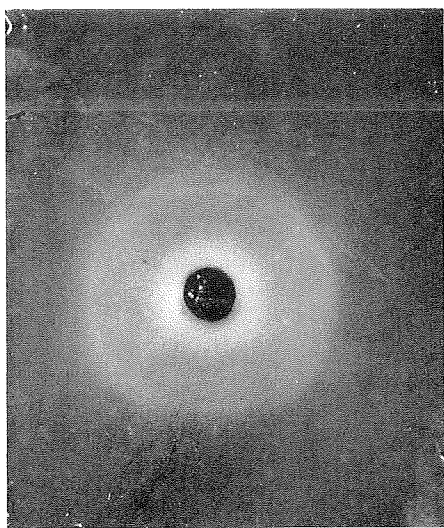
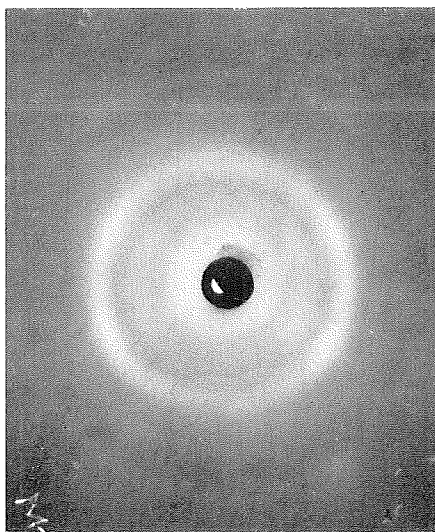


Photo. 31



信州大学農学部紀要第八号正誤表

頁	行	誤	正
Contents	Seiji O. の項	features if	features of
6	16	項芽	頂芽
"	19	Kaenrpferi	Kaempferi
7	11	採集	採取
8	5	がいがい	がい
"	9	異々	略々
10	第 4 表 中	海拔高	海拔 (高)
13	第 8 表 中	L. europaea Dc. (32 years)	L. europaea Dc. (30 years)
"	"	篠原	篠原
14	5	chlorlydrin,	chlorlhydrin,
"	6	uiny1	vinyl
"	27	著し減少	著しく減少
18	14	R. Sehober	R. Schober
20	1	of the water	of the nutrient and water
25	著者表示の項	(信州大学農学部農業工業研究室)	(信州大学農学部農業工学研究室)
"	序論 3	要素と関係は	要素も関係は
61	15	巻方 1 左右ハ	巻方ノ左右ハ
62	下から 11	直接的な因果関係	直接的な因果関係
63	19	胸高部位から	所要部位から
64	4	凡ての樹種は多少の個樹に回旋	凡ての樹種は多少共回旋
"	5	その期間には	その時期には
65	6	第一表	Table 1
68	20-22	断面高 1.0m に於て S 方向の樹種が	を削除し、同文を「樹心から 20 個の年輪数で」の前に挿入する
70	3	Table 2 表になる	Table 2 になる
72	表 中	P. Glehni の項	<u>自生</u> を挿入する
72	"	P. Thunbergii の項	<u>自生</u> を挿入する
73	"	cryptomeria japonica	Cryptomeria japonica
"	"	Cryptomeria japonica の項	<u>植栽</u> を挿入する
"	"	Sciadpitis verticilata の項	<u>自生</u> を挿入する
74	"	Thujopsis dolabrata の項 1-3	<u>植栽</u> を挿入する
"	"	" 4	<u>自生</u> を挿入する
75	20	Thuyopsis	Thujopsis
76	2	of Fwisted	of twisted
77	表中 10	Araucaryaceae	Araucariaceae
"	" 11	Kavri	Kauri
"	" 下より 3	Sinensis	sinensis
"	" 下より 11		備考欄と分布欄を入替る
84	下より 6	左右性は極めて	左右性は極めて
85	下より 6	Schwelz.	Schweiz.
87	下より 7	an "Umprehung"	An "Umprehung"
88	2	SV (20.5)	SV (20, 5)
"	10	Symmetrrical	Symmetrical
"	18	force.	forces.
"	21	Even O	Even O,
"	22	understand	understood
96	Photo. 16	Thunbergi	Thunbergii