



Title	ヤチダモの傾斜樹幹における材部の組織構造：Ⅱ．人為的屈曲と年輪内における繊維状細胞の長さの変化
Author(s)	芳村, 了一; YOSHIMURA, Ryoichi
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 33(2), 437-448
Issue Date	1976-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20968
Type	departmental bulletin paper
File Information	33(2)_P437-448.pdf



ヤチダモの傾斜樹幹における 材部の組織構造

II. 人為的屈曲と年輪内における 繊維状細胞の長さの変化*

芳村 了一**

Anatomical Structure of Wood in a Leaning Stem of
Yachi-damo, *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*

II. Fiber Length Variation within the Annual Ring formed after Artificial Bending*

By

Ryoichi YOSHIMURA**

目 次

I. 序 論	437
II. 研究方法	439
III. 研究結果と考察	439
1. 屈曲前の年輪における繊維長の年輪内変動	440
2. 屈曲後の年輪における繊維長の年輪内変動	442
IV. 結 論	444
V. 要 約	446
参考文献	447
Summary	448
写 真	

I. 序 論

筆者は第1報¹⁾で述べたように、広葉樹における傾斜刺激の木部要素細胞の分化およびその形態形成におよぼす影響を明らかにするために、傾斜状態で形成された年輪および直立状態での正常年輪の年輪構造の比較検討をおこなっている。

その際、両者の比較は個体差を除くために同一個体内でおこなうことが必要なため、樹幹に直立・通直性、その横断面に真円性のあるヤチダモ (*Fraxinus mandshurica* RUPR. var.

1976年1月31日受理

* I. 北海道大学農学部演習林研究報告30巻1号(1973)

** 岐阜大学農学部林学科 木材理学教室

Laboratory of Wood Physics, Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Gifu University.

japonica MAXIM.) を供試樹種とし、その樹幹を人為的に屈曲して傾斜させ、屈曲前・後兩年の年輪構造特にあて材側の反対側である傾斜の下側材が、正常材とみなされるかどうかの一つの主要な観点をおきながら調査を進めている。

あて材の反対側については、針葉樹についての TIMELL の報告^{13,14,15}) にもみられるように、その材部への関心が最近高まっている。

広葉樹については、筆者の報告¹⁶) のように、ヤチダモの傾斜の下側の年輪幅が屈曲前の年輪に比べて狭くなることは明らかである。また第1報¹⁹) で報告した道管径の年輪内変動でも、この側では、屈曲前の年輪の晩材部の道管径の安定域に相当する部分を欠いている事実が認められており、放射組織の形態でも屈曲前の晩材部の幅の狭い領域に相当する部分を欠いている²⁰)。

そこで本研究では、さらに繊維状細胞の長さ(以後単に繊維長と記す)について調査し、前述した道管、放射組織の結果をも含めて総合的に考察した。その成果を本報で報告する。

針葉樹のあて材部と正常材部における仮道管長については、あて材部が短いと報告されている^{7,17})。広葉樹においても種々の報告^{5,6,7,9,10,11}) があるが、しかしその結果には互いに相反している点もあり、針葉樹のような一致した見解はない。

すなわち尾中⁷) は種々の広葉樹種について、環孔材・散孔材とも傾斜の上側の繊維長が下側よりも長いと報告している。OLLINMAA も *Betula* spp.⁵), *Alnus* sp.⁶) について同様な報告をしている。

これとは異なって SACHSSE は *Fagus* sp.⁹), および *Fagus* sp., *Populus* sp., *Betula* sp.¹⁰) について、あて材部とあて材でない部分との繊維長の差はほとんどないと報告している。また SCURFIELD と WARDROP¹¹) も種々の樹種について、人為的に屈曲した苗木の上側と下側および直立の苗木の間には繊維長の差はほとんどないと報告している。

しかし HUGHES³) によると、GIOVANNI は、*Populus* sp. のあて材部の繊維長が正常材部よりも短いと報告している。

このような従来の報告にみられた不一致は、一つには、傾斜の上側あるいはあて材と比較すべき正常材のとりかたに起因していると考えられる。すなわち傾斜の下側の材部、あるいはあて材のない材部を正常材とみなしている報告が少なくない。この際、前述のように傾斜樹幹の下側の材部、あるいはあて材でない部分が単純に正常材とみなされるかどうかという問題がある。また調査した試料の年輪内における位置も重要である¹⁶)。

本実験ではこのような問題点を考慮して、前述のように屈曲直前の直立状態で形成された年輪材部を正常材とし、屈曲後の傾斜状態で形成された年輪材部との比較を同一個体内の隣接年輪でおこなった。また各材部における繊維長を精確に把握するためにその年輪内変動を調査した。

この研究は著者が北海道大学大学院在学中に実施したものであり、その実施に際し、北海

道大学農学部中川地方演習林 (林長藤原滉一郎助教授) の格別な御協力を得た。また木材理学教室石田茂雄教授には終始御懇切な御指導を頂いた。記して心から感謝の意を表する。

II. 研究方法

供試木は第1報¹⁹⁾における1号木、2号木と同じものである。第1報¹⁹⁾に述べたように北海道大学中川地方演習林において、ヤチダモの樹幹 (胸高直径5.0~5.8 cm, 樹齢15~17年) を1971年5月12日に人為的に屈曲し (地上高4 m付近に針金を巻きつけて牽引, そこでの傾斜25°前後), 同年11月9日伐採した。

供試円板を地上高1 m, 2 m, 3 mおよび4 m (牽引点の直上) で採取し, 次に傾斜の上・下両側から屈曲前・後の両年に形成された2年輪を含む小材片を切り取り, それ等からそれぞれ2年輪にわたって厚さ80 μの接線面連続切片を作成した。そのうちから各年輪内においてそれぞれ10枚の切片をほぼ等間隔にとり供試した。

切片の年輪内での位置は早材側を1, 晩材側を10として表示した (後掲の Fig. にはこの区分番号を Divisions number として表わしてある)。1および10の切片は年輪界際から採取し, その切片には隣接する年輪材部 (1では前年の晩材部, 10では翌年の早材部) が着いていないように検鏡しながら除去した。なお傾斜の下側では年輪幅が狭いため採取した切片が10枚に満たない場合があったが, その際にも最後の切片を10としその間の切片はそれに対応させてそれぞれの位置を表示した。

供試切片はジェフリー液に浸漬後, 水洗してスライドガラス上で組織の解離標本を作成した。次に標本を検鏡しながら先端の破壊されていない繊維状細胞を選別して測定した。各位置における測定本数は50本とした。

繊維状細胞の構成について, ヤチダモと同属であるシオジ材はすべて繊維状仮道管とする説¹²⁾もあるが, PANSIN *et al.*⁸⁾ は繊維状細胞としては真正木繊維のほかにも周囲仮道管があるとしている。しかし繊維状細胞の種類識別は明確には出来ないので繊維状細胞として一括して測定した。

III. 研究結果と考察

はじめに第1報¹⁹⁾に示した1・2号木の各測定地上高での傾斜の程度, 傾斜の上・下両側における年輪幅を Table 1 に再掲する。屈曲後の年輪幅は傾斜の上側ではいずれの地上高でも下側に比べて広がった。屈曲前・後の年輪幅については, 屈曲後は屈曲前よりも傾斜の上側ではほとんどの地上高で広く, 下側ではいずれの地上高でも狭くなっていた。

また第1報¹⁹⁾で述べたように横断面切片をクロラゾールブラック E の1% メチルセロソルブ溶液で染色して黒くなる材部を引張あて材としたが, それは屈曲後の年輪の傾斜の上側のみに形成されていた。

Table 1. Degree of leaning at various heights of the artificially bent stem, and width of the annual ring formed before and after bending

Test tree	Height above the ground (m)	Degree of leaning (°)	Annual ring formed before (I) and after (II) bending	Width of annual ring (mm)	
				Upper side	Lower side
No. 1	1.0	9	I	2.1	2.1
			II	2.7	0.8
	2.0	17	I	1.7	2.1
			II	3.2	0.7
	3.0	24	I	1.6	1.8
			II	3.1	0.4
	4.0	25	I	1.9	2.0
			II	3.5	0.6
No. 2	1.0	9	I	1.6	3.2
			II	2.7	2.2
	2.0	18	I	1.5	2.4
			II	2.8	0.5
	3.0	28	I	1.6	1.7
			II	1.6	0.4
	4.0	30	I	1.8	2.1
			II	1.3	0.4

This table is the same with Table 1 in the previous paper¹⁹⁾ but 1 m height of tree No. 2

1. 屈曲前の年輪における繊維長の年輪内変動

Fig. 1, Fig. 2 はそれぞれ 1 号木, 2 号木の 4 地上高について傾斜の上・下両側での屈曲の前・後両年輪における繊維長の年輪内変動を示したものである。

屈曲前の年輪における繊維長は 1 号木, 2 号木とも早材部で短く晩材部で長かった。これは広葉樹の繊維長年輪内変動の従来^{1,2,4)}の報告に一致している。

また繊維長が最短であったのは早材年輪界際の部位であった。これとは異なって最短は年輪界よりわずかに外側の部分で、年輪界際ではそれよりも長いとしている報告もある¹⁾。これは早材年輪界際の切片への前年の晩材部の混入に起因するものと考えられる。本実験におけるように、早材年輪界際の切片から前年の晩材部を除去することに十分留意すれば早材年輪界際で繊維長が最短になるものと考えられる。

晩材年輪界際では、繊維長がそのすぐ内側の部分よりもやや短くなっていた。この点については従来¹⁾の報告も同様である。

AMOS¹⁾はこの繊維長と肥大生長との関係について、*Eucalyptus* sp. における繊維長年輪内変動と木部形成経過の両者を調査し対応させた結果、早材部の最短の繊維状細胞は肥大生長の最も活発な時期に形成されたもので、最長のものは最も低下した時期に形成されたとしている。

1号木地上高2mにおけるこの屈曲前の年輪における繊維状細胞の形態を Photo 1-(1) 早材部, Photo 1-(2) 晩材部に示す。早材部における繊維状細胞は短くて太く, 先端近くが細くなっているに過ぎず, その形態から仮道管に近いと思われる。晩材部のものは長くまた先端からかなり離れた部分から細くなっており, 木部繊維に近いと思われる。

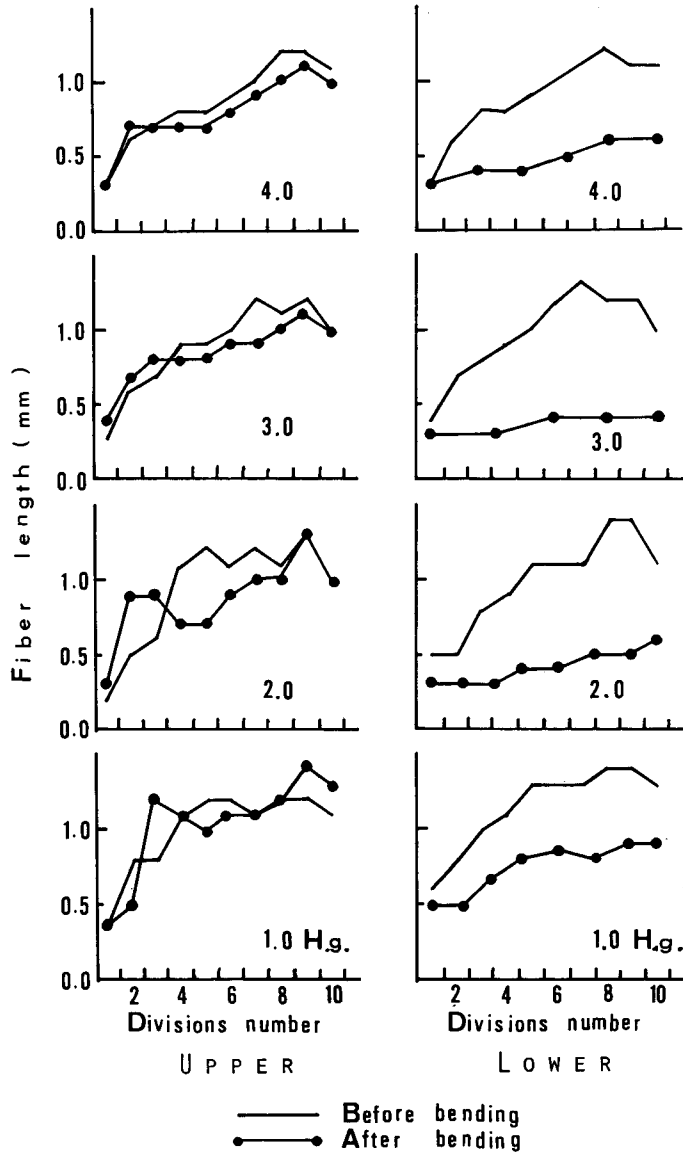


Fig. 1. Fiber length variation within the annual ring both on the upper and lower sides before and after bending (Tree No. 1)

Note: Divisions number: one annual ring was equally divided into 10 divisions, from each of which one section was taken
 H. g.: Height above the ground (m)

2. 屈曲後の年輪における繊維長の年輪内変動

屈曲後の年輪幅が屈曲前に比べて広がっていた傾斜の上側では1号木、2号木とも早材部では短くて晩材部では長かった。早材年輪界際では繊維長が最短になっており、また晩材年輪界際ではそのすぐ内側の部分よりもやや短くなっていた。これ等の傾向は屈曲前の年輪における繊維長の年輪内変動と同様である。

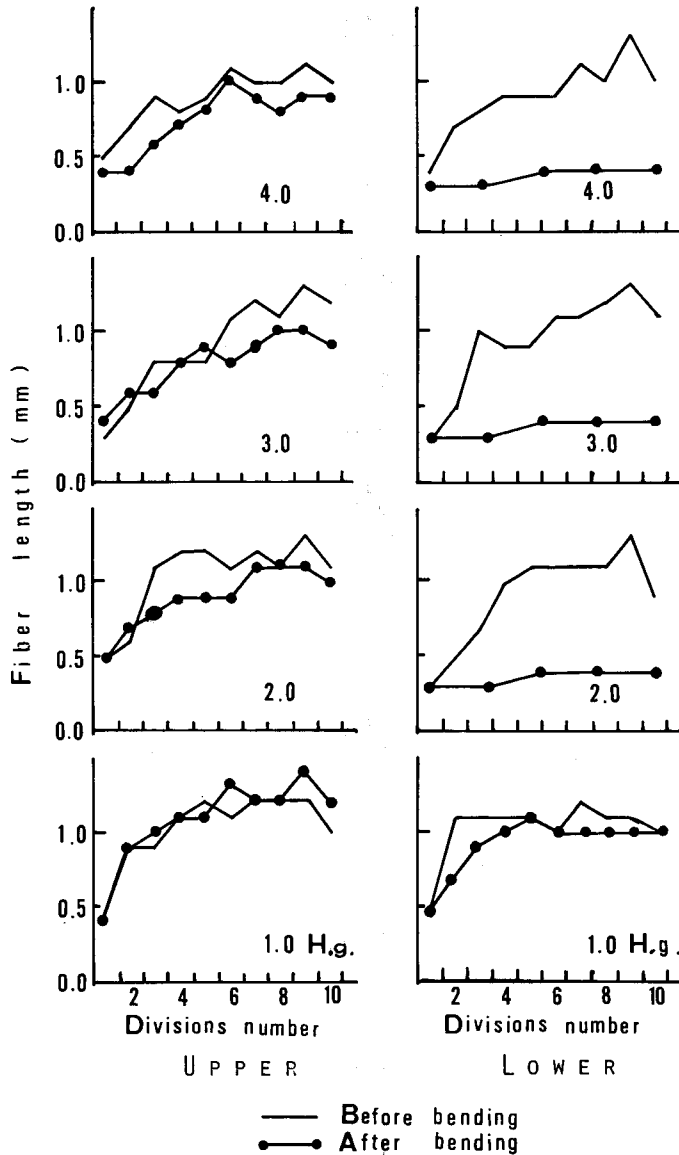


Fig. 2. Fiber length variation within the annual ring both on the upper and lower sides before and after bending (Tree No. 2)

Note: Divisions number and H.g. mean the same as that in Fig. 1

しかしこの上側の繊維長は Fig. 1, 2 に示すように早材年輪界付近を除いて屈曲前よりも短くなる傾向がみられた。またこの傾向は一番低い地上高では著しくはなかった。これはこの地上高では傾斜の程度が大きくなかったためと考えられる。

Photo 2 は 1 号木・2 m における傾斜の上側の年輪の中央部における繊維状細胞を示したものであるが、その部位からみてゼラチン繊維と思われる。それは屈曲前の年輪の晩材部のものよりもややずんぐりしている。

屈曲後の年輪幅が屈曲前よりも狭くなっていた傾斜の下側では 1 号木, 2 号木とも繊維長が早材年輪界際では最短であった。これは屈曲前と同様であるが、しかし年輪の外側においても長さの増大が微弱で、この傾向が傾斜の下側の材部にとって特徴的である。

傾斜の下側の年輪の最外側の繊維長と年輪幅の関係についてみると、年輪幅が 2.0 mm とかなり広がった 2 号木・1 m では、繊維長が 1.0 mm と屈曲前のものに近かったが、0.8 mm および 0.7 mm であった 1 号木・1 m および 2 m ではそれが 0.8 mm および 0.6 mm となり、年輪幅が 0.5 mm 以下になっていた地上高では、両供試木とも長さも 0.4 mm とさらに短くなっていた。

このように傾斜の下側の年輪幅が狭くなるほど年輪の外側の繊維長が短くなる傾向は、この側では屈曲前の年輪の晩材部の繊維長の長い領域が欠けていることを示すものと思われる。

またこの傾向は一番低い地上高では著しくなかった。これはこの地上高では傾斜の程度が大きくなかったためと考えられる。

1 号木・2 m におけるこの傾斜の下側の年輪における繊維状細胞を Photo 3-(1) 年輪の内側, (2) 年輪の外側に示す。(2) に示す細胞は (1) のものよりもやや長いそれに近い形態を示している。

Fig. 1 および Fig. 2 から明らかなように、傾斜の上側の繊維長が下側よりも長くなっていた。この傾向は自然傾斜木における尾中⁷⁾ および OLLINMAA^{5,6)} の報告と一致している。しかしここでは、この下側の年輪の繊維長が屈曲前のものよりも明らかに短くなっているという事が重要なのである。

前述のようにこの傾斜の下側材部では繊維長の年輪内変動がきわめて特異的であるが、このような傾向が屈曲樹幹に特有なものであるのかどうか問題である。この点を明らかにするために、年輪幅が傾斜の下側年輪にほぼ等しい直立樹幹 (3 号木とする) での年輪についてその繊維長の年輪内変動を調査した。

この 3 号木は胸高直径約 3 cm, 樹齢 16 年であり、地上高 1 m, 2 m, 3 m および 4 m における外側から 2 番目の年輪を供試した。供試年輪の年輪幅を Table 2 に示す。このようにこの 3 号木における各地上高の年輪幅は 1 号木, 2 号木の対応する地上高の傾斜の下側の年輪のそれにほぼ近く、またその形成層年齢もほぼ等しかった。

Fig. 3 はこの 3 号木における 4 地上高の繊維長の年輪内変動を示したものである。繊維長

Table 2. Width of the annual ring in the normal stem (control) of which ring width nearly equal to the annual ring at the lower side of tree No. 1

Test tree	Height above the ground (m)	Width of the annual ring (mm)
No. 3	1.0	0.5
	2.0	0.5
	3.0	0.5
	4.0	0.6

はいずれの地上高でも早材年輪界際では短かく、年輪の外側では長くなっており1号木、2号木の屈曲前の晩材部のものに近づいていた。

Photo 4はこの3号木の地上高2 mでの年輪の外側部位の繊維状細胞の形態を示しているが、長くて先端から離れた部分から細くなっており1号木、2号木の屈曲前の晩材部における繊維状細胞に類似している。

上述したように、直立樹幹ではたとえその年輪幅が狭くなっていても、その繊維長の年輪内変動の傾向は年輪幅がそれより広い1、2号木の屈曲前の年輪のものとはほぼ同様であり、晩材部の繊維長の長い領域をもっている。したがって、屈曲樹幹の傾斜の下側の狭い年輪において、繊維長の年輪内変動の傾向が屈曲前とは著しく相違し、特に屈曲前の年輪の晩材部の繊維長の長い領域を欠いているという事実は、屈曲樹幹特有な現象であり、これは傾斜刺激による影響と考えなければならぬ。

IV. 結 論

まず屈曲前の年輪、屈曲後の年輪の上側、下側とも早材年輪界際では繊維長は最短であって、晩材年輪界際では後述する傾斜の下側を除いてそのすぐ内側よりも短くなっていた。

本実験では年輪界際の切片から隣接する年輪の材部は注意深く除去してあり、特に屈曲後の年輪は、最外側年輪であり晩材部年輪界際の切片に隣接する年輪の早材部が混入することはありえない。したがって傾斜の下側の年輪を除いて、晩材部年輪界際では本来的に繊維長が短

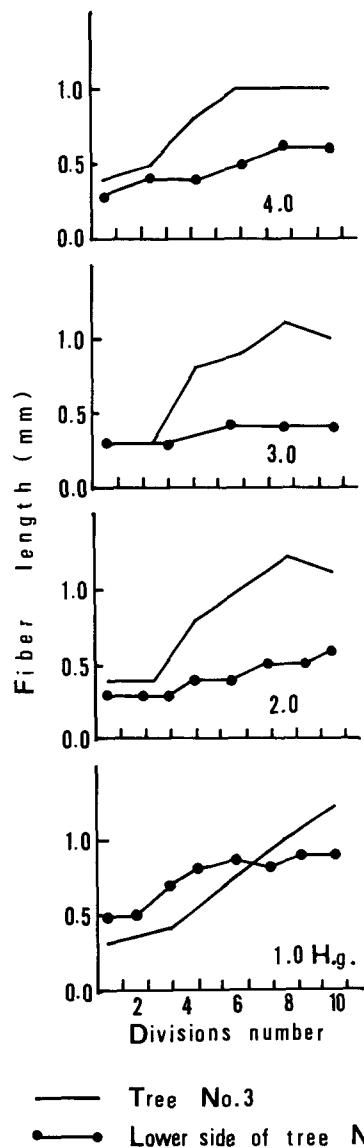


Fig. 3. Fiber length variation within the annual ring (Tree No. 3), for comparing with that within the ring in the lower side after bending of Tree No. 1

くなる傾向があると考えられる。これは生長終期の特異な材形成によるものと思われる。

次に、前述した屈曲前・後における年輪幅変化と繊維長年輪内変動の関係をまとめると Fig. 4 のようになる。これは Fig. 1 の 1 号木・2 m および Fig. 3 の 3 号木・2 m の繊維長の年輪内変動を、横軸に年輪内位置を実距離にとって表示したものである。

屈曲後の年輪幅が狭くなっていた傾斜の下側の年輪では屈曲前の年輪、屈曲後の上側の年

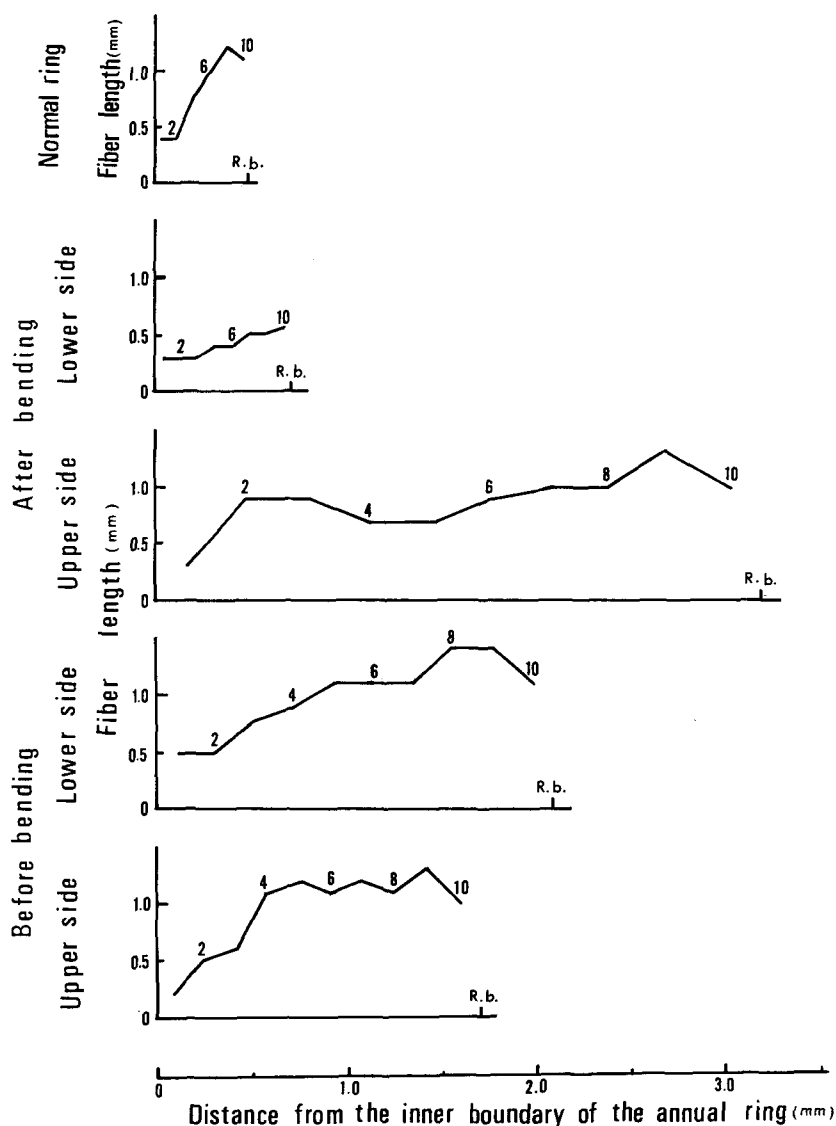


Fig. 4. Fiber length variation within the annual ring

Note: Before and after bending; at 2 meter height of Tree No. 1
 Normal ring; control, at 2 meter height of Tree No. 3
 1, 2, ..., 10; Number of divisions within the annual ring
 R. B.; Ring boundary

輪と異なって、繊維長の長い領域を欠いていた。第1報¹⁹⁾で報告した道管径年輪内変動についても屈曲前の年輪の晩材部の道管径の安定域に相当する部分を欠いていた。このような傾向は放射組織の形態についても認められる²⁰⁾。

このように傾斜の下側の年輪では繊維長、道管径、放射組織の形態のいずれの場合でも屈曲前の年輪の晩材部に相当する部分を欠いている。

またこの年輪では外側の年輪界際で繊維長が短くなる傾向はみられなかった。これは年輪幅の割合に切片が厚いことにも関係しているかとも思われるが、屈曲前の年輪の年輪界際に相当する部分が形成されていないということも考えてみなければならない。

以上総合すると、傾斜の下側の年輪では屈曲前の年輪の晩材部に相当する部分が形成されず、形成層の分裂が早期に休止するのではないかとも思われる。

そこで、筆者が第1報¹⁹⁾でも述べたように、本研究の供試木の設定と同時に、傾斜樹幹における木部形成の季節的経過を調査するために、他に4本の供試木を屈曲して6月から9月までに1本ずつ伐採して観察したのであるが、間隔が長かったためか上述のことを確認することは出来なかった。なお今後の検討を要する。

直立樹幹における狭い年輪ではこれと異なって、繊維長の長い領域をもっていたことを考慮すると、このような傾斜の下側の年輪における木部形成の特異性は屈曲樹幹に特有であり、これは傾斜刺激の影響によるものと考えられる。

屈曲後の年輪幅が屈曲前よりも広がっていた傾斜の上側の年輪では、繊維長が屈曲前よりも短くなっていた。このことは前述した繊維長と肥大生長との関係についての AMOS の説¹⁾で説明出来る。しかし屈曲後の年輪幅が屈曲前よりも広がっていなかった2号木・4mでも屈曲後の繊維長は同様に短くなっていたので、傾斜樹幹では AMOS の説¹⁾ではなお説明出来ない特有な傾向もあると考えられる。

この繊維長が屈曲後短くなっていた傾斜の上側には引張あて材が形成されており、針葉樹においても仮道管長が圧縮あて材側では短くなっている。したがって、あて材側はその部位は針葉樹、広葉樹では互いに相反しているとはいえ、繊維状細胞の長さはともに短くなるといえる。

V. 要 約

1. 広葉樹傾斜樹幹での繊維長についての従来の見解の不一致を解決し、それに対する傾斜刺激の影響を明らかにするために、人為的に屈曲したヤチダモ (*Fraxinus mandshurica* RUPR. var. MAXIM.) の樹幹の傾斜の上・下両側における屈曲前・後の両年輪での繊維長の年輪内変動を調査した。

2. 屈曲前の年輪での繊維長は早材部で短くて晩材部で長かった。早材年輪界際では長さが最短であった (Fig. 1, Fig. 2)。

3. 傾斜の上側の繊維長は下側よりも長かった (Fig. 1, Fig. 2)。
4. 屈曲後の年輪幅が屈曲前よりも広がっていた傾斜の上側の繊維長は、全体として屈曲後は屈曲前よりも短くなっていた (Fig. 1, Fig. 2)。このように広葉樹においても針葉樹と同様に材側の繊維長が短くなっている。
5. 屈曲後の年輪幅が屈曲前よりも狭くなっていた傾斜の下側では、繊維長が年輪の外側でも短く、屈曲前の年輪の晩材部の繊維長の長い領域に相当する部分が欠けていた (Fig. 1, Fig. 2)。
6. しかし屈曲樹幹の傾斜の下側年輪と等しい年輪幅の直立樹幹の年輪では、広い年輪と同様、晩材部の繊維長の長い領域をもっていた (Fig. 3)。
7. したがって、屈曲樹幹の傾斜の下側年輪にみられる晩材部の繊維長の長い領域を欠くという事実は屈曲樹幹特有な現象であり、これは傾斜刺激による影響と考えられる。

参 考 文 献

- 1) AMOS, G. L., BISSET, I. J. W. and DADSWELL, H. E. (1950): Wood structure in relation to growth in *Eucalyptus gigantea* HOOK. F.. Aust. J. Sci. Res. **B3**, 393-416.
- 2) BISSET, I. J. W., DADSWELL, H. E. and AMOS, G. L. (1950): Changes in fiber length within one growth ring of certain angiosperms. Nature **165**, 348-349.
- 3) HUGHES, F. E. (1965): Tension wood. A review of literature. Forestry Abstracts **26** (1), 2-9.
- 4) LIESE, W. und AMMER, U. (1957): Untersuchungen über die Länge der Holzfaser bei der Pappel. Holzforschung **11**, 196-174.
- 5) OLLINMAA, P. J. (1956): On the anatomic structure and properties of the tension wood in birch. Acta. For. Fenn. **64** (3), 1-263 (In Finnish with English summary).
- 6) ————— (1961): Study on reaction wood. Acta. For. Fenn. **72** (1), 1-54 (In Finnish with English summary).
- 7) 尾中文彦 (1949): アテの研究. 木材研究, 第1号, 1-88.
- 8) PANSIN, A. J. and de ZEEUW, C. (1970): Textbook of wood technology. Third Ed. McGraw-Hill Book Co.
- 9) SACHSSE, H. (1961): Anteil und Verteilungsart von Richtgewebe im Holz der Rotbuche. Holz als Roh- und Werkstoff **19** (7), 253-259.
- 10) ————— (1965): Untersuchungen über Eigenschaften und Funktionsweise des Zugholzes der Laubbäume.
- 11) SCURFIELD, G. and WARDROP, A. B. (1962): The nature of reaction wood. VI. The reaction anatomy of seedlings of woody perennials. Aust. J. Bot. **10** (2), 93-105.
- 12) 島地 謙 (1964): 木材解剖図説, 地球出版株式会社.
- 13) TIMELL, T. E. (1973 a): Studies on opposite wood in conifers. I. Chemical composition. Wood Sci. Technol. **7**, 1-5.
- 14) ————— (1973 b): Studies on opposite wood in conifers. II. Histology and ultrastructure. Wood Sci. Technol. **7**, 79-91.
- 15) ————— (1973 c): Studies on opposite wood in conifers. III. Distribution of lignin. Wood Sci. Technol. **7**, 163-172.
- 16) WARDROP, A. B. (1964): The reaction anatomy of arborescent angiosperms. In "The formation of wood in forest trees" (Ed. M. H. ZIMMERMANN) Academic Press Inc.
- 17) ————— and DADSWELL, H. E. (1950): The nature of reaction wood. II. The cell wall organization of compression wood tracheids. Aust. J. Sci. Res. **B3**, 1-13.

- 18) 芳村了一・石田茂雄 (1970): あて材形成の実験的研究. (第1報) ヤチダモ小径樹幹における傾斜と偏心生長ならびに引張あて材の形成. 日本木材学会北海道支部講演集, 第2号, 24-26.
- 19) ————— (1973): ヤチダモの傾斜樹幹における材部の組織構造. I. 人為的屈曲と道管の形態・分布. 北海道大学農学部演習林研究報告, 30 (1), 163-182.
- 20) —————: ヤチダモの傾斜樹幹における材部の組織構造. IV. 人為的屈曲と放射組織の形態・分布, (未発表).

Summary

1. A tree of Yachi-damo, *Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM., grown in normal condition, was artificially bent before initiation of the annual growth. For the purpose of explanation of the conflicting observation concerning the relative length of tension-wood and normal fibers, fiber length variation within the annual ring formed after bending, was compared with that before bending, both on the upper and lower sides.

2. Width of the annual ring was wider on the upper side than the lower after bending, and wider after bending than before on the upper side, but narrower after bending on the lower side (Table 1). Tension wood was recognized only on the upper side in the annual ring after bending.

3. On the upper side in the annual ring after bending, the length of earlywood fibers was shorter than that of latewood, like as in the annual ring before bending. But on the average, the length of fibers was shorter after bending than before bending (Figs. 1 and 2). This is seemed to be related to rapid growth on this side after bending. The shortest fibers were found to be formed at the beginning of the ring.

4. On the lower side in the annual ring after bending, the length of the fibers was shortest at the beginning of the annual ring, like as before bending. But the region where the longer fibers were formed within the annual ring before bending failed to be formed on the lower side after bending (Fig. 1 and 2).

5. The region of longer fibers which was observed within the narrow annual ring in the normal stem corresponding to the annual ring on the lower side after bending in its width, however, was found to fail in the latter.

6. Lack of the region of longer fibers seems to be caused by leaning itself of the stem.

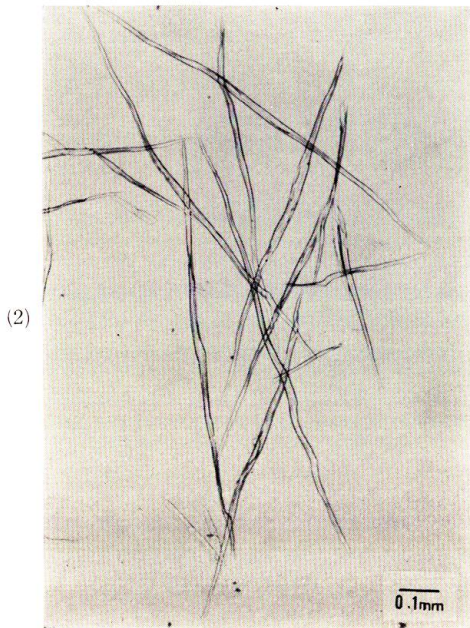
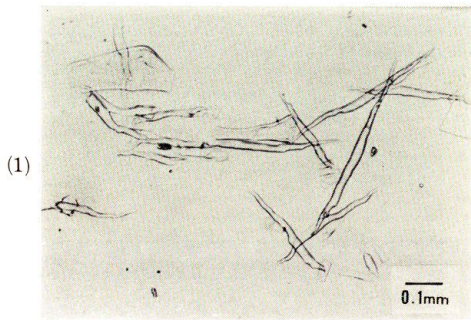


Photo 1. Fibers in the annual ring before bending

- (1) Earlywood
- (2) Latewood

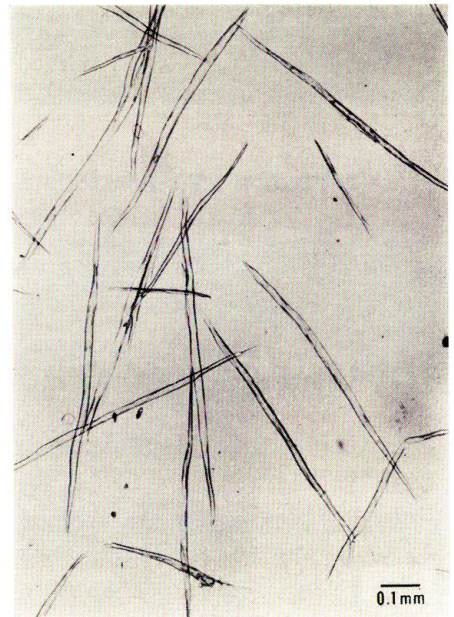
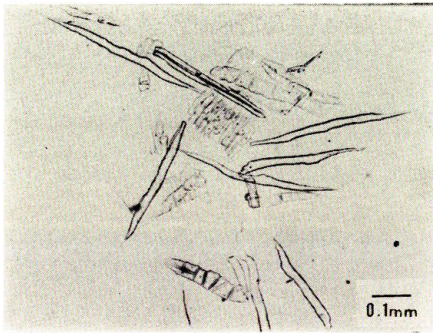
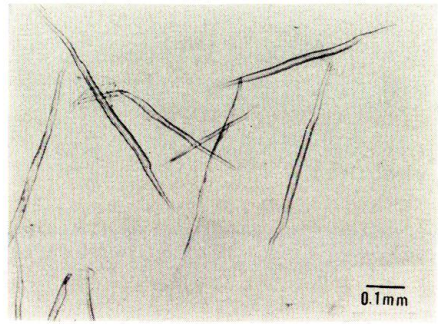


Photo 2. Gelatinous fibers in the annual ring at the upper side after bending



(1)



(2)

Photo 3. Fibers in the annual ring at the lower side after bending
(1) Initial (2) Terminal

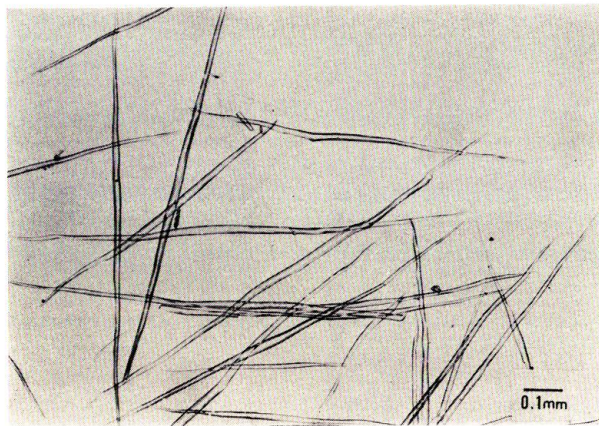


Photo 4. Fibers in the latewood in the annual ring in the normal stem (control) of which ring width is nearly equal to the annual ring at the lower side of Tree No. 1