

# 昭和56年台風15号によるカラマツ風害木の 材質調査

飯田 信男 堀江 秀夫<sup>\*1</sup>  
長谷川 雅浩<sup>\*1</sup> 高橋 政治  
川口 信隆 滝沢 忠昭<sup>\*2</sup>

## The Qualities of Larch Trees Damaged by Typhoon No.15 in 1981

Nobuo IIDA Hideo HORIE  
Masahiro HASEGAWA Masaji TAKAHASHI  
Nobutaka KAWAGUCHI Tadaaki TAKIZAWA

Studies were made on the wood qualities of Larch trees damaged by Typhoon No.15 in 1981. The results are summarized as follows :

- 1 . Visible damages such as compression failures and splittings by tension were not observed at all . But with all the trees , a number of whity spots were recognized on the planed surface of the wood taken from their leeward side .
- 2 . As a result of microscopic observation , it was found that there were a number of initial failures such as slip planes and minute compression failures .
- 3 . The modulus of elasticity of the damaged Larch trees in green was found to be rather small , but as a whole their mechanical properties were almost the same With those of other non-damaged trees of the same species .

今回の台風により被害を受けたカラマツ造林木の材質調査を行った。得られた結果を要約すると以下のとおりである。

- 1 . 圧縮もめ、引張りによる繊維破断等の明瞭な欠点は全く観察されなかった。しかし、すべての立木について、その風下側の鉋削後の材面に白色斑状の部分が観察された。
- 2 . 顕微鏡観察の結果、風害木には、slip plane , minute compression failure等の初期的な破壊状態が観察された。
- 3 . 生材時における風害木のヤング係数は多少低い傾向が認められたが、総合的には、他の健全なカラマツ材とほぼ同等と考えられる。

### 1 . はじめに

昭和56年8月23日に本道を襲った台風15号は、昭和29年洞爺丸台風にくらべて大きな森林被害をもたらした。昭和29年当時とは、大きく森林事情の異なる昨今、この台風によって最も甚大な被害を受けたのは、カラマ

ツ造林地であった。特に民有林のカラマツ造林地に被害が集中し、その被害面積は 14,000 ha、被害材積は 120万m<sup>3</sup>と莫大なものであった。

今回の調査は、台風15号により被害を受けたカラマツ造林木の、材質上の被害状況を明らかにすることを

目的として行われた。そして、結果については既に、日本木材学会北海道支部大会（昭和56年11月、札幌市）で発表しているの、本報告では同発表会講演集<sup>1)</sup>で触れなかった、いくつかの点について報告する。

2. 試験方法

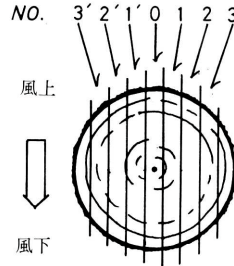
今回の台風により甚大な被害を受けた上川郡美瑛町置杵牛の林分のうち、特に被害の大きかった林分（第1図参照）より試料を採取した。採取にあたって、設定範囲内の風害木を第2図に示すように6つの被害タイプに分類した。それぞれの被害タイプより3~5本の供試木を選定し、それらより材長4mの丸太を3番玉まで採取した。また、丸太には、その木口に風向を印し、その後の試験に供した。

2.1 肉眼による風害木製材の観察

第2図に示したA~Fの各被害タイプについて、各々2本（Eタイプのみ1本）の立木を供試材とし、板厚2cmで製材し、得られた板材を鉋削後、材面に現



第1図 激害地の概況



第3図 木取り図

れる損傷を肉眼で観察した（第3図参照）。

2.2 顕微鏡による木材組織の観察

製材された板材のうち、中央の柱目板（No. 0, 第3図参照）について、地上高約2mの部分より外周部から髓まで連続して柱目面の切片を採取し、直交ニコル下で観察を行った。また、切片採取時における損傷も考えられたので、比較のため、健全な他のカラマツ材からも同様に切片の採取を行い、そのような損傷がないことを確認して、観察を行った。

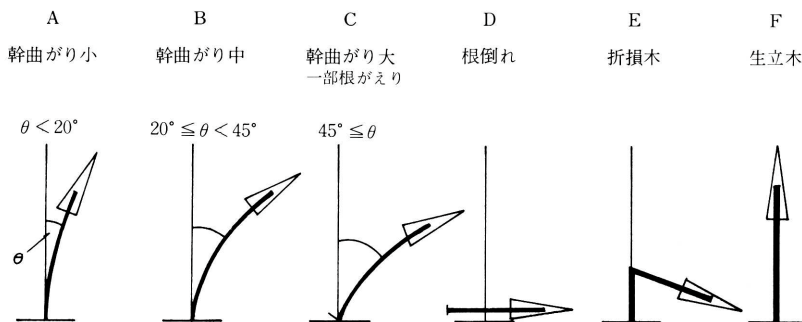
2.3 風害木の強度性能の調査

2.3.1 無欠点小試片による試験

A~Fの各被害タイプについて、製材された柱目板の風上側、風下側部分から各2~3本の無欠点小試片（2×2×32cm）を採取し、生材および乾燥状態で、スパン28cm、中央集中荷重方式により曲げ試験を行った。

2.3.2 正角材・丸太による試験

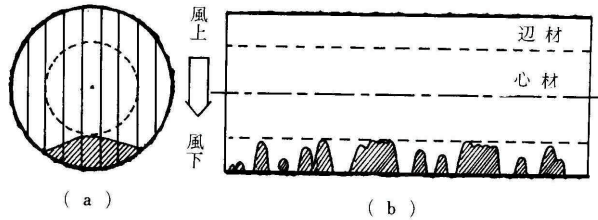
A~Fの各タイプから立木1本を供試材とし、玉切りされた丸太から、なるべく大きな断面の心持材1本を木取る方法で、10.5cm角、8.5cm角、7.2cm角の正角材を製材した。これらは柱材、ダンネージ材を想定



第2図 林木の被害タイプ

したものである。これらの材について生材の状態でスパン180cm, 3等分点4点荷重方式(10.5cm角では, スパン 300cm, 中央集中荷重方式)により, 曲げ試験を行った。

また, B・Cのタイプについては, 各々1本の立木を供試材として, それらより木取られた丸太各々3本について, スパン 300cmの中央集中荷重方式により曲げ試験を行った。なお, 丸太を円形等断面の梁として強度性能を算出し



第4図 白色斑の出現状況

### 3. 結果と考察

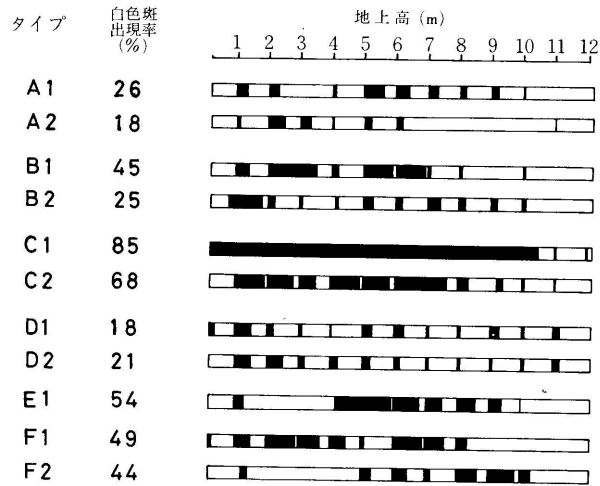
#### 3.1 肉眼による風害木製材の観察

観察の結果, すべての被害タイプの立木で圧縮もめ, 引張りによる繊維の破断等の明瞭な損傷はまったく見られなかった。一方, 昭和29年洞爺丸台風による風害木について宮島が調査を行っているが, この時もカラマツ, ストローブマツ等の造林木では, 圧縮もめ等の明らかな損傷が観察されなかったことを報告している<sup>2)</sup>。中小径木の風害後の材質調査については, 宮島らの報告の外, ほとんど例がないので一概には

言えないが, 中小径木では, 圧縮もめ等の明瞭な欠点は発生し難いものと思われる。

しかし, 今回の調査では, すべての立木において, 風下側の辺材部分に白色斑(軸方向; 3~10cm, 半径方向; 2~4cm)が観察された。第4図(b)に柱目面に出現した白色斑の模式図を示す。接線方向における, 白色斑の大きさは, 第3図に示す木取り方法では直接測定されないが, ほとんどのタイプで, No.2'~0~2の板材に観察されたので, 白色斑の部分を木口面で図示すれば, 第4図(a)に示されるように分布していると思われる。

第5図は, 各タイプの立木2本(Eタイプのみ1本)の中央の柱目板に出現した白色斑の出現状況と出現率を示している。この出現率とは, 樹高方向1mごとに, 出現した白色斑の累計長さを百分率で示したものである。なお, その平均値も合わせて示した。各立木において広範囲に白色斑が観察されたが, C



第5図 白色斑出現状況およびその出現率

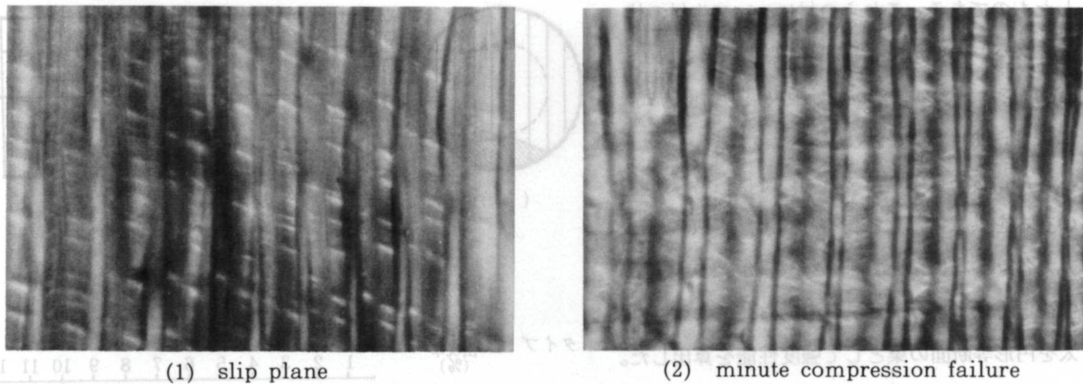
タイプの幹曲がり大の立木において, 白色斑が特に顕著であった。また, Dタイプで白色斑が少なかったのは, 根倒れ後においては, 風の影響を受けなかったためとも考えられる。

これらの白色斑は材面を鉋削しないと観察されないが, 鉋削すれば容易に観察することができる。また, 材面がある程度乾燥してしまうと, 再び観察不可能になる。このことから, これらの白色斑は, 組織的な損傷というよりも, むしろ風の衝撃により, 材中の水分状態が変化するために観察される現象ではないかと思われるが, 推測の域を出ない。

しかしながら, これらの白色斑が, 組織の損傷とは全くかわりがないとは考え難いので, 無欠点小試片による曲げ試験では, これらの影響についても調査することにした。

#### 3.2 顕微鏡による木材組織の観察

立木の風上側・風下側とも髄附近にまで, 第6図で



第6図 被害部の偏光顕微鏡写真 (×200)

示されるような、破壊の前駆現象である slip plane (以下 s.p. とする) や、微小な破壊状態である minute compression failure (以下 m.c.f. とする) 等が観察された<sup>3)</sup>。これらの現象は一年輪内では早材部よりも晩材部で顕著に観察された。一方、早材部においては、細胞壁にシワ状の変形を残している部分が、半径方向に連なっているのが観察された。しかし、早材部における損傷は十分に把握できなかったため、主に晩材部の s.p., m.c.f. について観察を行った。

半径方向における s.p., m.c.f. の出現状況の一例を第7図に示す。同図より、風上側・風下側とも広範囲に s.p., m.c.f. が出現しているのがわかる。また m.c.f. は特に風下側で多く見られる傾向がある。

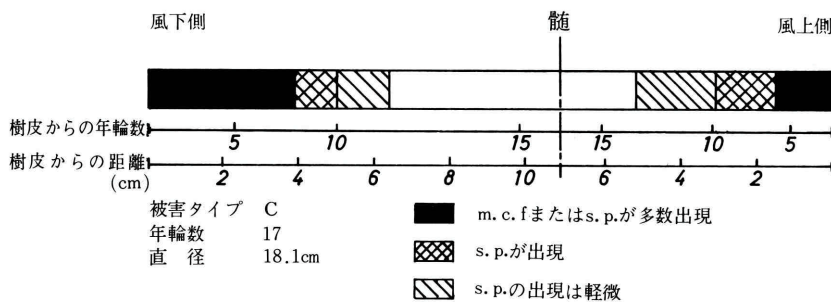
一方、暴風はくりかえしのある衝撃荷重と考えられ、瞬間的に風が弱まったり、止まると、立木がはねもどり風向とは逆の曲げが作用すると考えられる。その影響で風上側に s.p., m.c.f. 発生することは十分に考

えられる。

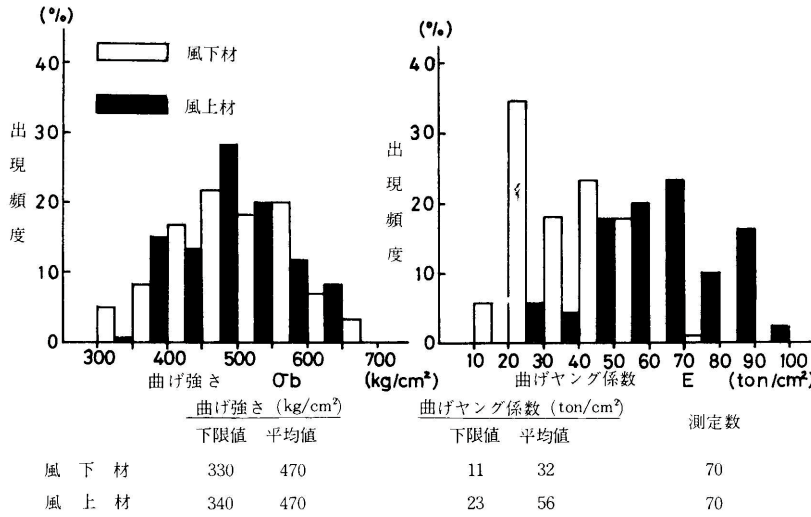
また、顕微鏡観察の結果からは、s.p. や m.c.f. など、肉眼により観察された白色斑との間には、顕著な関係は認められず、白色斑の存在の有無にかかわらず、s.p., m.c.f. は散在している。

一方 s.p. や m.c.f. などの現象が、どの程度の荷重レベルで、またどの程度のくり返しを受けた後に出現するのかは定かではないが、このことについては、北原らが走査型電子顕微鏡を使用して気乾材について試験を行っている<sup>4)</sup>。その報告によれば、荷重レベルが低い場合でも、くり返し数が多ければ圧縮側の早材部細胞壁に顕著な変形が現れること、及び晩材部細胞壁における顕著な変形は、かなり高い荷重レベルにおいて初めて確認されること、等を報告している。

しかし、生材の状態で木材が荷重を受ける場合には、これとは多少異なるものと思われる。つまり気乾時に比べて高含水率時には、早材部細胞壁は非常に柔軟性



第7図 半径方向における slip plane (s.p.), minute compression failure (m.c.f.) の出現状況



第8図 無欠点小試片(生材)の曲げ試験結果

があり、荷重を受けても、損傷等の残留変形は起りにくいものと思われる。今回の実験では、早材部細胞壁における損傷は十分に観察されなかったのであるが、これには早材部細胞壁が薄く、損傷状態が把握しにくかったこと他に、上述のようなことも影響しているものと思われる。

### 3.3 風害木の強度性能

#### 3.3.1 無欠点小試片による試験

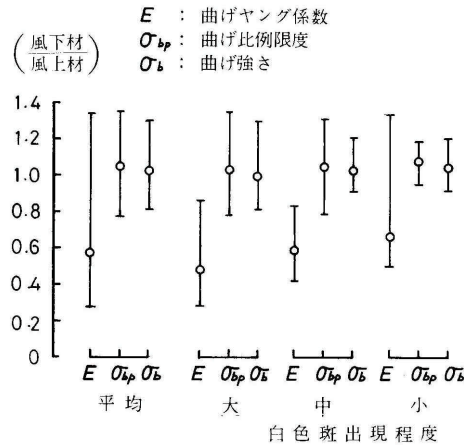
まず、生材時における曲げ試験結果について報告する。第8図に、風上側・風下側より採取した無欠点小試片(以下、各々を風上材・風下材とする)の曲げ強さ及び曲げヤング係数の分布状況を示す。

曲げ強さに関しては、風上材・風下材ともその分布にはほとんど差はなく、両者の平均値は 470kg/cm<sup>2</sup>である。

ところが、曲げヤング係数については、風上材と風下材の分布は大きく異なることがわかる。風上材の曲げヤング係数の平均値が 56 ton/cm<sup>2</sup>であるのに対して、風下材は 32 ton/cm<sup>2</sup>であり、風上材に比べて、約 4 割程度低い値である。また、年輪幅については、風上材・風下材とも、平均 6.2 mmであり、年輪幅の影響はほとんどないものと思われる。

このように、風下材の曲げヤング係数が低いのは、肉眼にて観察された白色斑や s. p., m. c. f. 等の組織

的な損傷が影響しているためと思われる。次に白色斑が材質に与える影響を調べるために、白色斑の特に集中している部分(白色斑出現程度;大),白色斑が散在している部分(同;中),白色斑がほとんど見られない部分(同;小)の風上側・風下側から無欠点小試片を採取し、曲げ試験を行った。その結果を第9図に示す。第9図では、白色斑の出現程度別に、風上材に対する風下材の各強度性能の比較値を示している。第9図より、曲げ強さ、曲げ比例限度に対しては、白色斑の影響はみられず、風上材・風下材ともほぼ同等であることがわかる。一方、曲げヤング係数に対しては、白色斑の出現程度が高いほど、風下材の曲げヤング係



第9図 風上材に対する風下材の強度性能の比較

数の低下が大きいことがわかる。このことにより、今回観察されたこのような白色斑は、損傷部位と考えられ、特に曲げヤング係数の低減をまねくことがわかった。

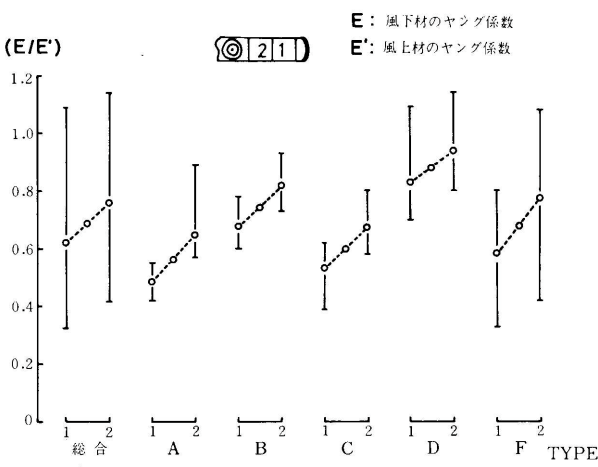
第10図では、被害のタイプ別に、風上材に対する風下材の曲げヤング係数の比を示している。各タイプで、1, 2 に分けて図示したが、1 は外側の試験体、2 は内側の試験体について比較を行ったものである。この図より、被害タイプ別では、Dタイプで最も曲げヤング係数の低減が小さく、また他のタイプでは、ほとんど差のないことがわかる。Dタイプで特にヤング係数の低減が小さかったということと、このタイプの立木では白色斑が非常に少なかったことは一定の関連性

があると思われる。

また、同図より、風下側の樹皮に近い部分でより曲げヤング係数が低下していることがわかる。このことは、風下側外周部で特に m. c. f. が多かったことが影響しているものと思われる。

一方、曲げ比例限度、曲げ強さについては、被害タイプによる差は明らかではなかった。

以上、生材時における曲げ試験の結果について述べてきたが、気乾材についてもほぼ同様に曲げ試験を行った。時間的制約があったために、試験材は望ましい条件では乾燥することができず、室内にて48時間放置後、25~30 で48時間乾燥し、24時間室内にて養生したものである。平均含水率は8%と、過乾燥の状態

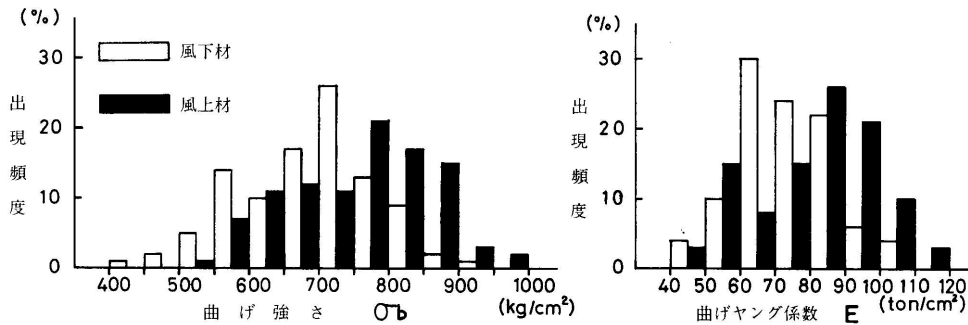


第10図 タイプによる曲げヤング係数の低減率

あった。第11図に、それらの材の曲げ強さ、曲げヤング係数の分布状況を示す。

曲げ強さについては、生材時にはまったく差が見られなかったが、気乾材では、風上材の平均  $730\text{kg/cm}^2$ 、風下材の平均  $665\text{kg/cm}^2$  であり、風上材に比べて風下材は約1割程度低くなっている。2つの分布の平均値の差は危険率5%で有意であるが、その差はあまり大きなものではない。

また、曲げヤング係数に関しては、生材時では、風上材に比べて風下材は約4割程度低かったが、気乾材では、風上材の平均値が  $76\text{ton/cm}^2$ 、



	曲げ強さ (kg/cm <sup>2</sup> )		曲げヤング係数 (ton/cm <sup>2</sup> )		測定数
	下限値	平均値	下限値	平均値	
風下材	500	665	37	68	80
風上材	560	730	43	76	80

第11図 無欠点小試片(乾燥材)の曲げ試験結果

風下材のそれが 68ton/cm<sup>2</sup>であり、風上材は風下材に比べて約 1割程度低くなっている。また、両者の平均値の差も危険率5%で有意であった。

なお、気乾状態では白色斑の出現程度、及び被害タイプごとによる差は確認されなかった。以上のように気乾材では、生材時にみられた、風下材の曲げヤング係数の極端な低減は確認されず、大まかには風下材は風上材に比べて、多少その材質は劣るが大差はないと言えるだろう。しかしながら、生材状態と気乾状態では、なぜこのように試験結果が異なるのか、その原因は明らかではなく、今後の試験によって解明しなければならない。

### 3.3.2 正角材・丸太による試験

試験に際して、各丸太の風害による曲がり、および丸太自身の曲がりを測定した。測定は伐採・搬出の 1 日後に行ったが、風害による曲がりは非常に減少しており、風向を印しておかなければ、それらは測定ができない程度であった。

第12図に正角材・丸太の曲げ試験結果を示す。これまでの試験により、立木の風下側で s.p. , m.c.f. の出現が特に顕著であることがわかったが、これらの損傷部位が、引張りや圧縮に対してどのような影響を与えるかを調べるために、正角材・丸太の曲げ試験では、2つの荷重方法により試験を行い、それらの影響

を調査した。

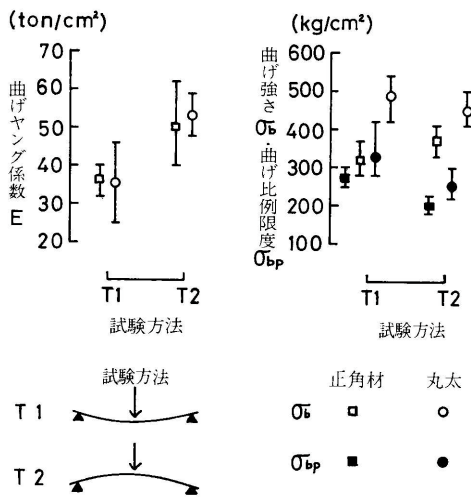
第12図において、T1, T2 は試験時における荷重方法を示すものである。T1は風による幹の曲がりを大きくする荷重方法、T2 は風による幹の曲がりを小さくする荷重方法を示している。T1の方法では、s.p. , m.c.f. がより多く出現している風下材が圧縮応力を、T2の方法では、反対に風下材は引張応力を受ける。以上のような2通りの曲げ試験を行えば、大まかではあるが、s.p. や m.c.f. が圧縮・引張りに対してどのような影響があるか、把握できるものと考えられる。

第12図より、曲げヤング係数については、T2の試験方法に比べて、T1の試験方法で、約 3 割程度低いことがわかる。このことは、丸太、正角材のそれぞれについて観察された。また、曲げ比例限度については、T1の試験方法で多少高いが、大きな差はなく、曲げ強さに関しては、試験方法による差異は観察されなかった。

これらのことより、s.p. や m.c.f. をより多く有する風下側の部分は、圧縮応力を受けた場合、特に曲げヤング係数が低くなることが明らかになった。また、試験時には、風による材の曲がりはほとんど見られなかったため、曲がりの影響は無視できると思われた。

### 3.4 風害木と健全材

これまでの試験結果については、風害木のみを対象として、考察を進めてきたが、最後に健全材との比較を行ってみたいと思う。比較にあたって、無欠点小試片の場合、健全材の値は山本らの試験結果<sup>5)</sup>を引用した。また、Wood Hand Book の含水率補正式により含水率 8%に補正した<sup>6)</sup>。その結果を第1表に示す。



第12図 正角材 (10.5cm 角)、丸太の曲げ試験結果

第1表 無欠点小試片による健全材との比較 (気乾材)

		風下材	風上材	総 合	健全材
曲げ強さ $\sigma_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	平均値	665 (0.85)	730 (0.94)	697 (0.89)	780
	統計的 下限値	500 (0.83)	560 (0.93)	543 (0.91)	600
曲げヤング 係数 E (ton/cm <sup>2</sup> )	平均値	68 (0.94)	76 (1.05)	73 (1.01)	72
	統計的 下限値	37 (0.84)	43 (0.98)	39 (0.89)	44

第2表 ダンネージ材(7.2cm, 8.2cm正角材)による健全材との比較

		風 害 木	健 全 材
曲げ強さ $\sigma_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	平均値	300 (0.94)	320
	統計的下限值	230 (1.10)	210
曲げヤング 係数 E (ton/cm <sup>2</sup> )	平均値	51 (0.85)	60
	統計的下限值	30 (0.79)	38

両者の年輪幅に多少の差があるので、詳細な比較にはならないが、曲げ強さでは、風害木は健全材に比較して、平均値、統計的下限值とも約1割程度低い。また曲ヤング係数については、特に差はない。

また、ダンネージ材を想定した7.2cm, 8.5cm角材については、同様な寸法で丸山<sup>7)</sup>らが市販カラマツダンネージ材について曲げ試験を行っているので、第2表にその比較を行った。風害木の値は、第12図に示すT1の試験方法により求められたものである。健全材に比べて風害木の曲げ強さ、曲げヤング係数とも多少低くなっているが、顕著な差とは言い難い。

#### 4. まとめ

昭和56年台風15号による風害木を調査した結果、次のような結論を得た。

1) 今回調査したカラマツ造林木について、その製材されたものには、圧縮もめ、引張りによる繊維破断等の顕著な損傷は観察されなかった。しかし、すべての被害タイプの立木に、その風下側の辺材部に白色斑が観察された。これらの白色斑は風害の影響によるものであることには相違ないが、強度試験の結果、圧縮もめのような大きな欠点とは明らかに異なる。しかし、白色斑の出現程度が高くなれば、曲げヤング係数の低減も大きくなる傾向がみられた。

2) 顕微鏡観察の結果、髄附近の一部をのぞき、広範囲にわたり、s.p., m.c.f. が観察された。また、立

木の風下側が風上側に比べてその出現頻度は高く、髄に近づくにつれて、その出現頻度は低くなっていた。生材の状態では、風上材に比べて風下材のヤング係数が明らかに低かったが、これはs.p., m.c.f.が影響しているためと思われる。

3) 生材の状態では、風上材に比べて風下材のヤング係数は約4割程度低かったが、乾燥材では両者の強度には大きな差異は認められず、また健全材に比べても大差はないものと思われる。

4) 風害木をダンネージ、パレット材、くい丸木等に利用する場合には、ほとんど支障はないと思われるが、炭鉋の坑木や家屋の梁・柱等の構造材に用いる場合には、ヤング係数低下による影響も考えられるのでそのような用途に対しては、十分に留意すべきである。

最後に、今回の調査に際し、御協力いただいた上川支庁造林係長佐鯉武雄氏、旭川地区林業指導事務所長古谷輝男氏、美瑛町役場、美瑛町森林組合に深謝致します。

#### 文 献

- 1) 飯田 信男ほか5名：日本木材学会北海道支部講演集，13，17，(1982)
- 2) 宮島 寛：北大演報，19，99，(1958)
- 3) C.T. Keith, W.A. Cote.Jr：F.P.J., 18，3，67，(1968)
- 4) 北原 龍士：木材誌，27，1，(1981)
- 5) 山本 宏ほか2名：日本木材学会北海道支部講演集，6，24，(1974)
- 6) Wood Hand Book：U.S. Dept. of Agr., U.S. Government Printing Office, 4-12,(1972)
- 7) 丸山 武ほか3名：林産試月報，345，1，(1980)

— 木材部 材質科—  
—\*1木材部 強度科—  
—\*2指導部 技術科—  
(原稿受理 昭57.4.14)