

# 台風被害木の材質 —スギ白色斑の目視・顕微鏡観察—

## 資料

永井 智

Satoshi NAGAI

Wood property of trees damaged by typhoon

—Macro- and microscopic observations of ‘Hakushoku-han’ (compressed and dehydrated xylem) of Sugi (*Cryptomeria japonica*) —

キーワード：スギ、台風、白色斑、もめ

### I はじめに

平成16年の8月下旬から10月中旬にかけて、本県に相次いで襲来した大型の台風（16、18、21、23号）の影響により、立木の倒伏、幹曲がり、折損などの甚大な森林被害が発生した（1、2）。これらの被害により、伐採、玉伐りされた丸太の一部には「もめ」や「目回り」といった木材利用上著しく付加価値を低減させる欠点が発生した。一方、外観上「もめ」や「目回り」の認められない丸太においても、製材や丸棒加工を行った際、材面が部分的に白色状を呈している様子がしばしば観察された（写真1）。これは白色斑と呼ばれ（3）、立木時の風下側において幹が圧縮され、水分が木部細胞から押し出されて含水率の低下した部分が、水分を保持している周囲の材部と比較して白色状に見えるという特徴を有している。

もめは、強い風や積雪などによって樹幹が強く曲げられた際、その内部に生じた部分的圧縮破壊のことであり（4）、生材時あるいは乾燥後、肉眼的に確認することができる（5）。これに対し、白色斑部では、肉眼的にもめが確認できないことが多いが、1) 幹が圧縮された結

果の水分消失痕であること、2) 生材段階ではもめの周囲にも白色斑が確認できることから、白色斑は比較的軽微なもめ、すなわちもめに移行する前段階であると考えられている（6）。

台風被害木の組織構造的な特徴に関しては、カラマツ被害木で白色斑部を含めた偏光顕微鏡観察結果が報告されている（3）。一方スギに関しては、もめの電子顕微鏡レベルでの形態（7）や、被害後の残存立木の電子顕微鏡観察結果（8）が報告されているが、これらの中では白色斑について触れられていない。

台風被害後、当センターには「製材時に‘白斑’が認められた」といった内容の相談が複数寄せられた。しかし、製材ないしは加工後に持ち込まれたサンプルの場合、乾燥経過に伴い、白色斑部が明瞭に区別できないケースが少なからずあった。そこで本研究では、台風被害木を製材した直後から乾燥後に至るまでの白色斑部の巨視的・微視的特徴を把握することを目的に、その目視観察および顕微鏡観察を行った。

### II 試料と方法

#### (1) 供試材

供試木には、宍粟市山崎町内にある葛根生産森林組合所有の台風被害林分のスギを用いた。伐採前に目視観察した結果、被害状態は幹曲がりと併せてほぼ根返り状態にあると判断された。被害発生から数ヶ月が経過した12月中旬、幹曲がり最も顕著であった部位（地上高5m付近）が中央部となるよう長さ約2mに玉伐りし、直ちに試験室に持ち帰った。

#### (2) サンプルング

まず、自動送材車付帯鋸により製材を行い、製材面（辺材部）に白色斑の存在を確認した（写真2）。そこで、白



写真1 丸棒加工直後の表面に認められた白色斑(矢印)  
(上：スギ、下：ヒノキ、直径 10cm)

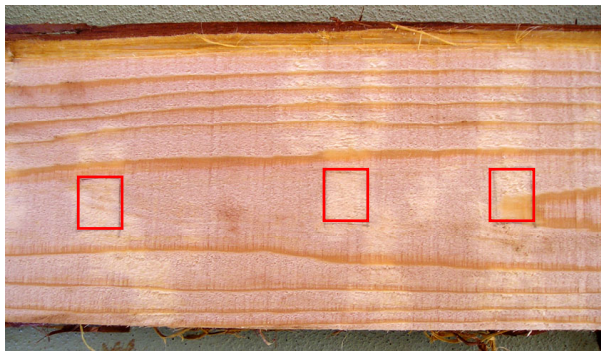


写真2 製材直後の背板（□：試料採取部位）

色斑部の目視観察を行った後、背板側の白色斑部から一辺が1~2cm程度の樹皮を含むブロックを採取した（写真2の□）。

### (3) 検鏡用試料の作製

ブロックについて、まず樹皮表面の目視観察を行った後、樹皮をはがし、そのはく離面（辺材表面および樹皮内面）においてもめの有無を確認した。次いで、はく皮後の辺材部を片刃カミソリで割断後、板目面あるいはまさ目試料を滑走式マイクローム（TU-213、大和光機工業（株））により仕上げた。仕上げの際に得られた一部の薄切片については、偏光顕微鏡（BX50、オリンパス光学工業（株））により観察した。表面を仕上げた残りのブロックについて、凍結乾燥（JFD-300、日本電子（株））、あるいは40℃の恒温器中での自然乾燥を行った後、マグネトロン型スパッタリング装置（JFC-1200、日本電子（株））により金コーティングを施し、走査電子顕微鏡（JSM-5800、日本電子（株））を用いて二次電子像の観察、および撮像を行った。

## III 結果と考察

### (1) 製材面の目視観察

製材直後、辺材部において白色斑は容易に観察できた（写真2）。上述したように、白色斑は、水分が木部細胞から押し出されて含水率の低下した部分が、水分を保持している周囲の材部と比較して白色状に見えるという特徴を有している。辺材では一般に生材含水率が高いため、水分の消失した部位が明瞭に確認できる。これに対し、白線帯部および心材部ではその確認が困難であった。白線帯は生材含水率が低く、もともと白色状に見える（9）ため、製材直後においても白色斑を確認することは困難であると推察された。また、心材の場合、生材含水率が個体内や個体間で大きくばらついている（10）うえ、心材色も様々である（11）ことから、白色斑（水分消失痕）を識別することは容易でないものと推察された。なお、今回の供試材の場合、辺材部の製材面において白色斑は

認められたものの、そこで肉眼的にもめを確認することはできなかった。樹幹の内層、すなわち心材部に達するようなもめが認められる被害材の場合、心材部にも水分消失痕が確認できる可能性はある。

### (2) 検鏡用試料の目視・光学顕微鏡観察

背板から採取した白色斑部および樹皮を含むブロックについて、樹皮表面の目視観察を行ったが、肉眼的にもめ（樹皮の圧壊）は確認できなかった。しかし、はく皮面では、辺材表面と樹皮内面に対をなす軽微なもめおよび変色、そしてその周囲に白色斑が確認できた（写真3）。伐採、玉伐り後の丸太の場合、明らかなもめでない限り、樹皮表面を概観するのみでもめの有無を確認することは容易でない。これに対し、はく皮面の目視観察は、1)その表面が平滑であり、比較的変色部位や損傷部位を確認することが容易であること、2)樹幹内半径方向の中で風力による曲げ作用を最も大きく受けている木部であることから、丸太段階で台風被害木か否かを検定するひとつの指標として非常に有効であると考えられた。

はく皮後の木部について、まさ目面、板目面を片刃カミソリで割断し、その表面観察を行った際、肉眼的にもめを確認することはできなかった。次に、それらの割断試料の表面をマイクロームにより仕上げ、凍結乾燥あるいは自然乾燥した試料（走査電子顕微鏡観察用）につい

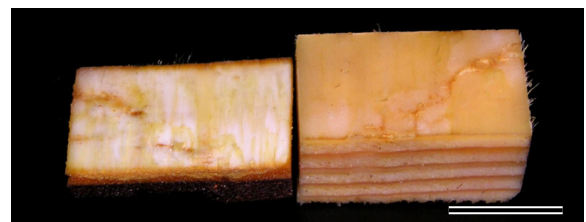


写真3 樹皮内面と辺材表面に対をなすもめ（左：樹皮内面、右：辺材表面）  
もめ部位には茶褐色状の変色が、そしてその周囲には白色斑が認められる。  
スケールバー：10mm.

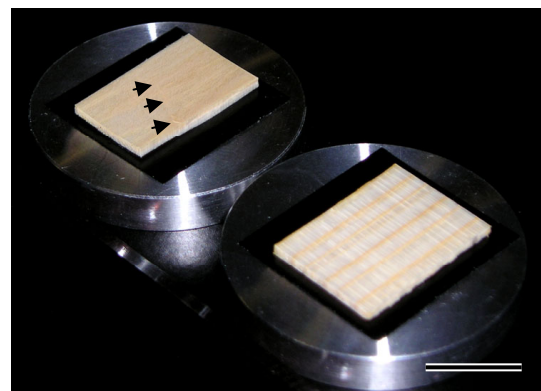


写真4 表面仕上げ・乾燥後の試料  
左上：板目面. かすかにもめが視認できた（矢印）.  
右下：まさ目面. 肉眼でもめは確認できなかった。  
スケールバー：10mm.

て、同様に目視観察を行った。その結果、辺材表面で肉眼的に視認可能であったもめが、辺材表面から1、2年輪内層の板目面材では、その表面を凝視することによりきわめて軽微なもめがようやく確認できる程度であった。一方、まさ目面材では辺材表面からの年輪数にかかわらず、肉眼でもめを確認することができなかつた(写真4)。

走査電子顕微鏡観察用試料作製時に得た薄切片について、偏光顕微鏡観察を行ったところ、直交ニコル下で細胞壁のところどころに縞状のすじを認めたが、その程度も顕著ではなかつた。なお、飯田ら(3)はカラマツ被害木について詳細な偏光顕微鏡観察を行い、白色斑部、および白色斑の認められない風下・風上材部においても初期的な破壊状態(slip plane, minute compression failure)を確認している。

### (3) 走査電子顕微鏡観察

白色斑部の走査電子顕微鏡写真を示す(写真5)。仮道管壁が正常な形態を示す領域(写真5c、e)が認められた一方、部分的に「しわ」(8)のある仮道管壁も観察された(写真5a、b、d、f、g)。これらの「しわ」は、偏光顕微鏡観察時に認められた縞状のすじに対応しているものと考えられた。写真5のような「しわ」は、採取したブロックに含まれるすべての年輪(樹皮側から1~6年輪目)の早材、晩材双方で観察された。この時、仮道管と放射組織が隣接する分野壁孔領域で「しわ」が顕著であるといったような傾向はなく、その発生部位に規則性は認められなかつた。なお、「しわ」は凍結乾燥材、自然乾燥材の双方で同様に観察された。

これらの結果から、1)材に白色斑が認められる場合、外観上もめが確認できないとしても、そこには微視的な損傷が発生していること、2)その微視的な損傷は、乾燥後も材内に残存していること、が示唆された。なお、松村ら(8)はスギ被害木(顕著なもめが認められた残存立木)について走査電子顕微鏡観察を行い、1)風下側では肉眼的にもめが認められない部位でも「しわ」が広範囲に存在すること、2)風上側では明らかな「しわ」を見出せなかつたこと、を報告している。

## IV おわりに

台風被害木を製材加工した際、材面にしばしば認められる白色斑の巨視的・微視的特徴を把握することを目的に、製材直後の生材から乾燥後に至るまでの白色斑部の目視・顕微鏡観察を行った。一連の観察結果をまとめること次のようになる。

(1) 製材時に白色斑が認められる場合、目視で明らかにもめが確認できなくとも、その部分の細胞壁には多少なりとも「しわ」(微視的な損傷)が存在してい

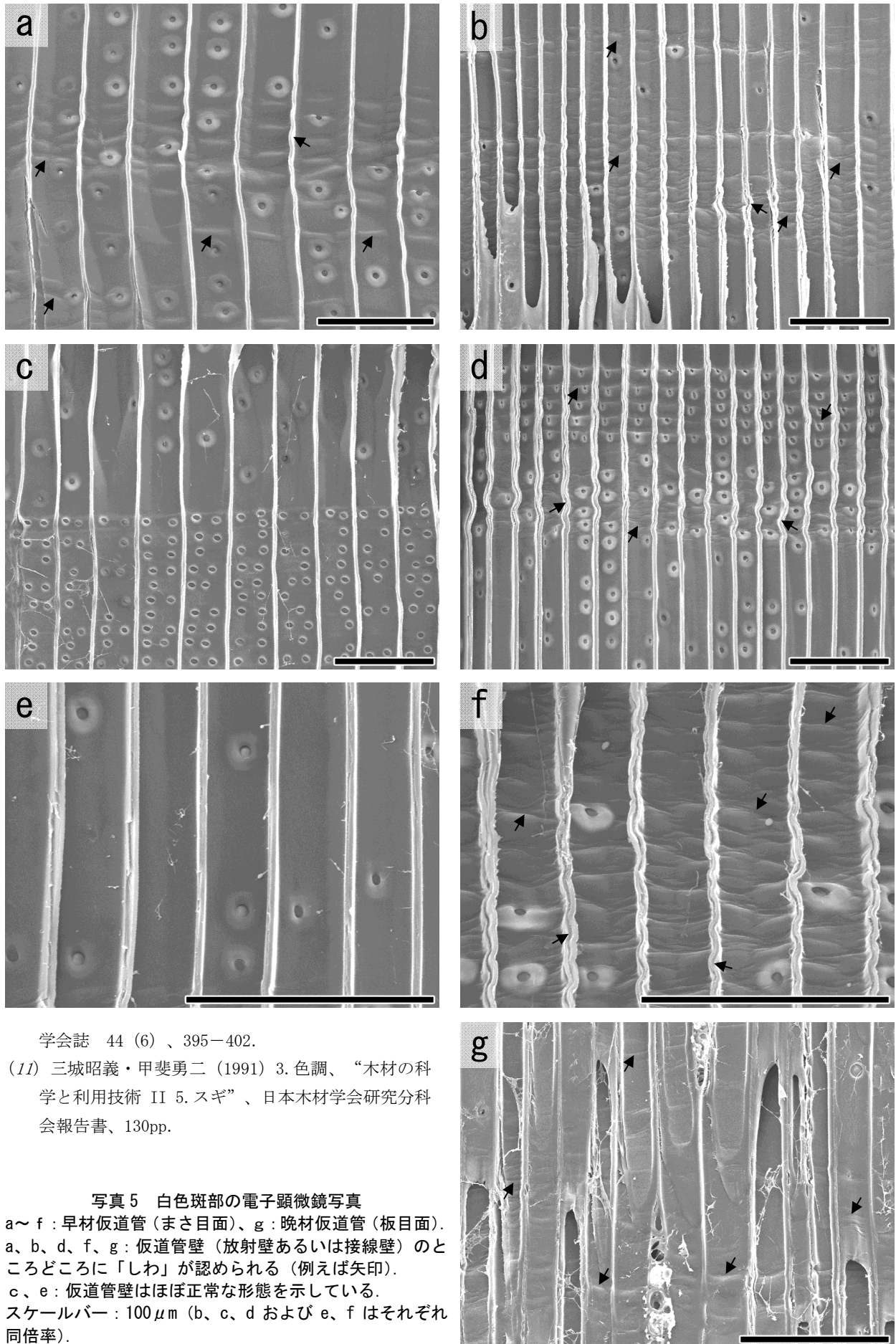
る可能性が高い。

- (2) しかしながら、細胞壁に「しわ」が認められる程度の白色斑部では、製材直後の材だけでなく、乾燥材や仕上げ材においても、目視でもめを確認することは容易でない。
- (3) 白色斑は材の乾燥とともに識別不能となる。
- (4) 製材面の白色斑部でもめを確認できなくとも、辺材表面では軽微なもめ、変色および白色斑を確認することができる。
- (5) 丸太(製材前)段階で台風被害木か否かを識別する方法としては、はく皮による辺材表面と樹皮内面の目視観察が最も有効な指標となる。

## 引用文献

- (1) 兵庫県農林水産部農林水産局林務課(2005)“兵庫県森林災害復旧対策委員会(台風16、18、21、23号被害)報告書”、兵庫県農林水産部農林水産局林務課、38pp.
- (2) 兵庫県立農林水産技術総合センター森林林業技術センター(2005)“平成16年台風23号等による森林の被害木調査・研究報告書”、兵庫県立農林水産技術総合センター森林林業技術センター、19pp.
- (3) 飯田信男・堀江秀夫・長谷川雅浩・高橋政治・川口信隆・滝沢忠昭(1982)昭和56年台風15号によるカラマツ風害木の材質調査、北海道林産試月報 1982年5月、1-8.
- (4) 石田茂雄(1982)日本材料学会木質材料部門委員会編、“木材工学辞典”、工業出版株式会社、975pp.
- (5) 杉本英明・中田欣作(2002)風害木の材質調査、奈良県森技セ木材加工資料 31、43-47.
- (6) 緑 政美・城井秀幸・芦原義伸(1993)1991年台風19号によるスギ風倒木の材質調査—スギ品種における欠点発生について—、日林九支研論集 46、289-290.
- (7) 平川泰彦(2004)6-01 台風によるもめ、目回りや幹折れの発生、“元気な森の作り方 材質に影響を与える林木の被害とその対策”、(財)日本緑化センター、247pp.
- (8) 松村順司・小田一幸・堤 壽一(1993)スギ、ヒノキの力学的性質におよぼすもめの影響について、日林九支研論集 46、291-292.
- (9) 黒鳥四朗(1954)スギの所謂白線帯についての研究(第I報)、日本林学会誌 36(1)、15-19.
- (10) 中田了五・藤澤義武・平川泰彦・山下香菜(1998)スギの生材含水率の個体内樹高方向での変化、木材





学会誌 44 (6)、395-402.

(11) 三城昭義・甲斐勇二 (1991) 3. 色調、“木材の科学と利用技術 II 5. スギ”、日本木材学会研究分科会報告書、130pp.

写真5 白色斑部の電子顕微鏡写真

a~f: 早材仮道管(まさ目面)、g: 晩材仮道管(板目面).  
a、b、d、f、g: 仮道管壁(放射壁あるいは接線壁)のところどころに「しわ」が認められる(例えば矢印).  
c、e: 仮道管壁はほぼ正常な形態を示している.  
スケールバー: 100 $\mu$ m (b、c、d および e、f はそれぞれ同倍率).