

トドマツ水食い材の観察

滝 沢 忠 昭 川 口 信 隆
高 橋 政 治 山 本 宏

1. はじめに

水食い材 (wet wood) は通常含水率が低い心材を持つ樹種であるのに、なんらかの原因で、心材及びときには内側の辺材が隣接の辺材部より高い含水率を示すものと解されている¹⁾。水食い材は針葉樹ではモミ属の樹種の樹幹にしばしば存在し、また、ツガ属、スギ属などにも存在する。

健全な樹幹に水食いの生ずる現象について、LAGERBERG²⁾は、心材内部の異常水分が根及び枝から入って来て蓄積されるものとし、石田³⁾は、根にある孔状部その他の欠点部から浸入した水分が樹幹の心材部へ滲透、その高さが地上数mに達する場合があることを観察している。また、石田³⁾は、枯れた枝、幹が折損し、その癒着不完全な個所、樹幹上に出来た二又部分、孔状部などから水が樹幹内部に浸入し水食い材を形成することも報告している。BAUCH⁴⁾らは、枯れ枝が樹幹内部への水分滲透の経路となっており、バクテリアの介在により、水食い材の形成が促進されるのであろうと推論している。

しかしながら、このような水分の移動と心材部でのその蓄積、すなわち、水食い材の形成については、これが物理的要因によるものか、あるいは生理的、生物的要因によるものであるか、現在までのところ統一的な見解は示されていない。

水食い材部に認められる特徴として、石田³⁾は、トドマツ樹幹に存在する水食い材を調査し、樹幹内部に多くの割れを含んでいることを報告している。

また、この材部は変色の原因となり、このような材部を含む製材品を乾燥すると、乾燥ムラ、割れなどを引き起こすとされている⁵⁾。

このように、水食い材は用材の品質を低下させる要素の一つと考えられており、水食い材の形成機構を明

らかにし、その生成を防止する手段を見出すことは実用上極めて有意義なことであると考えられる。

さて、当研究室では、現在、トドマツ造林木の材質について一連の調査、検討を行っているが、本研究は、これらの一部として、上述の観点をふまえ、当面、水食い材の諸性質を明らかにし、水食いの程度と用材品質の関係を把握することを目的として進められている。著者らのこの研究は緒についたばかりであるが、現在までの予備的な調査で、水食い材部と健全材部の組織構造的な差異について二、三の知見を得たのでここに報告する。

なお、本研究は第26回日本木材学会大会の研究発表会で報告したものである。

本研究を進めるにあたり、SEMの使用を快諾され、種々の便宜をはかっていただいた、北海道大学農学部林産学科木材理学教室の各位に深く感謝致します。

2. 実験方法

昭和50年7月、北海道網走管内雄武町の道有林に植栽されていた樹令45年のトドマツ (*Abies sachalinensis* Mast.) 樹幹より試験材料を採取した。

この林に生育するトドマツは、いずれも凍裂を生じておらず立木の外観から水食いの有無を判断することは困難であったので、この時、別の試験のために選定し伐採した20本の立木について、伐採直後、それぞれの樹幹の木口面を観察し、肉眼的に水食いの存在すると判定された部位から厚さ約5cmの木口円板を任意に数枚とった。

これらの円板の一部のものから、水食い材部、健全な心・辺材部のそれぞれより小材片を採取し、直ちにFAA固定液⁶⁾あるいはアルコール中に浸漬し⁷⁾それ

ぞれ光学顕微鏡および走査電子顕微鏡（SEM）観察用試料とした。他の円板は、乾燥を防ぐため両木口をシールし、含水率測定および乾燥試験用の試料とした。

これらの試料は研究室に持ち帰って後、それぞれの処理を行った。すなわち、FAA固定をした試料は、水洗後、厚さ約15 μ mの柁目面切片をとり、主としてメチレンブルーで染色し、放射線細胞の核の状態を光学顕微鏡で観察した。アルコールに浸漬した試料は、試料中の水分がアルコールと入れ替った後で気乾にし、割裂法により柁目面を出し、常法により処理し、主として材表面にあらわれた壁孔膜の状態をSEMで観察した。含水率は円板を適宜3~5年輪ごとに小分割し、得られた材片を測定し算出した。乾燥試験は、生材の状態にある円板から水食い材部、健全な心・辺材部のそれぞれについて、厚さ約5mmの木口及び板目の小片を切り出し、一材面を収縮性の小さな合板にはりつけ固定し、乾燥処理にともない材表面に現れる割れの状態をもう一方の材面で観察した。なお、これらの小片の一部は室内に放置し、気乾状態にし、同様の観察を行った。また、乾燥処理した小片の一部はSEMでその表面を観察した。

3. 結果と考察

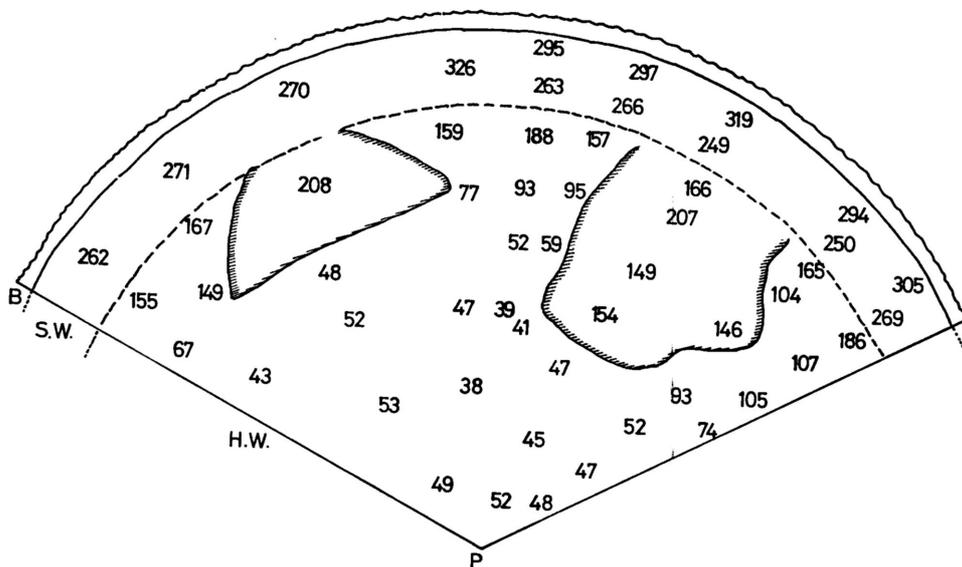
写真1に供試材料を採取した林地の状態を示す。この林地に生育するトドマツは昭和11年5月に植栽され、毎木調査の結果によると、平均胸高直径23cm、平均樹高18mであった。

供試材の含水率を測定した結果を第1図に示す。図は一枚の円板の部分である。

トドマツは着色心材を持たず、乾燥材では心辺材の区別が肉眼的には困難である。しかし伐採直後の立木を観察すると含水率の違いにより、材の色調がいわゆるぬれた材部（辺材部）と乾いた材部（心材部）では相違している。今回の調査では、この点にもとずいて心辺材の境界をおおまかに定めた。第1図ではこれを破線で示してある。

このようにして、木口円板上で心辺材を区分したとき、位置的には心材部であるにもかかわらず、辺材と同様にぬれた状態の材色を呈し、また材が変色している部分があった。それは心材の中程から外方にかけて辺材までの部分で、第1図の斜線で囲んで示した部分がこれに相当する。

さて、トドマツ樹幹の含水率について蕪木³⁾は、秋期（10月末）に伐採した樹幹を調査し、辺材で175%



第1図 供試材の含水率分布（木口円板の部分、数字は含水率（%）、B：樹皮、P：髓、S.W.：辺材、H.W.：心材）



写真1. 試料を採取した林地

心材で59%としている。また、石田³⁾は冬期間に行った調査の結果から辺材で100~200%、心材で30~50%と報告している。

生材の含水率は樹幹の部位、立地、生育条件、伐採時期などによって変化するものであり、著者らが伐採した時期は夏(7月)であり、年間を通じて比較的含水率の高いと考えられる時であり、図に示したように辺材の含水率が上述の知見より高い値をとっているものとする。

心材の含水率は上述の知見とおおむね一致するが、図の斜線の部分は、周辺の材部と比較し異常に高い含水率を示した。このことから、この材部を水食い材と見なした。

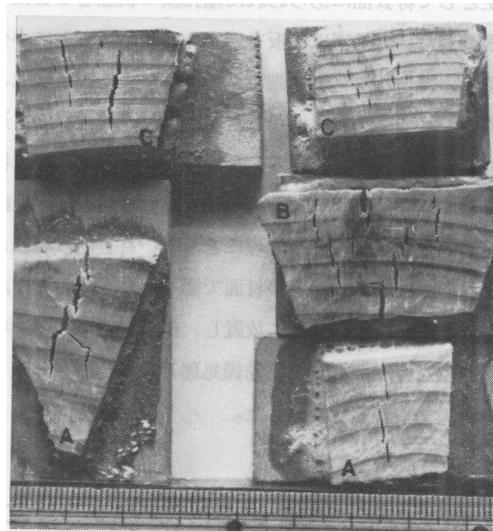
木口面での水食い材部の現われ方は、今回の調査のために採取した各円板ともおおむねこれに類似したものであった。

また、石田³⁾が凍結した凍裂幹材部にある水食い材の内部で確認している割れ目については、伐採時期が

夏であり、材が常温状態でかつ水食いの程度が著しくなかったためか肉眼では観察されなかった。

このことに関連し、次に乾燥にともなう割れについて述べる。

水食い材部を含む材料は乾燥の進行にともない割れが発生するとされている^{5),9)~11)}。乾燥による割れの状態を調査する方法はいろいろ考えられるが、本研究では予備的な試験として、上述のごとく処理した生材状態の小材片を室内に放置し気乾に、あるいは急速に乾燥し全乾状態にした際に材の表面にあらわれる割れの状態を観察した。

写真2. 乾燥処理後の材表面の状態(木口面)
A:心材, B:水食い材, C:辺材

この結果、気乾材では割れは肉眼的には全く認められなかった。また全乾にした試料についても、乾燥にともなう表面割れの状態は水食い材部、正常材部とも同様であり、両者の間で肉眼的に判別しうるような差異は認められなかった。その一例として、写真2に木口面での割れの状態を示す。これらの試料の一部について、光学顕微鏡およびSEMを用いて材の表面を観察したが、水食い材で細胞間に存在するであろうと考えられた微小な割れも観察されなかった。

水食い材に存在する割れは凍裂の存在と深く関連しており³⁾、凍裂の発達にともない組織の損傷も増大するであろうと考える。この点、今回の試料は凍裂のな

い樹幹から採取したものであり、樹幹内での水食い材の分布範囲も狭く、これらをもつてもし仮に水食い材の格付けをすれば、水食いの程度が軽微であると見なすことができよう。それ故、水食い材部において水食いに起因する割れが存在していたとしても、上述の試験方法では確認出来なかったのではなからうかと考えられる。この点については、別の調査方法により更に検討する必要がある。

第1図に示したように試料を採取した円板に含まれていた水食い材は樹幹で心材の中期から外方にむかい辺材にまで達するような位置に存在しており、健全な心材部では含水率が低いにもかかわらず、これと材の形成時期を同じくする水食い材部では、見かけ上、辺材の高い含水率がそのまま維持されているようにも考えられる。

BAUCHR⁴⁾はSilver fir について調査し、水食い材の形成は心材の形成と無関係であり、心材化の後に水食い材が形成されると報告しているが、本試験のために採取した水食い材部は、樹幹におけるその存在位置からして、すでに心材化を完了しており単に含水率が高いだけなのか、あるいは、まだ何らかの生活機能を有するのかを判断する意味から、放射組織の柔細胞における核の有無および細胞内容物の状態について観察を行った。

写真3~5にそれぞれ辺材、水食い材、健全な心材における放射組織の柔細胞の核の状態を示す。写真に示されるように、辺材部の放射柔細胞中で細長い棒状の形をして存在している核は、水食い材部ではその形状が円形および長楕円形に近い形に変化するが、依然として存在している。このことは、この材部では、放

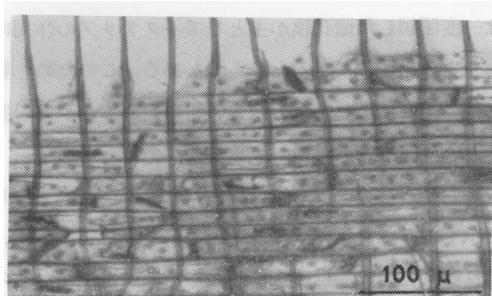


写真3. 辺材の放射組織

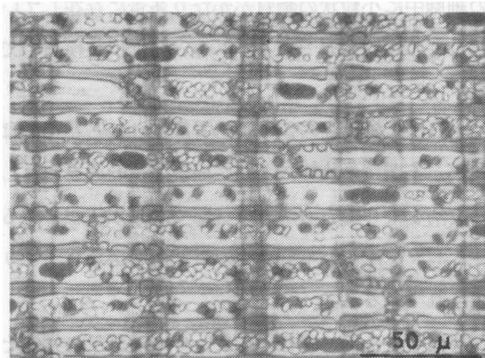


写真4. 水食い材の放射組織

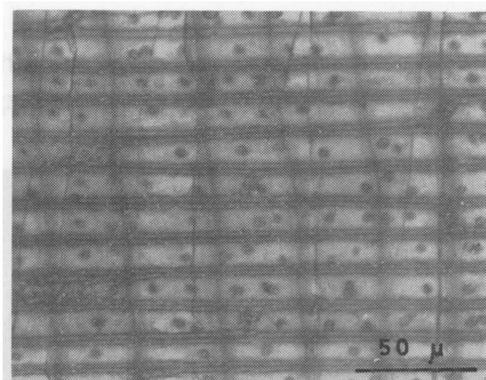


写真5. 心材の放射組織

射柔細胞がまだ何らかの生活機能を有しているものと考えられる。一方、健全な材部では、通常指摘されているとおり、心辺材の移行部ですでに核の消失が始まり、心材部では全くその存在が認められなかった。

第1図の木口円板で、髓から樹皮まで水食い材部を通る直線を引き、この直線を樹皮側から髓に向かって逆にたどるとき、辺材、水食い材、健全な心材の順に各材部が存在する訳だが、水食い材部の放射柔細胞で核の消失する位置は肉眼的な観察により決定した水食い材と健全な心材との境界とほぼ一致し、辺材から直ちに健全な心材が形成される位置よりかなり髓に近い場所である。

以上のことから、今回調査したような位置に水食い材がある場合には、心材化がその部分で遅れて起り、すなわち、辺材がとり残されているものと考えることが出来よう。なお、写真5で、水食い材の放射組織

の細胞中に小粒状の物質がかなり多量に存在しているが、この物質が何であるかについては現在検討中である。

一般に、針葉樹の仮道管の有縁壁孔は辺材部では壁孔膜が不閉鎖の状態にあり、樹液の流動の通路としての役割を果しているが、心材部では閉鎖状態となる。トドマツについても、このことが石田ら⁷⁾により確認されている。

写真6~9に、辺材、水食い材、健全な心材のそれぞれについて、仮道管の有縁壁孔の壁孔膜の状態を示す。これらの写真は、材の柱目面をSEMで観察して得られたものである。

写真6, 9に示すように、辺材および健全な心材部の壁孔の壁孔膜の状態は既往の知見と一致する。写真

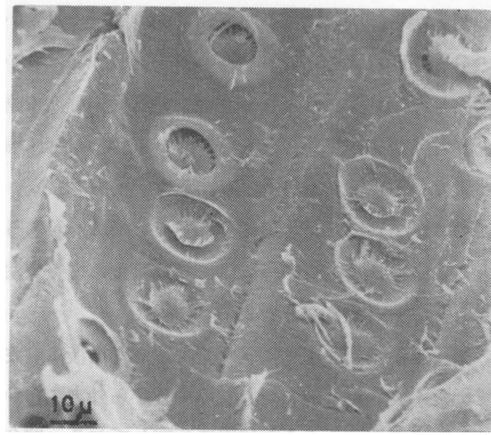


写真8. 水食い材の仮道管の有縁壁孔

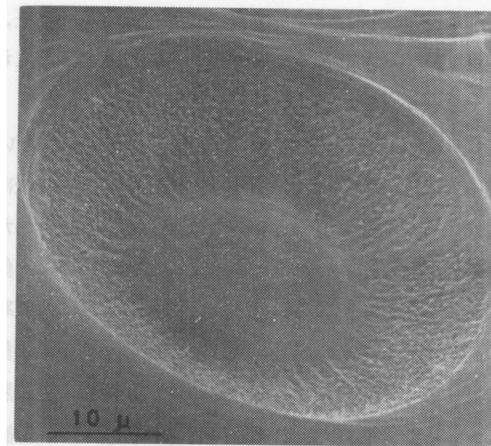


写真9. 心材の仮道管の有縁壁孔

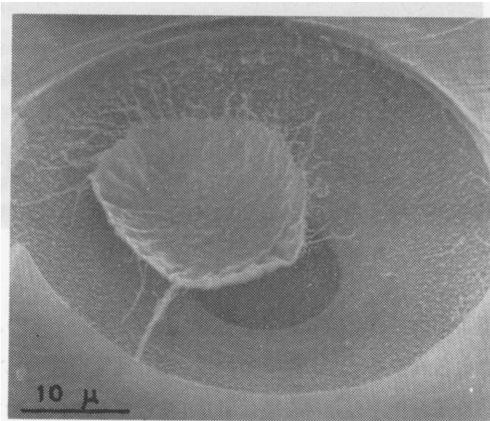


写真6. 辺材の仮道管の有縁壁孔

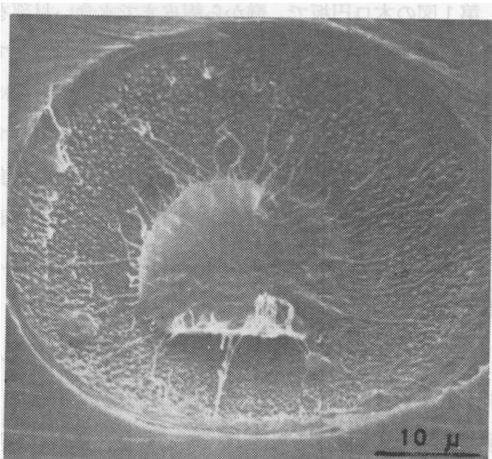


写真7. 水食い材の仮道管の有縁壁孔

7, 8は水食い材部の壁孔であるが、壁孔膜は閉鎖せず、辺材におけるそれと類似した状態になっている。

すなわち、この材部は壁孔の状態に関しても、辺材で認められる特徴を有している訳だが、一方では著者らと同様に不閉鎖の状態にある壁孔膜を観察しているWILCOXら¹²⁾、LINら¹³⁾の見解、すなわち水食い材では一度閉鎖した壁孔膜が主としてバクテリアの作用により再び不閉鎖になるとする説もある。このため、壁孔膜の挙動に関しては、水食い材の生成および水の蓄積との関連でさらに検討する必要があると考える。

なお、辺材および水食い材部の壁孔は、写真6~8に示すように、マルゴが若干の損傷を受けているが、これは試料作成過程の人為的な影響により生じたものと思われる。

4. まとめ

トドマツ樹幹で髓から遠い心材の中ほどから外方に向かって辺材の附近にまでかけて存在する水食い材の組織を観察した結果、この材部が辺材と同様な性質を持っているであろうことが結論づけられた。

また、この材部は乾燥処理をほどこしても、水食い現象に起因するとされている材の割れは確認されず、この限りでは健全材と何らの差もないものと考えられる。

本報告では、位置的には心材部にありながら、健全な心材と比べ含水率が高い部分を水食い材部と見なして調査、検討を進めてきた。その結果、このような材部が、まだ心材化していないことが確認され、一般に定義されている水食い材とは相違していた。この点については、水食い材の定義とも関連させ、今後検討せねばならない問題であると考ええる。

さて、一般に水食い材と呼ばれているものについては、樹幹におけるその存在の仕方は多様であり、木口面での現れ方は、今回観察したようなものから、髓附近に存在するもの、あるいは心材のほとんどが水食い材となっているものまである。また、樹軸方向についても、節の周辺にわずかに存在するものから、長さ数メートルに及ぶものまである。

このため、樹幹内における水食い材の存在位置、分布範囲の大小と関連し、水食い材一般についてその性質、とりわけ組織構造上の特徴点を明らかにするためには、今後更に検討が必要であると考ええる。

文 献

- 1) 日本木材学会：木材誌，18巻，3号，p.148 (1972)
- 2) Lagerberg, T.: Barrträdens vattved, Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift (1935)
- 3) 石田茂雄：北大演研報，22巻，2号，pp.273—373 (1963)
- 4) Bauch, J. and W. Höll and R. Endeward: Holzforschung, Bd. 29, H. 6, pp.198—205 (1975)
- 5) 北村義重：北海道林試時報，27号，pp.1—19 (1941)
- 6) 山田常雄，前川文夫，江上不二夫，八杉竜一（編）：生物学辞典，岩波書店，p.1128 (1960)
- 7) 石田茂雄，藤川清三：北大演研報，27巻，2号，pp.355—372 (1970)
- 8) 蕪木自輔：林試研報，90号，pp.77—108 (1956)
- 9) 石田茂雄：北大演研報，17巻，2号，pp.473—512 (1955)
- 10) 大山幸夫：木材工業，30巻，8号，pp.341—344 (1975)
- 11) 同：林産試験場創立25周年記念研究成果発表会発表要旨集，北海道立林産試験場，pp.1—8 (1975)
- 12) Wilcox, W. W. and C. G. R. Schlink: Wood and Fiber, Vol.2, pp.373—379 (1971)
- 13) Lin, R. T. and E. P. Lancaster and R. L. Krahmer: ibid., Vol.4, pp.278—289 (1973)

—木材部・材質科—

(原稿受理 昭51.6.4)