

成長、
特性
および用途

ウェスタン レッドシダー

ジョセフィーナ S. ゴンザレス



本書はフォリンテック・カナダ・コーポレーション、ウェスタンレッドシダー木材協会およびウェスタンレッドシダー輸出協会が共同で出版しました。

本書のご注文およびお問い合わせは、下記へご連絡ください。

Forintek Canada Corp.
Western Division
2665 East Mall
Vancouver, B.C.
V6T 1W5
(604) 224-3221

Western Red Cedar Export Association
1501 - 700 West Pender
Vancouver, B.C.
V6C 1G8
(604) 891-1231

* 本書はwww.forintek.caおよびwww.wrcea.orgでもご覧になれます。

National Library of Canada Cataloguing in Publication

Gonzalez, Josefina S.

Growth, properties and uses of western red cedar (*Thuja plicata* Donn ex D. Don)/by Josefina S. Gonzalez.

(Special publication, ISSN 0824-2119 ; no. SP-37R)

Co-published by Western Red Cedar Lumber Association and Western Red Cedar Export Association.
Includes bibliographical references.

1. Western red cedar. I. Forintek Canada Corp. II. Western Red Cedar Lumber Association. III. Title.
IV. Series: Special publication (Forintek Canada Corp.); no. SP-37R.

SD397.W46G65 2004

634.9'756

C2003-907302-5

©1997 Forintek Canada Corp.

Western Red Cedar Lumber Association

ウエスタン レッドシダー

成長、特性および用途

(*Thuja plicata* Donn ex D. Don.)



著者

ジョセフィーナ S. ゴンザレス
(第2版)

2005年9月

フォリンテック・カナダ・コーポレーション

特別出版 No. SP-37R

ISSN 0824-2119

謝 辞

本書の出版にあたりましてご指導と財政援助をいただきました企業会員の皆様、カナダ天然資源省、ブリティッシュ・コロンビア、アルバータ、サスカチュワン、オンタリオ、ケベック、ノバスコシア、ニューブランズウィック、およびニューファンドランド・ラブラドール各州にフォリンテック・カナダ・コーポレーションから深く感謝の意を表します。

著者からも、第1版をお読みくださり貴重なご意見、ご提案をくださいました以下の方々に心から御礼申し上げます。トニー・バーン(Tony Byrne)、レス・ジョザ(Les Jozsa)、ボブ・ケネディ(Bob Kennedy)、グレアムマッケイ(Graham Mackay)、ジム・メハフィー(Jim Mehaffey)、ジェリー・ミドルトン(Gerry Middleton)、ポール・モリス(Paul Morris)、ロン・ニールソン(Ron Nielson)、バート・ヴァン・ダー・キャンプ(Bart van der Kamp)およびケン・マクレランド(Ken McClelland)の各氏。また、グラフィックス担当のスーザン・ロリンソン(Susan Rollinson)、原稿をタイプしていただいたゲイ・チャン(Gay Chan)とカーム・ギル(Karm Gill)、および図書館での調査に協力いただいたバーバラ・ホールダ

ー(Barbara Holder)とフィリス・フレイザー(Phyllis Fraser)の各氏にも厚く御礼を申し上げます。

本書は1997年8月に出版した第1版を改訂更新したものです。新しいデータを盛り込みましたが、第1版に使用した情報の多くは変更されていません。トニー・バーン氏(Tony Byrne フォリンテック・カナダ)とシース・デイエガー氏(Cees deJager ウェスタンレッドシダー木材協会)が共同で第2版を執筆しました。ジョセフィーナ S. ゴンザレスが著者として、第一線を退いた後も第2版の改訂に深く関わりました。特に貴重なご意見をいただきました以下の方々には、感謝の意を表します。フォリンテック・カナダのボブ・ダニエルズ(Bob Daniels)、レス・ジョザ(Les Jozsa)、ジェリー・ミドルトン(Gerry Middleton)、ポール・モリス(Paul Morris)各氏、ブリティッシュ・コロンビア大学労働・環境衛生学部のカレン・パートレット(Karen Bartlett)氏、およびBC州森林省のジョン・ッセル(John Russell)、ジャック・ブスケ(Jacques Bousquet)両氏。林産業革新投資局(Forestry Innovation Investment)からは本書出版に対して多大な資金援助をいただきました。

写真提供：

BCマーケット・アウトリーチ (BC Market Outreach)、レス・ジョザ (Les Jozsa)、フィル・ルバージュ (Phil LePage)、ジョン・ラッセル (John Russell)、よびウェスタンレッドシダー協会 (Western Red Cedar Lumber Association)
図表：スーザン・ロリンソン (Susan Rollinson)
装丁：エリザベス・バーティ (Elizabeth Varty)



概要



ウェスタンレッドシダーはBC州太平洋沿岸北西部と内陸部の温帯雨林地帯に多く生息しています。この樹木は北米で最も長く生きてきた、優れた耐腐朽性と害虫に対する耐性を備えた針葉樹種の一つで、そのため、大きな木に成長します。太平洋沿岸北西部の先住民は古くから、ウェスタンレッドシダーの樹幹、枝および樹皮や根を利用して、家屋、カヌー、衣服、様々な家庭用品、釣りや狩りの道具の他、儀式や宗教用具を作ってきました。

BC州は立木材積の総蓄積量約7億5000万 m^3 のウェスタンレッドシダーを擁しています。その半分は沿岸地域で、同地域の針葉樹としては二番目に多い樹種となっています。大部分は樹齢250年以上の原生林です。5000万 m^3 近くのシダーが公園とその他の保護区に生育しています。沿岸地域で既に認証を受けた、または認定審査中の「施業」森林にかなりの蓄積量があります。「二次林」からのシダーも徐々に成長してきており、原生林のシダーとともに高い価値を持

つ木材として伐採されています。年間伐採量は約600万 m^3 前後で、これは州の年間許容伐採量内であり、森林の維持可能な量として設定されています。

ウェスタンレッドシダーは軽量、木理通直で均一な木質を持ち、樹脂を含みません。これらの特質は全てこの樹種の木材の使いやすさにつながっています。耐腐朽性、寸法安定性および高い絶縁特性を必要とする箇所へよく使用される樹種で、建材としてサイディング、デッキ、フェンス、ガーデン設備、ログハウス用の無垢または集成ログ材、電柱のほか、内装パネル、楽器、屋根のシングル・シェイク(森林に横たわる倒木からよく作られる)などの特殊製品に使用されています。パルプ用としては、製材屑だけが使用されていますが、優れた繊維形態を持ち、特殊紙製品の原料である純クラフトパルプ

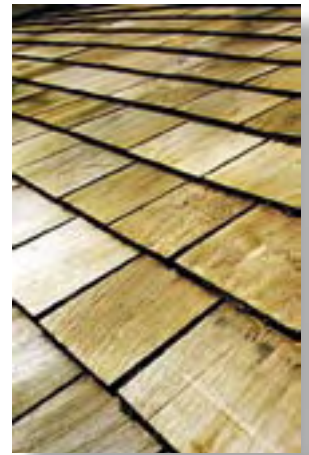
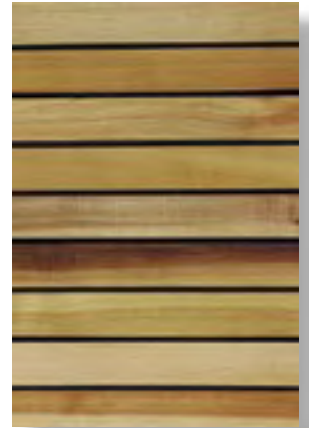




または混合クラフトパルプ製造に高い需要を持っています。

ウェスタンレッドシダーについては多くの科学研究、特にそのユニークな化学特性に関して多くの研究が行われています。芯材に含まれている抽出成分はその数量に不釣り合いなほど突出した特性となっており現われています。これらの抽出成分はこの樹種に際立った特性をもたらすもので、レッドシダーの高い耐久性に寄与する抽出成分について研究が行われています。樹木油や精製された樹木抽出成分の使用が現在開発されています。シダーの葉の抽出油は1987年からブリティッシュ・コロンビア州で生産販売されています。現在、異なった育林管理方式における成長率、材密度および耐久性間の相関関係の調査が行われています。この調査データは成長の速い樹木の材密度が原生林の樹木より低いことを示していますが、ウェスタンレッドシダーは主に化粧用途材または非構造材として使用されるため、その実用性に影響はありません。二次林のシダーの耐久性についての調査は現在進行中です。抽出成分の含有量は、若い元気な樹木と、原生樹木のほぼ同樹齢の部分と比べると、前者にはるかに多く含まれていることがはっきりと示されています。これは主として抽出成分が老齢樹木中の微生物によって徐々に分解されているからだと考えられます。

ウェスタンレッドシダーは世界で最も全面的な研究が行われた樹種です。本書はウェスタンレッドシダーの成長、特性および用途についてこれまでに解明されてきたことを要約したものです。



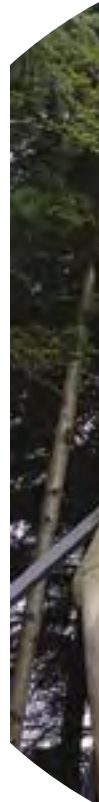
目次



i	図表一覧表
1	序
3	森林資源
3	樹木
3	分布
4	立木材積
5	伐採
6	成長と再生
8	二次林の育成
10	病気、害虫その他の有害因子
10	病気
11	害虫
11	その他の有害因子
12	原木
12	木材の総体的物理的特性
12	辺材
12	芯材
14	樹皮
14	木材の微視的特性
15	木材の物理的特性
15	木材の相対密度と重量
17	寸法安定性
19	保温と断熱性
19	塗装と加工性
20	乾燥特性
21	化学的特性
22	抽出成分
24	化学反応によるシミ
24	耐腐朽性
25	他樹種と比較した耐久性
27	厳しい環境条件下の耐久性
27	シロアリとキクイムシに対する耐性
28	健康への影響
29	力学的特性
31	最終用途
37	参考文献

図表一覧表

- 2 表1.
太平洋沿岸北西部先住民によるウェスタンレッドシダー使用例 (出典 : Stewart 1984)
- 16 表2.
ウェスタンレッドシダー含水率別重量 (MC)
- 18 表3.
各種調査によるウェスタンレッドシダーの生木および様々な含水量 (生材寸法比) における平均収縮率
- 22 表4.
ダグラスファーおよびウェスタンヘムロック材と比較したウェスタンレッドシダーの化学成分 (数値は全乾木質重量に対する%で表示)*
- 22 表5.
中間程度の速度で成長したウェスタンレッドシダーの三つの異なる樹高における芯材と辺材中の化学成分 (全乾木質比)*
- 26 表6.
欧州規格におけるウェスタンレッドシダーの天然の耐久性と加工性
- 30 表7.
ウェスタンレッドシダー無節木材の力学的特性 (出典 : Jessome 1977)
- 3 図1.
ウェスタンレッドシダーの自然分布域 (出典 : Minore 1990)
- 5 図2.
1983年~2002年 BC州沿岸地域のシダー伐採量 (森林省年次報告書)
- 16 図3.
高成長率のウェスタンレッドシダー50年生樹幹の髄から樹皮までの樹高別容積密度 (5本平均) (出典 : Jozsa and Kellogg 1986)
- 17 図4.
ウェスタンレッドシダーのヒステリシス、収縮および膨張曲線 (11樹木15試料の平均値) (Rijsdijk and Laming 1994)
- 18 図5.
他の針葉樹3種と比較した場合の外気に晒したウェスタンレッドシダー含水率 (出典 : フォリンテック・カナダ未発表データ)
- 23 図6.
原生林および二次林のウェスタンレッドシダーにおける抽出成分総計割合 (%) (出典 : Nault 1988)



序

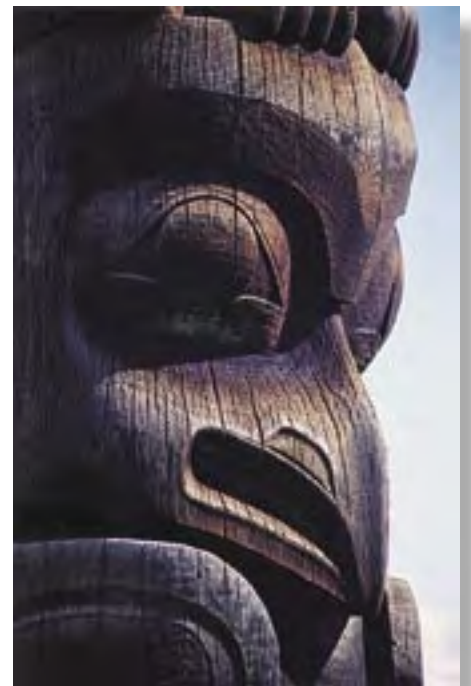


ウェスタンレッドシダー(学名 *Thuja plicata* Donn ex D. Don)は、北米に自生する二種類の *Arborvitae* (ヒノキ科クロベ属)の一つで、もう一種はイースタンホワイトシダー、またはニオイヒバ (*Thuja occidentalis* L.) と呼ばれるものです(Hosie 1969)。この二種類の樹木は通常「シダー」と呼ばれますが、実際はシダーではありません。本物のシダーはヒマラヤスギ *Cedrus* 属で北米に自生しません。紛らわしいことには、「シダー」という名前はアラスカシダー (*Chamaecyparis nootkatensis* (D. Don) Spach)、イースタンレッドシダー (*Juniperus virginiana* L.) およびインセンスシダー (*Calocedrus decurrens* (Torr.) Florin) などと、他の属の樹種にも付けられています。

Arborvitae はラテン語で「*l'arbre de vie* (命の木)」を意味し、フランス国王がイースタンホワイトシダーに命名したものです。16世紀、北米の先住民がジャック・カルティエ探検隊に壊血病の治療薬としてこの木の抽出成分を贈っています(Harlow et al. 1979)。ウェスタンレッドシダー (*Thuja plicata*) は一般的に呼ばれているこの名前よりジャイアントアーボビタエ (*Giant arborvitae*) の方がふさわしいかもしれません。この樹木は巨大に育つだけでなく、太平洋沿岸北西部の先住民は、治療効果と霊的な力を持ち、芸術と文化面で大き

な役割を果たしたこの樹木を崇拝してきました(Stewart 1984)。ウェスタンレッドシダーの樹幹はカヌー、家屋、トーテムポールに利用され、樹皮を編んで敷物やバスケット、ロープ、衣服などが作られ、根は防水のバスケットを作るのに利用されました。シダーの根、樹幹、樹皮および枝から作られた物のリストが表1にあります。木板や樹皮を採取された木々はその痕跡を今も留めており、文化的に形状を変えられた木として知られています。1846年以前にこのように形状を変えられた痕跡を持つ樹木は考古学的な遺跡としてBC州文化遺産保護法で保護されています(BC Market Outreach Network 2003a)。沿岸地方に住む先住民の伝統を継ぐ人々は固有の伝統や文化を継承するために、今日でもシダーを利用してカヌー、トーテムポール、お面や独特の長い家屋などを造っています。

ウェスタンレッドシダーはブリティッシュ・コロンビア州にのみ分布し、豊富な蓄積



1 第1版では、専門的に見てより適切な名称として「レッドシダー」を使用しましたが、本第2版では、市場で広く使用されているこの名称を採用しました。

「海から来る豊富な
鮭のように、木々も
彼らの生活の維持と
豊かさに貢献してき
ました。」

(Stewart 1984)

量を擁しています。1988年には、公式にBC州の州木に制定されました。この樹木は特に沿岸地方に多く分布しています。ヨーロッパから移住してきた人々に初めて利用されたのは1800年代の半ばで、主に屋根のシングル・シェイク材として使用されました。それ以来、シダーは独特な森林製品を生産する大規模産業の基盤となっています。シダー製品は米国の太平洋沿岸北西部でも生産されていますが、カナダの生産規模はそれをはるかに上回るもので、北米および海外からのシダー製品の需要に応えています。ウェスタンレッドシダーの主要輸先としては、ヨーロッパ、オーストラリア、ニュージーランドおよび日本があげられます。

2002年、ウェスタンレッドシダー材の生産は9億300万ボードフィート、または210万^m³と報告されています(COFI 2003)。これは、BC州の木材総生産量の6.4%に当たります。輸出されたウェスタンレッドシダー材は約10億ドルに相当する約170万^m³でした。このうち約85%は米国に輸出されました。さらに約1000万^m²のサイディング材と、2000万^m²を超えるシングルとシェイクが米国を中心に輸出されました。

ウェスタンレッドシダーは世界で最も全面的に研究が行われた樹種の一つです。本書はウェスタンレッドシダーの成長、特性および用途についてこれまでに解明されてきたことを要約したものです。

表1.

太平洋沿岸北西部
先住民によるウェス
タンレッドシダー使
用例(出典：Stewart
1984)



木材

- 壁、屋根および仕切り用の板材
- 柱と梁材
- 彫刻を施したポール、柱、彫像
- 蒸気曲げ加工の箱、
- チェストおよび鉢椀
- カヌー
- カヌーの水をかい出す柄杓とカヌー型収納箱
- 魚釣りの浮きと魚の突き槍
- 鮭魚の罟
- 火起こし棒
- 矢と矢筒
- 揺りかご
- 料理用トング
- はた織り機
- 乾燥棚
- 合札
- 玩具
- 刷毛
- 儀式用お面とシャーマニズム用具
- 鳴子と笛
- 威杖
- 食器
- 墓所記念碑
- 墓所
- 籠のフレーム
- 織布枠

樹皮、枝および根

- 籠、袋、その他の織物
- ロープ、紐、綴紐、より糸
- 毛布
- 寝具
- タオル
- スカート
- マットとポンチョ
- 帽子
- 幼児用ボール
- ベルト、ネックレス、首輪
- 装飾品
- 頭飾り
- 緊急用カヌー
- カヌーのアカクミ
- カヌーの帆
- 網
- 漿果容器
- 木登り用具
- 狩猟道具

森林資源

樹木

ウェスタンレッドシダーは通常高さ45~60m、太さ直径2.4mに成長しますが、より大きな個体もよく見られます。世界で最大のシダーは米国ワシントン州のオリンピック国立公園にあるキノー湖辺にあります。外周22m、高さ55mのこの樹木は樹齢2000年を超えていますと推定されています(University of Bonn 2003)。現在は空洞になっていますが、体積が500m³あったものと推定されています。カナダにおける最大のウェスタンレッドシダーはパシフィック・リム国立公園のチーワット湖辺にあり、樹高55.5m、外周18.3m、体積が449m³あります(Government of BC 2003 Conservation Centre Database)。

狭円錐形の樹冠を持ち、枝は横に垂れ下がり気味に張り出し、先端は上向きになります。鱗のような葉は小さく、長さ3~6mm、黄緑色でつやがあり放射状に広がっています。球果は長さ1~2cmで、柔らかいとげのついたウロコが少数付いています。密集して付く緑色の球果は成熟とともに木のように硬くなり褐色に変化します。樹木の根元近くの幹には溝ができ、根元が横に広がっていますが、特に広々した場所で育つ木にこれが顕著に見られます(Farrar 1995)。根系は浅く広く張り出しますが、強韌です。樹皮は薄く、

厚さが2.5cmを超えることはあまりなく、非常に多くの繊維を含んでいます。若齢樹木の幹は赤褐色、なめらかで光沢がありますが、老木になると灰色がかった褐色に変わり、樹皮が細かく割れ平らな細かい畝が形成されます。

分布

ウェスタンレッドシダーはカリフォルニア北部からアラスカ南東部に至るまで太平洋沿岸に沿って分布しています(図1)。カナダでは、ブリティッシュ・コロンビア州にのみ生育しています。シダーは沿岸西部ヘムロック・ゾーン(生物・地理・気候を総合した生態系)の優占種であり、

図1.
ウェスタンレッドシダーの自然分布域
(出典Minore 1990)



密集して付く緑色の球果は成熟とともに木のように硬くなり褐色に変化します。

その蓄積量の大部分がこのゾーンに集中しています。また、内陸シダー・ヘムロック(ICH)生態系ゾーンにも生育しており(Meidinger and Pojar 1991)、沿岸ダグラスファー・ゾーン、マウンテンヘムロック・ゾーンの低標高地域および山地スプルース・ゾーン(ICHゾーンへの移行帯)の高湿地域でも見ることができます。時として亜高山ファー・ゾーンでも生育することがあります。

ウェスタンレッドシダー生育の上限標高は緯度によって異なります。アラスカ南東部では海拔0~915m、BC州沿岸部では1200mまで、BC州内陸部では320~2130m、オレゴン州では2300mまでとなっています(Burns and Honkala 1990; Minore 1983)。PojarとMackinnon (1994)は、ウェスタンレッドシダーは「アラスカ南東部の南側標高300mの地点で突然途切れるのと同じようにポートフレデリック湾で生育分布が急に止まっています。」と述べています。

太平洋沿岸地区におけるウェスタンレッドシダーの重要な共存樹種はシトカスプルース、ウェスタンヘムロック、ダグラスファー、グランドファー、アマビルスファー、パシフィックユー、レッドアルダー、ブラックコットンウッドおよびビッグリーフメープルです。山地林では、主にウェスタンラーチ、ウェスタンホワイトパイン、ウェスタンヘムロック、グランドファー、ダグラスファーおよびインゲルマンスプルースと共存しています。

ウェスタンレッドシダーはその自然分布域以外でも栽培することができます(Minore 1983)。米国大西洋岸中部と北部、ウクライナ、オーストラリア南部、英国およびスイスでも装飾用樹木として植えられることがあります。イングランド、アイルラン

ド、スコットランド、ウェールズでは人工造林に使用されており、旧西ドイツではほとんど帰化種に近いものとなっています。ポーランドでは試験的植林が行われています。イタリア、フランスの他、デンマーク、ノルウェー、フィンランドといった北欧諸国でも成育されています。ニュージーランドでは、大規模に植栽されていますが、南アフリカ共和国および日本の本州では成果があがっていません(Minore 1983)。

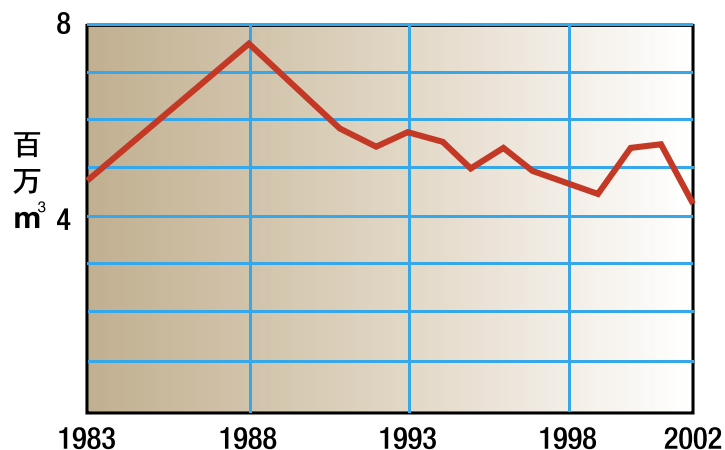
立木材積

BC州は立木材積蓄積量約7億5000万 m^3 のウェスタンレッドシダーを擁しており(BC Market Outreach Net 2003a)、その約80%は沿岸部に分布しています。これは沿岸部における針葉樹の成木総蓄積量の20%、BC州全体の針葉樹種成木総蓄積量の2%に当たります(Council of Forest Industries 2001)。ウェスタンレッドシダー成木の蓄積量は、沿岸部でウェスタンヘムロックに次いで二番目に多いものとなっています。

BC州森林省はウェスタンレッドシダーとイエローサイプレスを併せて集計しており、本書に掲載されている数値はシダーのインベントリー総集計量の70%がウェスタンレッドシダーに当たるという前提に基づいたものです(J. Bousquetとの個人談話)。最新のインベントリー情報(シームレス森林インベントリー・データベース)によると、沿岸部のシダーの総蓄積量は約4億4000万 m^3 です。この四分の三近くが樹齢250年以上の原生林にあります。既に認証を受けた、または認定審査中の「施業」森林にかなりの蓄積量があります(BC Market Outreach Network 2003b)。

「二次林」からのシダーも徐々に成長してきており、原生林のシダーとともに高い価値を持つ木材として伐採されています。

図2.
1983-2002年にかけて
BC州沿岸地域で収穫
されたシダークの材積
(出典：森林省年次報
告書)



沿岸部の蓄積量の約35%または約1億4500万m³が木材収穫地区(Timber Harvesting Landbase: THLB)に、約2億8500万m³または65%が非木材収穫地区(Non-Timber Harvesting Landbase)にあります。

沿岸部では5000万m³近くのシダークが公園およびその他の保護地区に分布しています(BC Market Outreach Network 2003a)。しかし、このデータには1990年代後期の公園開設が反映されておらず、現状はこの数字を上回るものとみられます。

伐採

毎年BC州のシダーク蓄積量の1%未満が伐採されており、その75%は沿岸の森林地区からのものです。

BC州沿岸部における1983年から2002年にかけてのウェスタンレッドシダークの収穫量は図2に示されています(BC Market Outreach Network 2003a)。5年間(1997-2001)を平均すると、年間約640万m³のレッド・シダークがBC州の各種所有形態の森林から収穫されています。沿岸部では、年間平均480万m³(1997-2001)が国有林から収穫されています(J. Bousquetとの個人談話)。全体的に見た場合、過去20年間に約12%収穫が減少しました。沿岸部における収穫全体を見た場合、

過去20年間シダークの全体に対する割合は約24~25%と実質的には常に変わりありませんでした(J. Bousquetとの個人談話)。収穫量は年間伐採許容量以内と決められており、これは州政府管轄の森林から持続可能な木材収穫量として森林監督長官によって設定されています。5年(またはそれ以下)ごとに、現行の伐採許容量が持続できるものであるかを見直し審査します。この審査は年間伐採量が経済および環境分野の最新の情報を反映したものであるか確認するものです。BC州森林管理法(BC Forest Practices Code)は森林の経営に関する規制を設定したもので、法律に基づいた取締りと罰則が規定されています。公有地は伐採後直ちに、その地域に適した樹種を選んで植林することが義務付けられています。

ウェスタンレッドシダークの長期管理計画を最も効果的なものにするために、現在BC州森林省はシダークのインベントリー、収穫、再生に関する最新の情報を統合しています。同省はまた木材供給コンピュータシミュレーションモデルを使用して、沿岸部シダークの短期および長期の木材収穫の経済的展望を分析しています。BC州沿岸地域では皆伐方式は徐々に廃止されています。現在、森林構造を損なわないために立木や枯木、木屑などを十分留保する立木不定残

BC州沿岸地域では皆伐方式は徐々に廃止されています。現在、森林構造を損なわないために、立木不定残存法(択伐)と呼ばれる方式が広く採用されています。

毎年(1991-2002)沿岸地域の植林全体の約15%にあたる平均約800万本の苗木が植林されています。



頸領をネズミの食害から防ぐために保護管をつけたレッドシダー3年生の苗木(BC州沿岸北部)

存法(択伐)と呼ばれる方式が広く採用されています。この方式には木をまとめて、または一本ずつ間隔をあけて残す方法があります。木の残存率は森林の各区画の設定によって異なります。原生林保全に重点が置かれている区画では、ほとんどの木が保持されます。

成長と再生

ウェスタンレッドシダーは高湿地または沖積地帯に最もよく適合します。洪水にもよく耐え(Krajina *et al.* 1982)、ミズゴケ湿原、また肥沃であれば乾燥した土壌でも生育します(Hosie 1969)。痩せた土地でも育ちますが、成長率は遅いものとなります。シダーの生育にとって最適の条件を備えているのはワシントン州オリンピック半島です(Burns and Honkala 1990)。この樹種は通常その他の共存樹木より長生きで、よく樹齢800~1000年に達します。樹齢3000年を超える木があることが報告されています(Parker 1986)。

ウェスタンレッドシダーはめったに純林を形成しません。日陰に強く、沿岸の極相森林の代表的樹種(Sharpe 1974)で、森林の遷移の全段階に存在することも稀ではありません(Burns and Honkala 1990)。しかし、その低い自然再生力と現在の森林循環期間に比べ成長率が低いため、ブリティッシュ・コロンビア州沿岸部とアラスカ州の森林の多くでウェスタンレッドシダーの優占度が低下していると言われています(Curran and Dunsworth 1988)。

皆伐後、ウェスタンレッドシダーの種子散布と発芽が自然再生には不適切な場合がよくあります(Curran and Dunsworth 1988)。ウェスタンレッドシダーは定期的に大量の種子を生産しますが、森林を形成するには膨大な量の種子が必要とされます。

その他、苗床の状況、環境条件(気温、日光、水の状況など)、土壌条件、競合、窒息、小動物による摂食など再生に影響を及ぼす重要な要因があります(Curran and Dunsworth 1988)。多くの生産性の低いシダー林には、費用効率の最も高い方法として自然再生法が引き続き用いられることが予測されるものの、上記の要因から植林に重点が置かれるようになりました(Curran and Dunsworth 1988)。ウェスタンレッドシダーは容易に栄養繁殖することができます。Parker (1986)によると、アイダホ、モンタナ、ワシントン各州の原生林では苗木による繁殖より栄養繁殖のほうが一般的です。鉍質土壌と腐った倒木が生存に最適の条件を持っています。

ブリティッシュ・コロンビア州におけるウェスタンレッドシダーの植林はその他の樹種とともに1960年代後半に始まりました。大量のシダーの植林が行われており、毎年(1991-2002)沿岸地域の植林全体の約15%にあたる平均約800万本の苗木が植林されています。1980年代にダグラスファー中心であった植林の方針が変更され、シダーに重点が置かれました。その結果、70余年後には伐採可能なシダーが増加が見込まれています。2002年にバンクーバー森林地区に植樹された苗木の30%がウェスタンレッドシダーでした(BC州森林省年次報告書)。植樹は他の樹種とともに主として小区画に分けて行います。シダーは主に根腐れた木の窪んだ跡地や密生した藪地などのある湿度の高い地域に植樹され、霜の降りるやや冷たい窪地にはウェスタンヘムロックやダグラスファーよりよく適合することが知られています。ウェスタンレッドシダーの人工更新を最も効果的に行う方法が数多く提案されています(Curran and Dunsworth 1988)。シダーには針葉樹の開放間伐、若木の間伐、

収穫前の間伐、施肥などの育林作業が高い効果を現します(Harrington and Wierman 1985; Minore 1983; Reukema and Smith 1987; Smith 1988)。ワシントン州西部の高地にある同齢の純林は、樹齢50年のダグラスファーの純林に匹敵する蓄積量を擁しています(Oliver et al. 1988)。ワシントン州西部の湿

り気が多い土壌の森林では、純二次林で樹齢40~60年でヘクタール当たり最高825m³の伐採量があります。BC州のそれほど湿度の高くない森林について見た場合、収穫モデルはヘクタール当たり40年生で70m³、115年生で350m³、270年生で595m³の収穫量があることを示しています。(Burns and Honkala 1990)。年成長量が最大になるのは樹齢82年で、平均年成長量が最大になるのは樹齢130年です(Burns and Honkala 1990)。ワシントン州西部では樹齢46~58年間の直径と材積の成長は、立木密度(本/ヘクタール)と負の相関関係にあります(Nystrom et al. 1984)。ウェスタンレッドシダーの利用可能な材積は人工林で、または早期間伐を行った自然林で高くなることが予測できます。

ブリティッシュ・コロンビア州は「遺伝子組み換え」ではなく、伝統的な植物育種技術を駆使して積極的に樹木改良プログラムを実施しています。ウェスタンレッドシダーは成長、順応性(Rehfeldt 1994, Cherry 1995, Russell et al. 2003)、シカの食害に対する耐性(Vourc'h et al. 2002)、および木質に顕著な量的遺伝変異が見られます。変異の大部分は産地ごとではなく、同一の産地内に

存在するものです。ウェスタンレッドシダーは自家受粉をすることができ(El Kassaby et al. 2001, O'Connell 2003)、種子特性および育種場での早期成長(Russell et al. 2003)、および耐寒性(Cherry 1995)に対する近交弱勢は最小限であることが示されています。10年にわたる実地試験の結果、自家受粉の樹木は成長率が10%減少しましたが、異系交配の樹木に比べ生存率は変わりありませんでした(Russell et al. 2003)。

現在、ブリティッシュ・コロンビア州では、遺伝子保存イニシアチブ、種子移動に関するガイドライン、および樹木改良などに関わる総合遺伝子資源管理プログラムが実施されています(BC州森林遺伝学審議会 2002)。現行の種子移動に関するガイドラインは広範囲にわたるものですが(BC Ministry of Forests 1995)、産地試験の早期情報は、種子の移動に関する規制を将来緩和できることを示しています(Russell 未発表データ)。現在、約1000本の母樹が第一世代の次代検定中で、十年後には沿岸の採種園で、一周期ごとに生産量が10~15%増加するA級の種子ロットができると予測されています(Forest Genetics Council of BC 2002)。採種園では自家受粉を最小限に抑えるために革新的な管理技術を採用しています(Brown et al. 2003)。

原生林と二次林いずれのウェスタンレッドシダーも、その芯材に含まれる抽出成分トロポロンの含量に変動があります。シダーの耐久性を高める働きをする抽出成分のほとんどはトロポロン類に分類されます(24~25ページ参照)。研究プログラムの一環として、親木約300本の芯材に含まれるトロポロン濃度が分析され、選定された親木は芯材耐腐朽性採種園に採用されます(Forest Genetics Council of BC 2002)。



バンクーバー島北部で植栽された10年生のレッドシダーを調べる育林研究者ジョン・ベーカー博士(John Barker)。ベーカー博士は退職するまで数多くのレッドシダーに関する現場研究に多大な功績をあげてきました。



4年にわたる試験を行いウエスタンレッドシダーの研究を進めている森林遺伝学者ジョン・ラッセル博士(John Russell)。試験は自然林の優れた原生樹木の子孫の成長を調査するために行われています。

ウエスタンレッドシダーは次のような育林特性を持つため、多くの地域で人工造林用の樹種として高い評価を得ています：ダグラスファーとウエスタンヘムロックには感染する根腐れ病に対する抵抗力、少ない虫害、高湿土壌や洪水に対する耐性、耐陰性(Curran and Dunsworth 1988)。しかし、共存樹木ウエスタンヘムロックやダグラスファーに比べ、ウエスタンレッドシダーに対する様々な森林管理技術の効果についてはあまり分っていません。実生苗の生理学、水関係、栄養および各種管理法の効果などに関する現在の知識を更に充実させるために研究を続けることが提言されています(Curran and Dunsworth 1988)。

二次林の育成

BC州ではまだ原生林の割合が高い一方、二次林からのシダーも徐々に成長してきており、原生林のシダーとともに高い価値を持つ木材として伐採されています。ウエスタンレッドシダーの二次林育成に関してはBC州に比べ米国太平洋岸北西部のほうが長い経験を持っています。MarshallとDeBell(2001)はこう述べています。「太平洋岸北西部の森林資源の管理は初期の原生巨木の収穫から、最近の高成長率と材積の最大化を目指す管理を行っている人工林で育った直径の小さい若齢木の収穫へと大きく変化しました。この傾向は木材生産と木材以外の幅広い分野の価値の両方をこれまで以上に重視しつつ続いていくでしょう。蓄積されてきた育林に関する知識は、これらの新しい目標を達成する体制を開発するのに役立ちますが、この新しい体制のもとでは、過去と比べ非常に異なった特徴を持つ樹木や木材を生産することになるでしょう。これは価値観に大きく影響を与えるものです。」この見解はBC州の森林業に次第に当てはまるものとなってきています。最近まで育林活動がウエスタンレッドシダーの木材特性に及ぼす影響にあまり注意が払われていませんでした。高い材積成長率に重点が置かれる状況を考えると、樹木の様々な特性が変化する可能性もあり、それは必ずしも木材の品質の面で望ましいものではないかもしれません。

「ウエスタンレッドシダーは太平洋岸北西部に育つ樹木の中で、最も耐陰性を備えた樹種の一つです。将来、育成林において樹種構成の幅を広げ、構造の多様性を高める新しい管理体制において、ウエスタンレッドシダーは益々重要な役割を果たすようになります。」(Marshall and DeBell 2001)



高品質を維持する二次林のレッドシダー

386年生シダーの放射断面(中：半径28cm)と成長率の高い71年生(下：19cm)。前者の横断面(上)。数字は芯材と辺材の境界から数えた年輪数。化学分析の結果、 β および γ -ツヤプリシン(thuaplicin)の合計含量はいずれもほぼ同等で、ツヤプリシン2種とも芯材外層で最高含量、髓近くで最低量を示した。

将来、木材製品としても、生態系に重要な役割を果たす木屑としても、樹木は若齢の育成林で育つこととなります。育成林で育つ樹木の耐久性を維持することが懸案です。異なる育林体制における樹木の成長率、材密度、木材の耐久性間の相関関係に関する調査がBC州で(Russell 2003)、および米国で(Marshall and DeBell 2001)現在進行中です。データは、成長の速いシダーは原生林のシダーに比べ密度が低いことを示していますが、これはシダーは主に非構造材と

して使用されていることから、さほど重要ではありません。予想外なのは、成長の速い樹木の抽出成分含量が高いことです。Marshall と DeBell(2001)は若い育成林で成長と生産量を促進するようデザインされた造林経営を通して、高含量の抽出成分を持つ樹木を生産することができると示唆しています(23-24ページ参照)。

成長の速い樹木に抽出成分含量が高く、従って高い耐久性があると見られます。

病気、害虫その他の有害因子

ウェスタンレッドシダーは多くの害虫、樹木を枯死させる菌類および哺乳動物の攻撃に遭遇しますが、自然林、人工林の樹木いずれも重大な問題となることは滅多にありません(van der Kamp 1988)。ウェスタンレッドシダーは在来樹種の中で様々な有害因子に対して最も高い耐性を備えています(Krajina et al. 1982)。この特性が認められて、ウェスタンレッドシダーは北米からの輸入針葉樹材に対するヨーロッパの植物衛生に関する規制の対象から除外されています。

病気

樹幹の病気：樹幹に発生する重大な病気はありませんが、数種類のさほど重要ではない菌類が、樹勢の衰退した、または死んだ幹に発生します。Minore (1983)がこれらの菌類を列挙しています。

Didymascella thujina (Durand) Maireが引き起こすシダーの葉枯病(Keithia病)は育苗場の苗木の枯死を招き(Kope et al. 1996)、若木の葉枯れと成長の遅滞を引き起こし、深刻な場合は樹木の枯死に至り(van der Kamp 1988)、育林の失敗という結果にな

ります。Keithia病はウェスタンレッドシダーのどの木にも発生し得るもので、単一の優性遺伝子によって制御されていることが示されています(Soegaard 1969)。Keithia病感染の度合いは地域によって異なり、沿岸部の低標高地の樹木に高い抵抗力があり(Lines 1988, Russell et al. 2003)、樹木間の差違が顕著に見られます(狭義の遺伝力0.3以上)(Russell et al. 2003)。重度の感染は樹木を死に至らしめます(van der Kamp 1988)が、北米でKeithia病が蔓延することは稀です(Minore 1983)。

樹皮を侵すCanker病は稀で、樹皮を破壊する細菌生物の存在はストレスを受けた木または損傷木に限定されます(van der Kamp 1988)。

胴腐れ：ウェスタンレッドシダーの芯材はその対菌毒性を持つ主要抽出成分ツヤプリシン(thujaplicins)のおかげで、腐朽に対する抵抗力があります(23~25ページ参照)。しかしそれに関わらず、老樹に腐朽が広がります(van der Kamp 1988)。これは、菌類の継続的侵入が樹木の化学成分を次々と変え、芯材の中心から外側に向かって、本来芯材に含まれている毒性を失わせていくためです(Jin 1987; van der Kamp 1986)。シダーは他の針葉樹に比べ長寿の樹種です。そのため、腐朽が進展する時間が長いこととなります。最初に、健康な芯材に侵入した非腐朽菌(*Sporothrix*と暫定的に認識)が有毒抽出成分を毒性のない化合物に分解します(Jin et al. 1988)。この活動が他の菌類(*Kirsteiniella thujina*および*Phialophora* sp.)の侵入に道を開き、それらが更に白色の積層腐朽を引き起こす*Ceriporiopsis rivulosa* (Berk & Curtis) Gilb. & Ryvarden といった腐朽菌の侵入を促進します(Allen et al. 1996)。腐朽箇所の周囲の芯材は常に濃褐色をしています(Jin et al. 1988)。

Keithia病を持つ10年生の産地試験植林地。この病気は低緯度の沿岸部に位置する植林地でよく見られます。



根株心腐病と根腐病：*Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herinkは短期間でたちまち若齢木を取り囲んで殺してしましますが、老樹はそれほど短期間で死ぬことはありません(van der Kamp 1988)。*Poria subacida* (Peck) Sacc.は間伐の切り株を感染源として、電柱サイズの樹木(胸高直径5~10.9インチ)に多大な被害を与えました(van der Kamp 1988)。BC州内陸部では*Phellinus weirii* (Murr.) Gilbn.が一般的な根株心腐病の病原菌で、若齢木に腐朽をもたらします。重大な被害は芯材部にある「内部辺材」(白っぽい色の部分)に起きます。これは「内部辺材」には抽出成分の含量が少なく、侵入されやすいためです。

Minore(1983)が幹心腐朽を引き起こす腐朽菌を網羅したリストを文献論評の中で提示しています。シダーの病気についての広範囲にわたるリストはAllen(1996)らによって作成されています。

害虫

虫害は時として見られるものの、ウェスタンレッドシダーにはあまり被害をもたらしません(Burns and Honkala 1990; Minore 1983; van der Kamp 1988)。最も被害を及ぼす害虫として次のものがあります。

i) *Mayetiola (Phytophaga) thujae* Hedlin：昆虫コーンミッジは、ワシントン、オレゴンおよびブリティッシュ・コロンビア各州で時としてウェスタンレッドシダーの球果の100%に被害を及ぼし、甚大な損害を与えることがあります(Furniss and Carolin 1977; Minore 1983; van der Kamp 1988)。

ii) *Phloeosinus*属のキクイムシ(*P. punctatus* LeConteおよび*P. squamosus* Blackman)はストレス下の樹木を襲い、樹木の枯死を招くことがあると報告されています(Furniss and Carolin 1977; Minore 1983)。

iii) キクイムシ：頭部の扁平なウェスタンシダーキクイムシ(*Trachykele blondeli* Marseulタマムシ)はBC州南部の沿岸地域で一般に見られ、健康な立木に取り付きます(McLean 1998)。成虫は枝葉を食べ、卵を樹皮の下に産み付けます。幼虫は枝から木の幹へと穴を開け穿入し、この虫の作ったトンネルのため品質等級が落ち、間伐の対象となります(Duncan 1995)。地域によっては、この種類の害虫によって特に大きな被害を被ることがあります(Furniss and Carolin 1977; van der Kamp 1988)。丸い頭部を持った2種類のキクイムシ*Atimia confusa* Sayと*Semanotus amethystinus* LeConteは、大きなウェスタンレッドシダーの幹と枝を攻撃しますが、枯死したばかりの木または枯死しつつある木に限られています(Furniss and Carolin 1977; van der Kamp 1988)。

iv) アンブロシアカブトムシ(*Gnathotrichus sulcatus* LeConte)は青いシミに囲まれた小さな通路を作るため、品質等級の低下を引き起こします(Furniss and Carolin 1977; van der Kamp 1988)。これらのカブトムシは丸太または樹勢の衰えた木にのみ付きます。しかし、これらの害虫はウェスタンレッドシダー材に付着したり寄生することはなく、木材製品に損傷をもたらすこともありません。

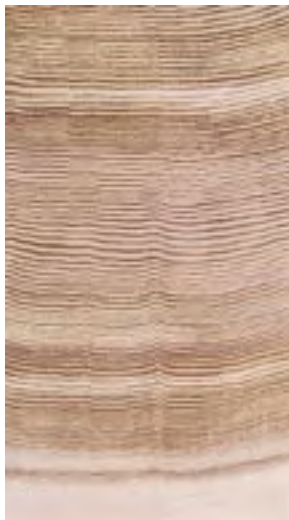
その他の有害因子

レッドシダーの苗木と若木はシカとエルクに採食され、レッドシダー林再生の最大の障碍となっています。クロクマは樹皮を剥がして露出した辺材を食べます(Minore 1983; Sullivan 1992)。オレゴン州やアイダホ州では牛や羊などの家畜による食害が見られます(Minore 1983)。ウェスタンレッドシダーはその浅い根系と薄い樹皮のため、火災に遭うとたちまち死んでしまいます(Harlow et al. 1979)。

ウェスタンレッドシダーは在来樹種の中で様々な有害因子に対して最も高い耐性を備えています。

原木

木目が均一なのは、年輪幅のほとんど全てが早材で占められていることによります。下が老木、上が若木。



木材の総体的物理的特性

辺材は黄色味を帯びた白色をしています(Panshin and DeZeeuw 1970)。芯材の色は一定ではなく、薄い麦藁色からピンクがかった色、赤褐色から暖かみのある濃褐色に至るまで様々な色相を呈します(Harrar 1957)。塗装保護を施さないシダ材は自然の風雨に晒されると、光沢のない濃い灰色または褐色がかった灰色に変色します。通常、木理通直で、きめの細かさが均一で、ヤニを含まず、甘い芳香を放ち、微かな苦味があります。木目が均一なのは、年輪幅のほとんど全てが早材で占められていることによります。成長輪ははっきりしており、濃褐色の晩材の狭い帯がくっきりと現われています。早材から晩材への移行は、年輪の狭い樹木ではかなり急で、年輪の広いものでは緩やかです(Harrar 1957)。

辺材

ウェスタンレッドシダーの辺材の幅は通常狭く、様々な樹齢および直径の樹木で18~43mmにわたり、樹木の直径の増加に伴って広がります(Lassen and Okkonen 1969)。WellwoodとJurazs(1968)は73本の樹木を調べ、辺材幅がは平均22mm、樹木を伐採する時の高さ(切株高)で最高値、切株高から約5mの箇所最低値、その後は幹の高さに従って増加するという結果を得ました。しかし、この増加は40mの高さで僅か5mmというものでした。

ウェスタンレッドシダーの辺材の含水率は、生木の場合、芯材が58%なのに比較して、249%あります(全乾木質重量比)(Nielson et al. 1985)。辺材は化学防腐剤などの浸透性が高く、電柱に使用する場合、

耐久性の備わっていない辺材に防腐処理を施し、長期間の使用に耐えることができます。

芯材

浸透性

ウェスタンレッドシダーの芯材は水や水性化学薬品に対して非常に低い浸透性を持っています。この特性は有縁壁孔(液体が通過できる仮道管の入口)の細胞膜にある皮殻質の堆積物によるもので、仮道管間の液体の流動を妨げ(Krahmer and Cote 1963)、液体が木材へ浸透するのを妨げます。芯材のこの堆積物は大量ですが、辺材にも少量認められます(Krahmer and Cote 1963)。

色相のバリエーション

ウェスタンレッドシダー成木の芯材は幅広い色相バリエーションを示します。ブリティッシュ・コロンビア州産のシダーは沿岸部と内陸部によって変色のパターンが異なります。沿岸部の成木の丸太では、中心に褐色の腐食部があり、中心部の濃褐色から外周に向かって褐色、桃褐色へと変化しています。各色相ははっきりした不規則な境界線で分かれ、「不規則に形作った円錐形の巣の側面が横断面ではなく、軸方向に沿った形成層に平行に位置している」ように見ると表現されます(van der Kamp 1986)。しばしば、薄い麦藁色の芯材が幅広く外周部分(数cm~25cm幅)に現われますが、辺材(ほとんど白色)ではありません。MacLeanとGardner(1956)は内側の濃褐色の芯材に含まれているツヤプリシンおよび熱水可溶物質は外側の麦藁色の芯材よりはるかに少ないことを示しました。KaiとSwan(1990)は芯材の色相に寄与している

ブリティッシュ・コロombia州内陸と米国北西部で見られる変わった色のバリエーション「弓矢の標的」パターンを示すウェスタンレッドシダの横断面。(資料提供：Pope & Talbot, Grand Forks, BC)



化学成分を分析し、着色物質はプリカチン酸(plicatic acid)などのリグナン(lignans)から酸触媒による縮合反応によって作られていることを示唆しました。

ウェスタンレッドシダーに見られる例外的な2種類の色相「弓矢の標的」パターンおよび「油」または「脂条」は異なった化学物質の分布によるものです。「弓矢の標的」パターンはブリティッシュ・コロombia州内陸部と米国北西部では一般的で、横断面に薄い色と褐色が交互に現われる同心円が見られます。樹木によっては、完全な円ではなく弧を描くだけのものもあり、年輪に沿う傾向があるものの、年輪を越えて起きる場合もあります。薄い色の部分は辺材と似ており、化学組成は芯材より辺材に近い「内部辺材」と呼ばれることもあります。「内部辺材」の抽出成分含量は低く、辺材とほぼ同程度の天然の耐腐朽性を持っています(MacLean and Gardner 1958)。

「脂条」と呼ばれるウェスタンレッドシダーにおけるもう一つの例外的な色相パ



ウェスタンレッドシダーの自然な色のバリエーションを独創的に使用した例。

ターンは、木目に沿った狭い濃色の帯からなっています。濃色の帯条の筋は樹脂を含んだような外観をしており、多いものは木材重量の30~50%に達するほどの淡褐色の抽出成分が浸透していません(Barton and MacDonald 1971)。ウェスタンレッドシダーには樹脂道がないため、この樹脂を含んだ木質部分は樹木の損傷の結果である場合があります。

長年の研究の結果、ウェスタンレッドシダー芯材における色相のバリエーションはシダーの持つ耐腐朽性に関係すると説明されています。初期の研究(Eades and Alexander 1934; Findlay and Pettifor 1941)では、内側の濃色の芯材は多数の菌類が生息していたが、それと反対に、外側の麦藁色の芯材部分は無菌を保った部分であることを示しました。BartonとMacDonald (1971)は、シダー材の色相のバリエーションは、微生物の酵素システムによって誘発された抽出成分の化学変化の結果であることを示唆しています。これらの微生物は必ずしも木材に被害を及ぼす種類ではありません。Van der Kamp(1986)は、300+年生のウェスタンレッドシダーの濃色の芯材部分のツヤプリシンと熱水可溶抽出成分の含量は芯材外層部と比べて低いが、耐腐朽性に大差がないことを示し、これは内側の芯材部に含まれている対菌毒性を持つツヤプリシ誘導体によるものと述べています。Jin(1987)、およびJinら(1988)はその後、芯材の内側の濃色部分に比べ外側の麦藁色の部分の天然の耐腐朽性がより高いことを発見しました。また、芯材の変色は芯材部分の中心から外側に向かっての菌類の継続的な活動によってもたらされた分解過程の結果であることを確認しました。この分解活動で、ツヤプリシンが腐朽菌に対して毒性を持たない成分に分解され、腐朽菌の侵入を容易にします。

FindlayとPettifor (1941)は芯材の濃色への変化を芯材の力学的性質との関連で捉え、正常な薄色の芯材に比べ、相対密度、強度、圧縮強度特性が20%低いことを発見しました。

樹皮

外側の死んだ樹皮は多繊維質で、緊密に絡み合った網状組織を形成します。通常長さ数mmで、縦に通った樹脂道が内樹皮と外樹皮ともにあります。樹皮繊維の長さは約2.5~3.0mmです。沿岸および内陸部の73年生から489年生にわたる合計170本の樹木の各部位を調べた結果、この樹皮二層の厚さは平均19mmで、変動係数は約60%と極めて高いものでした(Smith and Kozak 1967)。内樹皮と外樹皮の容積密度はそれぞれ0.36と0.38です。含水率はそれぞれ88%と37%(全乾木質重量比)です(Smith and Kozak 1971)。

シダー樹皮の化学的特性について幅広い研究が行われてきました(Barton and MacDonald 1971)。樹皮にはタンニン(tannins)、フロバフェン(phlobaphenes)、バニリン(vanillin)、カテキン(catechin)、および脂肪酸などが含まれています。樹皮には木質部における含有率とそれほど変わらない31%のリグニンが含まれていることが化学分析で示されています(Isenberg 1980)。樹皮のソーダによるパルプ化の溶媒抽出の各段階を見ると、抽出成分を除去してもパルプ収量の向上にはつながらないし、可溶化を妨げる残留リグニンの除去を促進しないことが分ります(Swan 1966)。

シダーの樹皮は繊維が多く、剥皮機、コンベヤー、寸断機で皮が球状になってしまう

ため、皮の除去は他の樹種に比べ困難が伴います。しかし、木材チップについている樹皮はクラフトパルプ製造過程で白くなり、パルプを汚染する汚いシミを作ることはありません(McWilliams 1988)。

シダーの樹皮はその酸性抽出成分が植物の根系に損傷を引き起こし(Steer 1995)、また独特の繊維特性のため取り扱いが難しく、景観作りや園芸への利用には適していません。

樹皮の発熱量は20.24 MJ/kgまたは8700 BTU/lb (Nielson *et al.* 1985)です。

木材の微視的特性

横断面：普通の樹脂道は存在しません。軸方向柔細胞(濃色の物質を含む薄壁の細胞)はまばらですが、数量が多い場合は、通常晩材部に限られ、途切れた接線として拡大鏡で観察することができます。早材から晩材への移行は通常、急です。

放射断面(柾目)：有縁壁孔対が早材仮道管の放射壁によく見られます。分野壁孔(放射柔組織につながる壁孔)は楕円形で、大きさは極めて均一で、明確な境界とレンズ状の孔(両凸レンズの形状)を持っており、1分野につき1~4個見ることができます。放射組織は通常7細胞高以下で、柔細胞のみで構成されています。この樹種では、放射仮道管を放射組織上下端に見ることは滅多にありません。放射細胞はくぼみのある滑らかな末端壁とまばらな粘着性のある浸透物があります(Panshin and de Zeeuw 1970)。

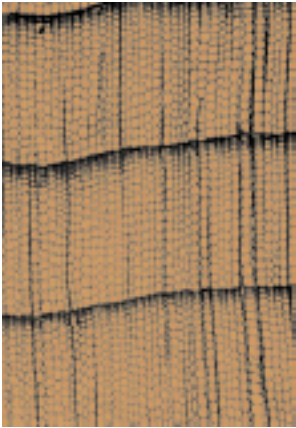
接線面(板目)：放射組織は単列です(一列並び)。壁孔が散在しますが、晩材仮道管の最後の数列に限られています。



老木の樹皮は平らな細かい皺を形成します。



狭い晩材を示すウ
ェスタンレッドシ
ダー横断面



仮道管は長さ平均3.5mm (1.4~5.9mm)の繊維を持ち、軸方向の幅は平均30~45 μ m (Isenberg 1980)です。WellwoodとJurazs (1968)によると、髄付近の仮道管は短く(1.2mm)、50年生で3.5mmに達し、その後は何年でも成長するに従ってゆっくと増加します。繊維の長さは切株高で最低となり、中間の高さで最高となり、その後は樹高が高くなっても感知できるほど増加しません。切株と10年生以下のサンプルを除外した場合、繊維の長さ相加平均3.3mmが得られ、全てのサンプルを計算に入れると2.3mmとなります。GraffとIsenberg (1950)はクラフトパルプの繊維長は平均でそれより短い2.05mmで、最も考えられる原因は切断であろうと報告しています。

有縁壁孔膜にはトーラス(壁孔膜の厚い中央部分)がありません。細胞膜はきつちりと並んだ繊維で構成されており、厚い外殻で覆われています。辺材より芯材で厚い外殻の傾向が強く見られます。繊維間の開口部はダグラスファーまたはウエスタンヘムロックよりはるかに小さく、約0.1 μ mです(Krahmer and Cote 1963)。

ウエスタンレッドシダー材はイースタンホワイトシダー、インセンスシダーおよびレッドウッドと似ており、よく間違えられることがあります(*Sequoia sempervirens* (D. Don.) Engl.)。これらの木材は色相バリエーションの一部を共有し、芳香の差違も僅かです。ウエスタンレッドシダーとインセンスシダーはともにほぼ同様なピリッとした香りがします。イースタンホワイトシダーは微かですが、独特の「シダーの香り」がします。しかし、顕微鏡で観察すると、インセンスシダーには相違点があります。その放射組織は結節性の末端壁と粘着性のある物質を持ち、部分的に二列(軸方向の断面で二列の放射細胞が見られる)になっています。顕微鏡

で観察した場合、イースタンホワイトシダーはウエスタンレッドシダーと非常に近似しています。この二種は肉眼的特徴によってよく区別することができます。例えば、イースタンホワイトシダーはウエスタンレッドシダーの平均的な褐色ほど濃くなく、また早材から晩材への移行がより緩やかであるなどです。これら三樹種は地理的に異なった地域に成長するため、木材の産地情報によって識別することができます

木材の物理的特性

木材の相対密度と重量

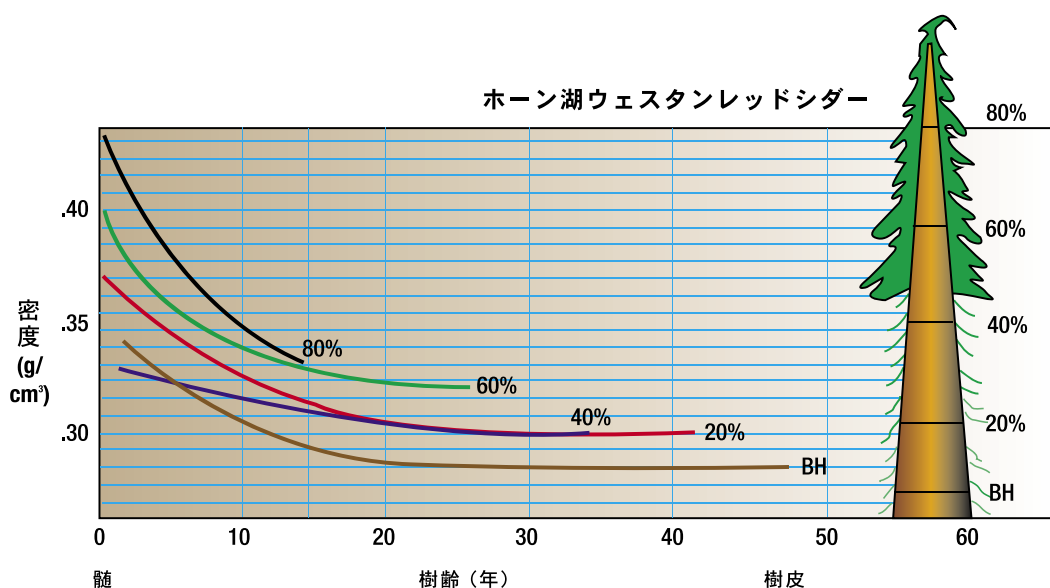
ウエスタンレッドシダー材は軽量です。表2に示されたように、330~340 kg/m^3 の全乾木質重量と生材体積密度に基づいて、その他の含水量におけるウエスタンレッドシダーの予測重量を計算することができます。ウエスタンレッドシダーの重量は、気乾状態(含水量12%)で370~385 kg/m^3 、全乾状態で330~340 kg/m^3 、生材で432~533 kg/m^3 です(Isenberg 1980; Jessome 1977; Mullins and McKnight 1981; Nielson *et al.* 1985; Rijdsdijk and Laming 1994; USDA 1955)。

ブリティッシュ・コロンビア州産のウエスタンレッドシダー材の相対密度(比重)は約0.33(全乾重量/生材体積)です(Smith 1970)。Jessome (1977)は12本を計測して、それより低い数値0.31を得ています。CownとBigwood (1979)は、ニュージーランド産樹木で平均容積密度315~341 kg/m^3 を得ています。

表2.
ウェスタンレッドシダー含水率別重量(MC)

% MC	0 全乾	6	9	12 気乾	15	30	60 生材
重量 (Kg/m ³)	330-340	350-360	360-371	370-385	380-391	429-442	528-544
(Lbs/ft ³)	21	22	23	23.5	24	27-28	33-34

図3.
高成長率のウェスタンレッドシダー50年生樹幹の髄から樹皮までの樹高別容積密度(5本平均) (出典：Jozsa and Kellogg 1986)



ウェスタンレッドシダーの相対密度は樹幹で、高度にしたがって増加しますが、髄から半径方向に減少し、最初の5年間の成長部分では急速に、20年目までは緩やかに減少し、その後の増減は横ばいになります(図3) (Jozsa and Kellogg 1986; Okkonen et al. 1972; Wellwood and Jurazs 1968)。この図(図3)から、ウェスタンレッドシダーの未成熟材は髄から20の年輪を持ち、成熟材より高い密度を持っていることが分ります。WellwoodとJurazs(1968)は250年生の樹木を調べた結果、100年輪以降、密度が更に減少することを発見しました。

Smith(1980)はウェスタンレッドシダー21年生の半径方向の成長間隔と晩材率を調べ、間隔の増加にしたがって年輪幅は増加し、晩材率は減少するという結果を得ています。密度は計測されませんでした、このことから間隔の増加は密度の減少を招くことが推定されます。SmithとParker(1978)は早材の相対密度(X線分析) 0.25~0.32、晩材の密度0.51~0.69、年輪密度0.26~0.36という計測値を得ています。

ウェスタンレッドシダーは針葉樹種の中で最も寸法安定性の高い樹種の一つです。

寸法安定性

ウェスタンレッドシダー材はその低密度と低吸収率のため、寸法安定性に優れています。寸法安定性の大きな要因としては、ほとんどのカナダ産針葉樹材の繊維緩和点(FSP)の含水率が25~30%であるのに対し、シダーは18~23%と非常に低いことが挙げられます(Higgins 1957; Rijdsdijk and Laming 1994)。このため、ウェスタンレッドシダー材は収縮膨張が最小限に抑えられ、湿度が変化しても寸法の変動はごく小さいものです(図4) (Rijdsdijk and Laming 1994)。低吸湿率は、高含有率の抽出成分が吸湿箇所を遮っているからです。ウェスタンレッドシダーの耐吸湿性能は図5に表されています。ウェスタンレッドシダーの乾材と1年間掩蓋して戸外に置いたダグラスファー、ウェスタンヘムロックお

よびシトカスプールの含水率を比較しています。開始時に含水率6~10%まで乾燥させました。2ヶ月で、シダーの試料は9~11%で平衡状態となり、試験期間中これを保持し、相対湿度の変化とともに僅かに変動をみせただけでした。一方、ダグラスファーは12~16%、スプールの含水率は14~20~21%を示しました。グラフに示された変動は木材の寸法変化を表します。ウェスタンレッドシダーが示す少ない変動は、優れた寸法安定性を示し、屋根材、サイディング、デッキおよびガーデン建築物などの乾燥と湿潤を繰り返す箇所に使用される木材としては最適の特性を備えていることを表します。この特性がウェスタンレッドシダーを上記の用途、および寸法安定性と撥水性が重要な意味を持つ用途に最適な素材とならしめ

図4. ウェスタンレッドシダーのヒステリシス、収縮および膨張曲線(11本の樹木からの15試料の平均値) (Rijdsdijk and Laming 1994)

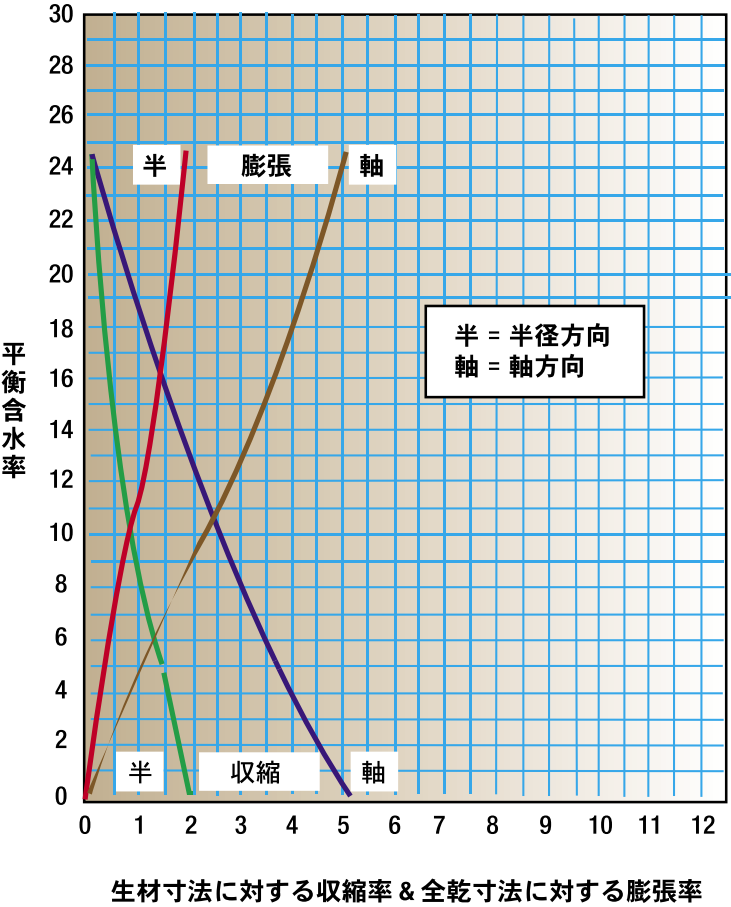
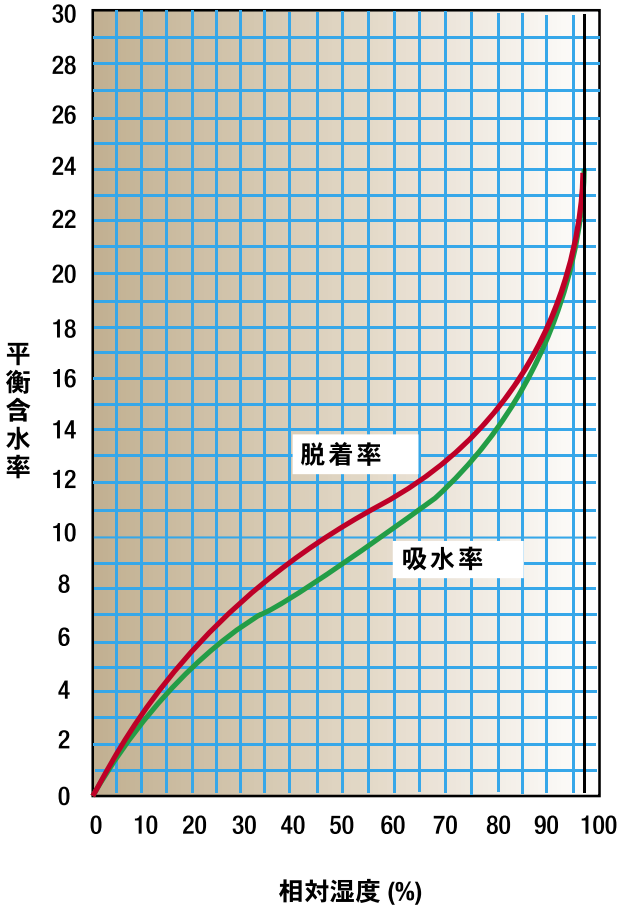


図 5.
他の針葉樹3種と比較した場合の外気に晒したウェスタンレッドシダー含水率（出典：フォリンテック・カナダ未発表データ）

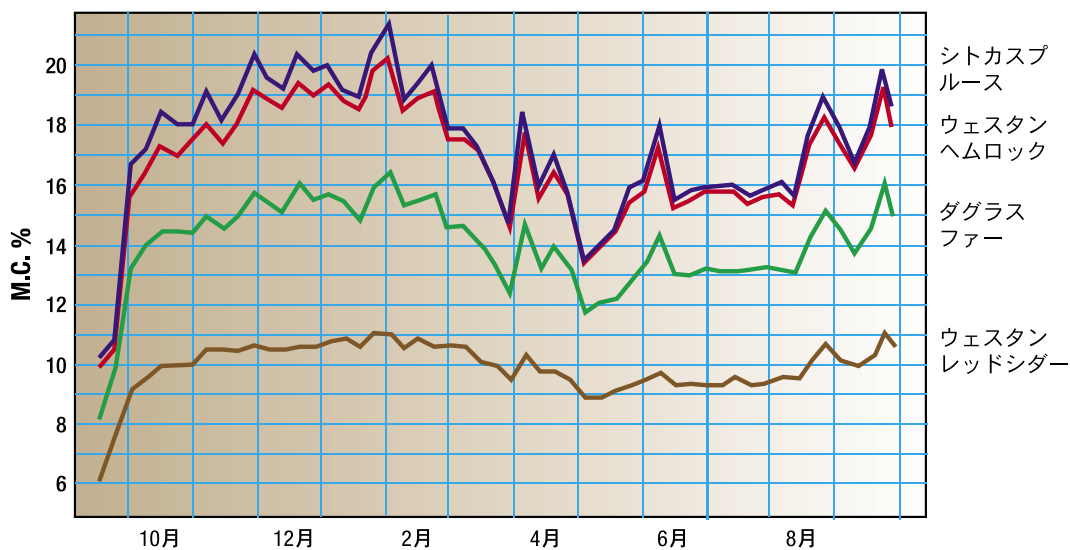


表3.
各種調査によるウェスタンレッドシダーの生木および様々な含水量（生材寸法比）における平均収縮率

含水率	収縮率（生材寸法比）			
	半径方向	接線方向	容積	軸方向
0	2.1 ^a	4.5 ^a	7.8 ^a	-
	-	-	-	0.19 ^b
	-	-	-	0.15 ^c
	-	-	-	0.53 ^{d,e}
	-	-	-	0.40 ^{d,f}
6	1.9 ^g	4.0 ^g	5.4 ^g	-
12	1.2 ^h	2.6 ^h	4.8 ^a	-
15	0.96 ^g	2.0 ^g	-	-
20	0.8 ^g	1.7 ^g	2.3 ^g	-

a Jessome 1977 (BC州原生林12樹木)
 b Rijdsdijk and Laming 1994 (BC州および米国35試料)
 c Espenas 1974 (54試料)
 d Nault 1986 (BC州二次林5樹木)
 e 最内側の未成熟材
 f 髄から数えて70年目まで
 g Harrar 1957
 h WRCLA 1992

ています。風雨に晒されて、保護塗装されていない表面に髪の毛一筋ほどの割れ目ができる可能性はありますが、木材自体は固定箇所からの曲げ、ねじれに強い特質を持っています(Harrar 1957)。

ウェスタンレッドシダーの生材と各種含水率の収縮率は表3に表されています。Nault (1986)が示した未成熟材の軸方向の収縮率は、RijsdijkとLaming(1994)、およびEspenas (1974)によって報告された成熟材のものよりもはるかに高い数値を示しています。これは、おそらくNaultの測定が高い収縮率という特徴を持つ未成熟材を対象に行われたためであると推定されます。

保温と断熱性

ウェスタンレッドシダーはその低密度のため、高い断熱効果を持っています。市場に出ているほとんどの針葉樹材の中で、最も断熱効果に優れており、レンガ、コンクリート、鉄鋼に比べた場合、突出した効果をあげます。その熱伝導率(k)は12%含水率で、0.11W/m°C(または0.74 BTU in./ft² h°F)です(USDA 1952)。反対に、ウェスタンレッドシダーはその低密度のため、高密度のダグラスファー(炭化速度約0.6mm/min)などに比較して、乾燥状態でより高い炭化速度(約0.8mm/min)を持っています(Lie 1992)。炭化速度は木材が炭化する線形速度です。ウェスタンレッドシダーの高い炭化速度はあまり重要な意味を持たないとみなされています(J. Mehaffeyとの個人談話)。

ウェスタンレッドシダーの火炎伝播率は67~73(等級II)(Richardson 1996)で、煙拡大度は98と計測されています(WRCLA 2001)。この二つの評価値は、煙の発生が起こりうる所や煙のコントロールが重要な場所に使われる材料を制限するための基準値です。

火炎伝播率は木材の表面に沿って火炎が進行していく速度を表す数値です。カナダと米国の法規は、大部分の建築物の内壁と天井仕上げ材の火炎伝播率を150と規定しています(National Building Codes Canada 1995)。火炎伝播率の低いウェスタンレッドシダーは、火炎伝播率100前後の密度の高い針葉樹材に比べ、優れた耐火性を発揮します。カナダ建築基準法(1995年条項3.1.13.2)では、特別用途建築物の壁の火炎伝播率を75またはそれ以下と制約しています。ウェスタンレッドシダーはこれらの基準に合格する数少ない無垢材樹種の一つです。

煙拡大度は燃焼で発生する煙の量を表す指標です。カナダと米国の建築基準法で設定されている高層建築物の内壁および天井仕上げ材の煙拡大度の基準値はそれぞれ300と450です。ウェスタンレッドシダーの火炎伝播率と煙拡大度は米国とカナダの建築基準法に定められている最大許容限度をはるかに下回るものです。

ウェスタンレッドシダーの発熱量は、22.56 MJ/kgまたは9700 BTU/lbです(Nielson et al. 1985)。

塗装と加工性

シダー木材には様々なコーティング、ペンキ、ステインを使用することができ、乾燥と適切な下塗りを行った場合、いずれも満足な結果が得られます(Williams et al. 1987)。また各種の接着剤が利用でき、様々な条件の下で容易に接着することができます。通直で均一な材質のため、加工のしやすい木材です。かんなでもサンダーでもきれいに仕上がり(WRCLA 2001)、しかも低密度のため容易に鋸で切ったりその他の作業が行えます。

ウェスタン・レッド・シダーの火炎伝播率と煙拡大度は米国とカナダの建築基準法に定められている最大許容限度をはるかに下回るものです。

ウェスタンレッドシダーの未乾燥材は非常に高い金属腐食性を持っています。鋸刃の化学磨耗は樹木に含まれているポリフェノールおよびトロポロン化合物が引き起こす金属のキレート化によるものです。化学薬剤とステライト刃を使用することをお勧めします(Kirbach and Bonac 1977; Kirbach 1992)。ウェスタンレッドシダーに含まれている腐食性を持つ抽出成分(ツヤプリシンとポリフェノール)のため、防錆性能の高い釘とネジ(ステンレス、溶融亜鉛メッキおよび高張力アルミニウム製)を使うことが必要です。普通鉄線や銅釘などの腐食しやすい釘を戸外材に使用した場合、すぐに変質して分解を起し、釘の周りの木材の酸化劣化を引き起こします。約1年で、釘があった所が穴に変わってしまいます。普通鋼の釘を使ったシングル・シェイクにこの現象がよく見られます。濡れる箇所にレッドシダー材を使う場合は、溶融亜鉛メッキまたはステンレス製の釘を使用することが必要です。

帯鋸でウェスタンレッドシダー生木を切断する場合、繊維間の結合破壊で繊維が引っぱられ、切断面が非常に粗くなります。その結果、粗挽き仕上げのサイディングとパネル製品のうち最高10%の製品が、低品質等級とされるか、もしくは製品として不合格となります(Kirbach 1996)。実験研究で、木目と切断する方向の角度を変えることに

よってこの欠点を改善できることが示されています(Kirbach 1996)。

シダー材は、釘、ネジ、ボルトなどの保持力が弱いため、広葉樹材の場合より三分の一長い、または直径の大きい留め具を使用しなければなりません(WRCLA 2001)。ウェスタンレッドシダーは樹木に含まれるツヤプリシンまたはプリカチン酸と反応して鉄または銅キレートが形成されると、変色しやすくなるため、普通鉄釘と銅釘の使用は避けるべきです(Barton and MacDonald 1971)。

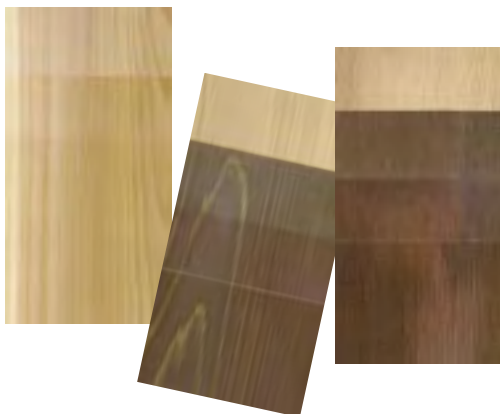
レッドシダー材の割裂の容易さは手作業のシェイク材製造には有利に働きますが、でこぼこした地面に木が倒れたり、大型機械で取り扱ったりする場合には、不利となり、破損、割裂、粉碎などの甚大な損傷を引き起こします(McBride 1959)。

振動を吸収する特性を持つため、パネルやデッキ材に使用して雑音を減少または閉じ込めるのに大きな効果を挙げることができます(WRCLA2001)。その一方、優れた音の共振性を示す柁目の薄い板は楽器に適しています。

乾燥特性

木材は、使用環境での平衡含水率にほぼ近くなるよう乾燥させる必要があります。この含水率は周囲の相対湿度によって決まります(図5参照)。室内での平衡含水率は通常約6~8%です。ウェスタンレッドシダーの仕上げ材、建具材、パネル材、サイディング材は人工乾燥されています(Mackay and Oliveira 1989)。一般的に見て、ほとんど品質を落とさずに乾燥させることができますが、「太い木材の乾燥には困難が伴うことがあるかもしれません」(BRE 1977)。乾燥スケジュールには従来方式の温度またはそれより低い温度、もしくは従来型の

ウェスタンレッドシダー材には溶融亜鉛メッキ、ステンレスおよび高張力アルミニウム製の釘を使用することをお勧めします。



シダー木材には様々なコーティング、ペンキ、ステインを使用することができます、いずれも満足な結果が得られます。

振動を吸収する特性を持つため、パネルやデッキ材に使用して雑音を減少または閉じ込めるのに大きな効果を挙げることができます。

温度から高温への転換という組み合わせ方式が用いられます(Mackay and Oliveira 1989)。SalamoとHejjas (1971)は強度や品質に重大な損傷を与えることなくシダー材を低温と高温を組み合わせたスケジュールで乾燥を行うことができることを実証しています。Avramidisら(1994)は、ウェスタンレッドシダーを対象に、一定の電圧を用いた高周波真空乾燥実験を行いました。その結果、電磁界強度1.8 kv/mを用いて厚みのある試料(横断面9.1cm x 9.1cm)を、品質を落とすことなく乾燥させることを立証しました。

目痩せ

状況によってはウェスタンレッドシダーは乾燥工程中に失敗する傾向があり、そのため、幅広の厚い木材の乾燥には注意が必要です。乾燥の失敗は、木材の一部の細胞が極度に変形したために引き起こされる木材表面の陥没という形で起きます(Mackay and Oliveira 1989)。これは通常、乾燥を行っている際、水分が細胞壁を通過して細胞外へと移動した後の空間を埋める空気がない場合、完全に水飽和した細胞内で高まっていく水分張力が原因だとされています(Guernsey 1951)。細胞が粉々になるか、またはつぶれるほど内部の力は強くなりますが、高温乾燥中に木材が可塑化した場合は特にこのことがいえます。

MeyerとBarton (1971)は目痩せが起きるのは乾燥前の木材が高レベルの含水率と抽出成分を含んでいるからだとしていますが、そのメカニズムについて明確な説を提示していません。Kobayashi (1985)は走査型電子顕微鏡を使って、目痩せした木材の解剖学的構造を調べ、圧壊した仮道管と変形した晩材を発見しました。最初に早材の仮道管が圧壊し、細胞層が変形し、晩材部分の締め付けを引き起こしたと示唆しています。円形

の横断面では、熱風乾燥中に圧壊した仮道管が表面近くで年輪に平行して同心円状に起こります。真空下でマイクロ波乾燥を行った場合、細胞の崩壊と圧壊は起きませんでした。このことから、乾燥工程中の水分傾斜に起因する乾燥応力が目痩せを引き起こすことが示唆されます(Kobayashi 1986)。

含水率が高い場合(おそらく50%MC以上)、目痩せは乾燥の初期段階で起きます(Mackay and Oliveira 1989)。従って、繊維飽和点で始まる普通の収縮とは異なります。このことから、最初に含水量を徐々に下げる自然乾燥を行い、または乾燥機を使用して先ず約120°Fの低乾球温度で繊維飽和点まで乾燥させた木材を、次に乾燥機を用いて標準温度で乾燥させた木材に目痩せが起きる可能性があるということが言えます(Guernsey 1951; Mackay and Oliveira 1989)。

Guernsey (1951)は低湿地帯産の木材は目痩せを起こしやすいと述べています。丸太もしくは生材の外見から目痩せの可能性を判断することはほとんど不可能です。

化学的特性

セルロース(cellulose)、ヘミセルロース(hemicellulose)、リグニン(lignin)というウェスタンレッドシダーに含まれている主要化学成分は、他の針葉樹木とほぼ同程度の比率で存在します。ホロセルロース(holocellulose)およびリグニンは芯材より辺材に多く含まれています。副次的な化学成分とみなされており、水など溶媒で抽出することのできる抽出成分(Nearn 1955)が多く含まれています。

芯材に含まれている抽出成分の含量は異常に高いものです。Lewis (1950)はウェスタンレッドシダー中の熱水抽出物の総量はウェスタンヘムロックとダグラスファ

表4.
ウェスタンヘムロックおよびダグラスファー材と比較したウェスタンレッドシダーの化学成分(数値は全乾木質重量に対する%で表示)*

樹種	アルファセルロース	ヘミセルロース	リグニン	抽出成分総量	灰分
ウェスタンレッドシダー	47.5	13.2	29.3	10.2	0.2
ウェスタンヘムロック	48.8	14.7	28.8	5.3	0.5
ダグラスファー	53.8	13.3	26.7	5.9	0.3

* Lewis 1950

表5.
中間程度の速度で成長したウェスタンレッドシダーの三つの異なる樹高における芯材と辺材中の化学成分(全乾木質比)*

試料	ホロセルロース	リグニン	抽出成分総量**	灰分
芯材				
元	56.5	29.0	15.4	0.32
中間	59.0	28.1	14.9	0.14
末	62.2	28.3	11.1	0.24
辺材				
元	67.1	32.3	3.6	0.54
中間	66.8	31.4	4.4	0.45
末	66.1	29.8	5.0	0.33

* Barton and MacDonald 1971

** エタノール-ベンゼン、エタノールおよび熱水への逐次溶解度

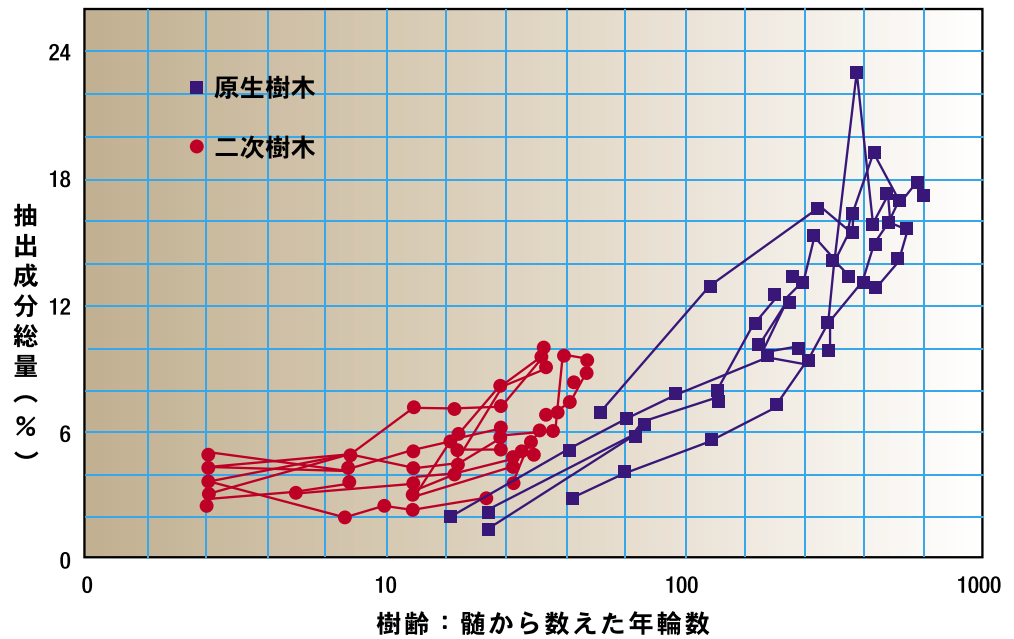
一のほとんど2倍あることを示しています(表4)。芯材中の抽出成分総量は、根元から樹頂へ行くにしたがって減少します(表5) (Barton and MacDonald 1971)。

抽出成分

ウェスタンレッドシダーの抽出成分は他の針葉樹種と比べ、色、香り、味がそれぞれ異なります。これらの抽出成分はウェスタンレッドシダーの耐腐朽性、腐食性、浸透性、塗装性、パルプ化特性、漂白

性において、含量の割合に対して不釣り合いなほど大きな効果を持たせています(Barton and MacDonald 1971)。これらの特性は、ウェスタンレッドシダー材が使用される際に重要な役割を果たすものであるため、芯材の抽出成分は広範囲にわたって研究されてきました(Barton and MacDonald 1971; Jin et al. 1988; MacLean 1970; MacLean and Gardner 1956; Minore 1983; Nault 1988; Swan et al. 1988; van der Kamp 1986)。

図 6.
 原生林および二次林のウ
 ェスタンレッドシダーに
 おける抽出成分総計割合
 (%)(出典：Nault 1988)



熱水抽出成分は容易に水蒸気蒸留法によって揮発性(芯材の1.0 ~ 1.5%)および不揮発性留分(5~15%)に分留することができます(Barton and MacDonald 1971)。揮発留分は主にツヤプリシン、ツヤ酸(thujic acid)、およびメチルエステルから成っています。ツヤプリシンは特に優れた天然の殺菌力を持っており、ツヤ酸もそれに次ぐ殺菌効果を備えています。ツヤプリシンは木材腐朽菌に対して高い毒性作用を発揮します。ツヤプリシンの毒性はペンタクロロフェノールナトリウム(sodium pentachlorophenate)と同程度です(Barton and MacDonald 1971)。ツヤ酸メチルはウェスタンレッドシダー独特の芳香を形成している成分で、ヒメマルカツオブシムシおよび繭を作る衣蛾に対して毒性をある程度持っています(Barton 1962)。このため、ウェスタンレッドシダーはブランケットチェストの内張りに最適な素材としてよく使われます。

芯材に含まれるツヤプリシンと水溶性フェノールの含量は髄から半径方向に外側に向かうほど多くなりますが、辺材にはほとんど存在していません。ツヤプリシ

ンは原生の樹木で髄部分の0%から芯材の最外層部に含まれる1.8%と、部位により大きな差異があります(Barton and MacDonald 1971; MacLean and Gardner 1956; Nault 1988)。菌類に対して毒性を持つ抽出成分は全体として樹幹を上に行くほど減少します(Barton and MacDonald 1971; Cartwright 1941; MacLean and Gardner 1956)。樹木が成熟するにつれ、これらの抽出成分を生成する能力が高まっています。

Nault (1988)は若齢木と原生樹木の芯材内側の(発芽から数え)同じ年数の年輪層を比較した場合、若齢木の方が高レベルの抽出成分含量を含んでいることを実証しました。原生樹木の中には、一部の成長輪にツヤプリシンなどの抽出成分が含まれていないか、ごく僅かしか含まれていない場合があります(図6)。この現象は10ページで論じたツヤプリシンの不活性化化合物への分解(Jin *et al.* 1988)の結果だとされています。不揮発性留分は主に複合ポリフェノールです。この中で、主要構成成分はプリカチン酸(Barton and MacDonald 1971; Swan *et al.* 1988)で、この成分は光と

熱に反応します。プリカチン酸は塗装表面への滲出を引き起こします。反対に、ポリフェノールは塗料膜を安定させる傾向を持つ抗酸化作用を発揮する場合があります(Barton and MacDonald 1971)。

ウェスタンレッドシダー芯材中のリグナンと樹皮に含まれる水溶性抽出物は、枝葉抽出成分テルペンとツヤプリシンに比べると毒性は低いものの、鮭に対して中程度の毒性を持つことが明らかになっています(Peters et al. 1976)。ゴミ埋立地や伐採屑からのレッドシダー樹木の漏出液を直接河川に流すことは避けなければなりません。

ウェスタンレッドシダーの優れた寸法安定性および塗層保持性は、部分的にはありますが、高含有率の抽出物に拠るものです。塗料媒材に溶ける樹脂または樹脂状抽出物が含まれていないことは、シダーの卓越した塗装性に寄与しています(Barton and MacDonald 1971)。

化学反応によるシミ

風雨に晒された場合、レッドシダー材の表面に、シミができることもあります。通常のスチール釘を使用してシダー材を固定すると、木材中の水溶性ポリフェノールと釘の鉄分が反応して釘頭の周りに青黒いシミが現われます。スチール釘が薄色の未乾燥木材と接触すると、鉄がツヤプリシンと反応し、特徴のある水溶性の赤錆が現われます(Barton and MacDonald 1971)。

時には、取り付け工程終了後数ヶ月で、外装材の塗装表面に褐色の滲出物が小さく点々と出たり、赤褐色のシミがまだらになって現われたりします。シミが現われた直後であれば水で簡単に洗い落とすことができますが、日光と空気の作用で不溶性と

なり、水で落とすことができなくなります(Barton and MacDonald 1971)。シミはシダーの水溶性抽出物で、水溶液の中を表面に移動し、水分が蒸発した後、褐色のシミとなって残ります。水性乳剤の不適切な使用、またはラテックス塗料をそのままシダー材の表面に塗ると、このようなシミが現われます。油性塗料を下塗りするか、またはラテックス塗料に特定の化学物質を加えると、木材の抽出成分が塗装表面に浮き出てくるのを防ぐことができます(Feist 1977)。屋内からの蒸気が外の冷気に触れて結露した場合、または雨が多孔性塗膜やサイディングの接合部へ浸透した場合も、抽出成分が溶け出し、乾燥した時に表面にシミとなって現われます。

耐腐朽性

ほとんど全ての針葉樹がそうであるように、シダーの辺材もその中に含まれる抽出成分はごく少量で、天然の耐久性が非常に低いため、腐りやすいまたは耐久性がないとみなされています。一方、ウェスタンレッドシダーの芯材はその優れた耐腐朽性で良く知られています。この天然の耐久性は主として含まれているツヤプリシン(thujaplicins)という抽出成分に拠るものです。また多くの木材腐朽菌に対しては水溶性のフェノリックス(phenolics)が耐久性を高める役割を果たしております。従って、芯材内部の腐朽耐性のパターンは幹に含まれるこれらの抽出成分の分布と一致します(Barton and MacDonald 1971; Cartwright 1941; Englerth and Scheffer 1954; Erdtman and Gripenberg 1948; Roff and Atkinson 1954; Rudman 1962; van der Kamp 1986)。沿岸部で産出するウェスタンレッドシダー成木の耐腐朽性は芯材の最外層より髓部分で低く、木材の末の方が元より低くなっています(Roff et al. 1963; Scheffer 1957)。

塗料媒材に溶ける樹脂または樹脂状抽出物が含まれていないことは、シダーの卓越した塗装性に寄与しています(Barton and MacDonald 1971)。

芯材に関する研究(Jin 1987; Jin *et al.* 1988; van der Kamp 1975)によって、腐朽の過程には芯材に入った微生物の一連の活動が関わっていることと明らかにされています。初期に木材に侵入した微生物がツヤプリシンを毒性のない化合物に分解して、芯材を無毒化

し、その後続く腐朽菌侵入の条件を整えます。この分解のできるのがthujinで、Jin(1987)によって命名され、沿岸部のウェスタンレッドシダーによく発生する腐朽菌に対する無毒性が説明されています。芯材において、外層部分より濃い色に変化した内側部分では、ツヤプリシンの含量が減少し、thujinが増加しているのが観察されました(Jin *et al.* 1988)。最初に、抽出成分を無毒化する菌類の侵入先は幹の中心部で、そこから腐朽が開始され、外側に向かって進行していきます(van der Kamp 1975)。このため、老齢過熟木の幹の中心部が腐朽のため空洞になっていることがよくあります。

ブリティッシュ・コロンビア州では、立木の腐朽部分の総量は主要針葉樹種の中でウェスタンレッドシダーが最大です。腐朽と感染症発症による損失は沿岸部よりも内陸部でかなり高くなっています(Buckland 1946)。

西部森林製品研究所(Western Forest Products Laboratory; 現在のフォリンテック)が行った初期の研究によって、ウェスタンレッドシダーの耐久性に最も寄与している抽出成分は β -および γ -ツヤプリシンである(Barton and MacDonald 1971)ことと示したため、この二つの化学成分の含量を分析することによって耐久性を評価することができると思われてきました。最近になって、腐朽の

実験室試験においてツヤプリシン含有率と重量低下の相関関係が低いという結果が出て、間違った前提であることが示されました(DeBell *et al.* 1999, DeBell *et al.* 1997)。明らかに、耐久性に寄与している化合物が他に存在します。ウェスタンレッドシダーに含まれるフェノールリグナン(Phenolic lignan)化合物は弱い殺菌作用を持っています(Roff and Atkinson 1954)が、それが天然の耐久性にどの程度寄与しているかは明らかではありません。その他の殺菌性、または菌類に対して毒性を持つ未知の化合物は知られていません。現在、ツヤプリシンとリグナンは芯材を腐朽菌や微生物から防御するための高度な兵器庫の一部だと考えられています。

FreitagとMorrell (2001)はソイルブロック試験で、若齢樹木から採取したブロックは、原生樹木からのブロックの重量低下(Scheffer 1957)とほぼ同じであることを示し、二次林産木材の耐久性はそれより樹齢の高い木材の耐久性に比べ、変化していないと推定しています。二次林樹木の耐久性に関する研究はまだ不完全ですが、前述したデータ(Nault 1988)は種子発芽から数えて同年数の芯材内側部分における抽出成分含量を比べた場合、樹勢の強い若木の方が原生木より高いことを示しています。これは前述した大きな老木の中の微生物によるゆっくりした分解という現象が反映していると考えられます。

他樹種と比較した耐久性

耐久性についてウェスタンレッドシダーと他樹種を比較したデータはあまりありません。米国材料試験協会ASTM D 2017天然耐久性標準ソイルブロック試験では、ウェスタンレッドシダーはベニヒ(*Chamaecyparis*

ウェスタン・レッド・シダーの芯材はその優れた耐腐朽性で良く知られています。



これは欧州規格にリストされている針葉樹材のうち耐久性では最高の分類に入ります。

formosensis Matsum.)およびシヨウナンボク (*Calocedrus formosana* (Florin) Florin)という二種の台湾産樹木と同等の耐久性を持つと評価されました。これら三種の樹木は腐朽菌に著しく侵害されることはありません(Lin et al.1999)。タイワンレッドパイン(*Pinus taiwanensis* Hayata)はロット試験で褐色と白色の菌類に、イエローサイプレス(*Chamaecyparis nootkatensis* (D. Don) Spach)は白色菌類にそれぞれかなり侵害されました。

北米産ウェスタンレッドシダーは耐久性を備えた樹木としてよく知られていますが、北米には天然の耐久性を分類する規格がありません。天然の腐朽耐性に関するヨーロッパの規格は、EN 350-2 1994 *Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe* (欧州で使用される樹種の天然耐久性と加工性に関するガイド)です。樹種は「耐久性が非常に高い」の1から「耐久性がない」の5まで5段階に分類されます。辺材は樹種に関わらず分類5に相当するため、芯材のみが評価されます。その他の下位分類項目には次のようなものがあります：Dはキクイムシ類の害虫に対する耐性がある、Sはキクイムシ

の一種 *Hylotrupes bajulus* (old house borer)および *Anobium punctatum* (一般的なファニチャービートル)に侵害されやすい。下位分類のD (耐性を持つ)、M (中程度の耐性を持つ)、またはS (侵害されやすい)はシロアリに対する抵抗性の評価にも使用されます。

欧州規格EN350-2からの抜粋が表6に示されています。北米産ウェスタンレッドシダーは等級2 (耐菌性あり) -S (虫の一種 *Hylotrupes*) -S (虫の一種 *Anobium*) -S (シロアリ)と分類されています。これは欧州規格にリストされている針葉樹材のうち耐久性では最高の分類に入ります。ヨーロッパ産レッドシダーは等級3 (中程度の耐菌性)と分類されており、北米産のものと比べると、耐久性で劣っています。表6に含まれているカラマツはヨーロッパ産針葉樹の中で最も耐久性を持つ樹種で、等級3~4 (やや耐久性あり)と分類されています。

日本では、ウェスタンレッドシダーはイエローサイプレスとともに「D1」に分類されており、この中には耐久性の高いヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* (Siebold & Zucc.) Endl.)と、スギ(*Cryptomeria japonica* (Lf) D. Don)も含まれています。

表6. 欧州規格におけるウェスタンレッドシダーの天然の耐久性と加工性

NO.	学名	一般名	産地	天然の耐久性				加工性	
				菌類	虫 (<i>Hylotrupes</i>)	虫 (<i>Anobium</i>)	シロアリ	芯材	辺材
2.6	<i>Larix decidua</i> Mill., <i>L. Kaempferi</i> (Lamb.) Sarg. [= <i>L. leptolepis</i> (Sieb. & Zucc.) Gord.], <i>L. x eurolepis</i> A. Henr. <i>L. occidentalis</i> Nutt.	ラーチ	ヨーロッパ 日本	3-4	S	S	S	4	2
2.19	<i>Thuja plicata</i> D. Don	ウェスタンレッドシダー	北米	2	S	S	S	3-4	3
			英国栽培	3	S	S	S	3-4	3

出典：欧州規格EN 350-2

厳しい環境条件下の耐久性

ウェスタンレッドシダーには天然の耐久性が備わっているとはいえ、過酷な環境条件下で、または腐朽する危険性が高い状況で使用される場合(電柱、多雨地域の屋根材など)は、木材の使用寿命を高めるため、加圧式防腐処理を行うことをお勧めします。

カナダ西部と米国太平洋岸北西部の電柱にはウェスタンレッドシダー材が使用されています。電柱用木材には辺材を強化するため、常に上から下まで加圧式防腐処理を施します。カナダ西部では、シングル・シェイク材もよく防腐処理されます。20世紀初頭と違い、現代建築ではシングル・シェイクは下にバテンを使わず、直接ルーフボードに釘付けします。多雨地域では、この方式ではシダー材が乾くのが遅くなり、何度も水に浸かることで抽出成分が減少し続け、腐朽の危険性が高くなります。ウェスタンレッドシダーの芯材は浸透性が非常に低いものの、抽出成分の減少が最も速く進み、風雨に晒されて腐朽が始まりやすい箇所であるシングル・シェイクの木口から防腐剤を軸方向に沿って浸透させることができます(Morris *et al.* 1995)。欧州規格 EN 350-2 (表6)は、真空加圧処理のプロセスに関する一般的観察に基づいて、異なった樹種の加工性を評価したものです。ウェスタンレッドシダー芯材は等級3(加工が困難)~4(加工が非常に困難)に分類されています。これはほとんどのヨーロッパ産もしくは北米産の針葉樹種とほぼ同じです。

屋根材のシングル・シェイクは日光の強い紫外線(UV)に晒され、ゆっくりと腐食していきます(Swan *et al.* 1988)。BC州ヘイニーにあるブリティッシュ・コロンビア大学実験場で行ったシェイクを南向きの日光に晒した暴露実験では、8年間で約

1mm腐食したという結果が出ました(Byrne *et al.* 1987)。Morrisら(1995)は銅やクロムをベースとした防腐剤がシングル・シェイク材表面の腐食をいくらか抑制できることを示しています。

シロアリとキクイムシに対する耐性

ウェスタンレッドシダーの耐蟻性の度合いはシロアリの種類、その他の木の存在および摂食行動の条件によって異なることが知られています。シロアリに対して耐性の低い樹種の木がある場合、シロアリはウェスタンレッドシダーを食べることはありません。つまり、ウェスタンレッドシダーは「好みの食材ではない」のです。しかし、もしシダーのほかに食物がない場合は、レッドシダーは侵食されます(Carter and Smythe 1974; Mannesmann 1973; Su and Tamashiro 1986)。シダーを食べたシロアリの死亡率は非常に高いものです。

欧州規格(表6)にリストされている針葉樹のキクイムシとシロアリに対する耐性評価は全て「侵害されやすい」です。しかし、ウェスタンレッドシダーは明らかにシロアリに対する耐性を持っています。耐久性についての項で前述したLinとChang(1999)は、ASTM D 3345-74の樹種を対象に、世界で最も攻撃的なシロアリの一種イエシロアリ(*Coptotermes formosanus* Shiraki)による非選択摂食試験を行いました。ウェスタンレッドシダーの重量低下はベニヒとタイワンインセンスシダーとほぼ同様でしたが、四樹種のうちで最も僅かな重量低下を示したイエローサイプレスほどシロアリに対する耐性がありませんでした。7樹種の複数選択摂食試験では、ヒノキ、イエローサイプレスなどの天然の耐久性を持つ5樹種とともに「高い耐蟻性」と評価されました(Suzuki and Hagio 1999)。この



試験では、シロアリ(*C. formosanus*)に耐蟻性のない樹種およびシロアリに最も摂食されたパネル製品などの試験対象樹種以外の食物源が与えられました。

6樹種を対象にイエシロアリ(*C. formosanus*)の攻撃に対する耐性を評価した実験(Su and Tamashiro 1986)では、ウエスタンレッドシダーとレッドウッドは、ダグラスファー、ポンドロッサパイン、イングルマンスプルスおよびウエスタンヘムロックと比較して、最も耐性が高い、または最も好まれなかったという結果を得ています。非選択試験でウエスタンレッドシダーのみを摂食したシロアリの約50%が3週間後に死亡しました。しかし、微生物による耐性機能の崩壊が起こった可能性のある箇所、およびシロアリが他の食物源を与えられていて生き残った場合は、レッドウッドもウエスタンレッドシダーもともに甚大な食害を被りました。

Mannesman (1973)は、21樹種の木材を対象として*C. formosanus*および*Reticulitermes virginicus* (Banks)による摂食試験を行いました。強制と選択摂食という条件下で、2種いずれのシロアリも多くの他樹種の木材よりウエスタンレッドシダーを好んで摂食しました。

CarterとSmythe (1974)はウエスタンレッドシダーの芯材を対象に*Reticulitermes flavipes* (Kollar)による強制と選択摂食試験を実施しています。試料は貯木場で収集した2つの異なる木材の芯材部から採取されました。2つの試料からは非常に異なる結果が得られました。摂食条件に関わらず、一方の試料は他方の試料に比べシロアリの攻撃に侵害されやすいことを示したのです。一方の芯材を8週間摂食したシロアリの60%が生き残り、他方の芯材は、

僅か4週間の摂食期間後、実質上生き残ったシロアリはいませんでした。

健康への影響

ウエスタンレッドシダー無垢材は食品と接触するものに使用することができます。レッドシダーはブリティッシュ・コロンビア州の先住民に、調理器具や食べ物を入れる容器の素材として使用された長い歴史を持っています。最近では、シダーの板の上に載せてオーブンで焼いた魚がグルメ料理として人気があります。ウエスタンレッドシダーの抽出成分は、木材腐朽菌や害虫に対しては毒性がありますが、木の中に堅く閉じ込められています。それらの成分は抽出できるといっても、先ず木材を細かく粉碎して、抽出物溶液を得るために溶媒とともに煮沸するという工程を経なければなりません。揮発性の抽出成分の一部はサウナ材の表面から蒸発しますが、人間に対しては無害だとみなされています。



シロアリにとってウエスタンレッドシダーは「好みの食材」ではないのです...他に食物があれば、ウエスタンレッドシダーを食べることはありません。

レッドシダーによる接触性皮膚炎は稀ですが、芯材に触れて発症することもあり、その原因物質は γ -ツヤプリシン、および7-ヒドロキシイソプロピルトロポロン(7-hydroxyisopropyltropolone)だとされています(Beaumink et al. 1973)。

ウェスタンレッドシダーがアレルギーを引き起こすことが報告されています(Minore 1983)。他樹種の木材と同様、ウェスタンレッドシダーが原因で起こる健康問題の大部分は細かい粉塵を吸い込んで発症するものです。アレルギー発症はシダーの粉塵と粘膜の接触によって引き起こされます。粉塵を吸い込んだ後、喘息または鼻炎(鼻粘膜の炎症)が発症することがあります(Mitchell and Chan-Yeung 1974)。個人差がありますが、目や鼻の粘膜に粉塵が付着するとくしゃみや涙目を引き起こす場合があります(Chan-Yeung M. 1994)。夜間の咳や喘息などの発症は遅れることがありますが、接触後数日または数週間にわたって持続します。ウェスタンレッドシダーの主要不揮発性成分プリカチン酸がアレルギー誘発物質だとされていました(Mitchell and Chan-Yeung 1974)が、Frewら(1993)が「ウェスタンレッドシダー喘息」を持つ患者の大部分に、プリカチン酸が気管支マスト細胞からヒスタミンを放出させることを発見し、確認されました。

僅か2~5%の人々が一般的には粉塵の吸入を通して、木材中の1種類またはそれ以上の化合物にアレルギー反応を引き起こします(Woods and Calnan 1994)。他の多くの産業用素材に比べ、木材とその副生成物(鋸屑など)に起因する健康問題の発生率は低いものです(Bolza 1980)。とはいえ、木材の粉塵が人間に対して刺激物質/感作物質/発癌物質と確認されたため、特に目や呼吸

器官との接触を防ぐための措置を講ずることが要求されます。適切な産業衛生管理を行うには、作業場で暴露限度以下のレベルに下げられるところには全て、工学的管理法を採り入れる必要があります。樹種を問わず、鋸屑との接触がある作業場は充分換気し、粉塵が発生する機械から鋸屑を排出除去します。条件によっては呼吸マスクの使用も有効です(OSHA無日付)。

ウェスタンレッドシダー芯材の水抽出物は長時間にわたって煮沸した後でさえも、多種多様な微生物と菌類の成長を抑制する効果を持つことが解明されています(Southam 1946)。ネズミに対しては抽出物を大量に与えても悪影響はありませんでした。

力学的特性

従来、小さい無節の試料による強度試験で得たデータが木材の設計上の許容特性を決める際の基礎でしたが、現在でも繊維直行の圧縮強度、繊維方向のせん断強度などの許容応力(実大試験法の対象外)を評価するために使用されています。生材状態の小さな無節の木材試料を用いて標準的な強度試験を行って得られたウェスタンレッドシダーの平均的強度特性(Jessome 1977)が表7に示されています。この強度特性はカナダ産ウェスタンレッドシダーにのみ当てはまるものです。気乾材状態(12%MC)での数値にしたものも示されています。標準的な無節木材強度値の設計における許容応力への変換に関する情報と原理は、米国材料試験協会発行の『年次規格集』セクション4のD-2555に掲載されています(1996)。

1970年代半ば、ブリティッシュ・コロンビア大学のボーグ・マドセン(Borg Madsen)教授は木材の設計特性は実物大の木材を使用した試験によって評価するべきだと提言しました(Barrett and Lau 1994)。これは製品の最終使用状況での性能をより反映したデータを得ることができる実大試験(in-grade testing)の概念へと導くものです。ウェスタンレッドシダーは間柱または構造材としてよりも各種の特定用途に使用されるスペシャリティ材であるため、実大試験が行われたことはありませんでした。それにも関わらず、カナダ産製材の規格格付け機関NLGA (National Lumber Grades Authority)によって格付けされた様

々な等級のウェスタンレッドシダーに強みを持たせるため、ウェスタンレッドシダーは他の「低生産量樹種」とともに通商上使用される「Northern (北方)」という名の樹種に分類されています。「Northern (北方)」樹種には、NLGAルールに基づいた格付けによる三大樹種分類(スプルース・パイン・ファー；ヘムロック・ファー；ダグラスファー・ラーチ)に含まれていない全ての樹種が含まれています(Canadian Wood Council 2001)。ウェスタンレッドシダーの電柱用材と大断面材の強度と弾性率は「Wood Design Manual (木材設計の手引き)」に掲載されています(Canadian Wood Council 2001)。

表7.
ウェスタンレッドシダー無節木材の力学的特性(出典： Jessome 1977)

	含水状態	試料数	生材	気乾	
	相対密度		0.312 ^a	0.339 ^b	
静的曲げ	比例限度力 (MPa)	204	21.4 (19.9)	34.4	
	曲げ強度 (MPa)	204	36.5 (13.2)	53.8	
	曲げヤング係数 (MPa)	204	7240 (12.7)	8270	
衝撃曲げ	22.7 kgハンマー落下完全破壊 (mm)	100	410 (23.0)	430	
縦圧縮	比例限度力 (MPa)	108	15.9 (17.6)	27.4	
	最大破砕力 (MPa)	406	19.2 (15.1)	33.9	
	弾性係数 (MPa)	108	8070 (13.4)	9100	
横圧縮	比例限度力 (MPa)	114	1.92 (28.4)	3.43	
硬さ	直径11.3 mmの球体を半径の深さまで圧入するのに必要な荷重 (N)	側面	222	1180 (20.1)	1470
		端	111	1920 (16.0)	3000
縦せん断	最大応力 (MPa)	72	4.80 (13.8)	5.58	
横引張	最大応力 (MPa)	72	1.64 (26.9)	1.46	

()の中の数値は小さい無節の生材から得られた変動係数ですが、気乾のシダー材にも適用します。

a 容積密度 (全乾重量/生材容積)

b 気乾密度 (全乾重量/気乾容積)

最終用途

概要

ユニークな特性を持つウェスタンレッドシダーは、他の針葉樹材とは異なる様々な用途に使用されています。この樹種は湿気、

腐朽、虫害に対する耐性が自然に備わっていることで、よく知られています。この天然の耐久性のため、

ウェスタンレッド

シダー材は特に

屋根、サイディ

ング、軒など

の底板、

ポーチ、

フェンス、

窓枠、デッキ

、窓、ドア

枠などの

外装材として

理想的です。

サイディ

ングやパティオの

デッキからフェンス、

プランター、スクリーン、

シェルターおよびガーデン

家具まで、自然の外観の美しさだ

だけでなく安定性と耐久性も要求される戸外用建築素材の条件にウェスタンレッドシダーがぴったり当てはまります。木目、肌合いと色彩の美しさが伝統建築から現代建築までのあらゆる建築様式の魅力を引き出します。

室内用としても、寸法安定性と美しい肌合いから窓用ブラインド、シャッター、パネル、モールディングやサウナ用パネルとして幅広く使用されています。木材の細胞は内部に空間を持つ構造で、他の

ほとんどの樹種に比べ高い断熱効果を持ち、レンガまたはコンクリートに比べるとはるかに高い効果を発揮します。シダー材の内装パネル、天井またはサイディングを使用した建築物では夏は涼しく、冬は暖かく過ごすことができます。また、音の抑制と吸収という特性を持ち、音響効果を高めるためコンサートホールの室内用材としても使用されています。

シダーは手作業でも機械作業でも容易に加工できる上、軽量で、誰でも扱いと取り付けが容易だという特長があります。成形、プレナー加工、サンダー加工、固定、接着いずれも高い性能を現わします。樹脂やヤニが含まれておらず、バラエティに富んだ塗料を用いることができます。内側から光沢を放つその深い赤みを帯びた肌合いは、透明および不透明ステインまたはペンキで本来の魅力を更に高めることができます。

サイディングとパネル材

シダー材は戸外のサイディング、室内パネル材として、その美しい外観、耐久性、断熱特性および寸法安定性が、特に優れた性





能を示します。振動を吸収し、騒音を閉じ込める特性を持つため、パネル材としてその長所を発揮します。あらゆる建築様式にぴったり融け込み、住宅、商業建築や工業用建築物など幅広い用途に利用される汎用性を擁しています。また、サウナ浴室によくシダー材が使用されるのはその低熱伝導率の特性によるものです。

サイディングは多様な種類と等級のものが製造されています。サイディングの中で最も広く使用されているのはベベル・サイディングです。板を厚みに対して斜めに2つ割りして作られます。一面は粗挽き仕上げで、もう一面は等級やお客様の好みによって粗挽き仕上げか、プレナー仕上げが選べます。ベベルは水平に取り付けられ、板の厚みによって異なる影線ができ、魅力ある風情を作り出します。

ベベルには無節のものと、節のあるものの二種類あります。無節のものは、高級感のある外観に仕上がります。節のあるものは暖かさとカジュアルな魅力が特徴で、住宅、コテージ、クラブハウス、および田園の風情を演出したい場合に理想的です。ソリッド・タイプのベベルの他に、フィンガージョイントのベベルも製造されています。精密に接合された継ぎ目はほとんど見えず、周辺の繊維組織より堅固です。

T&G（実加工）の外装材または室内用パネルはその特徴のある外観と汎用性から広く利用されています。水平にも垂直にも取り付けることができ、それぞれ違った風情があります。隣のパネルとの接合部は通常V型ですが、平らなもの、「露呈」型、放射状のものも製造されています。T&Gの外壁は接合方式と表面の形状によって、様々なラインによる効果を表現し、製品の汎用性を高めています。

サイディングは通常様々なパターンのものが市場に出ています。チャンネル・タイプは最も人気のあるもので、田舎風の趣を出したい時に使用されます。垂直張り、水平張りまたは斜め張りに取り付けることができ、汎用性の高いサイディングです。各パネルは隣のパネルと部分的に重なり、チャンネルに効果的な影線を作り出し雨水を防御し、また寸法変化を許容します。

ボード&バテンは無節と節ありのものがあり、幅の広いボードがやや隙間を開けて並べられ、幅の狭いバテンがその継ぎ目の上に置かれて隙間を塞ぎます。各種の幅のものがあり、使用される場所の大きさによって適したものが選ばれます。

異なる壁面構造への各種シダー材サイディングの取り付け法、異なる種類、パターンの選択とその応用については、WRCLA作成の「Specifying Cedar Siding (シダー材サイディング仕様書)」 and 「Installing Cedar Siding (シダー材サイディング取り付け法)」 (www.cedar-siding.org) に詳しく掲載されています。

トリムボード

ウェスタンレッドシダーはコーナー用材、鼻隠し、幅木、ドア、ウインドウトリムなどの外装品に幅広く使用されています。シダー材のトリム製品は幅広い建築様式に合



わせ、現在市場に出ている全てのサイディング材と組み合わせて使用することができます。

トリムボードもクリア(節なし)とノッティ(節あり)があります。クリアタイプは、木目の真っ直ぐな最高級の製品で、均一性のある整った外観を希望する場合に使用されます。節のある製品を使用すると、田園風の情緒を出すことができます。

トリムボードに関する更に詳しい情報が、WRCLAの「Specifying Trim Boards (トリムボード仕様書)」に掲載されています。

デッキと付属物

デッキは生活空間を戸外へ広げる方法として人気があります。住居という私的空間と周りの景観を一体化し、伝統的建築様式の住居にモダンな感覚

を与えます。デッキ素材の選択は優れた設計と質の高い建築法と同様、非常に重要です。ウェスタンレッドシダーはその魅力ある風合い、自然の耐久性および寸法安定性のため、デッキ材として高い評価を得ています。他の樹種は腐れや虫害を防ぐために化学物質を必要としますが、ウェスタンレッドシダーは「木自身が製造する」天然の防腐防虫成分を含んでいる数少ない樹種の一つです。また、ほかの針葉樹に比べ、はるかに収縮膨張率が低く、反りや曲がりが少なく割れたりすることもあります。ヤニを含まないため、各種の保護塗料の下地として好条件を備えています。

ウェスタンレッドシダーは持続的な森林経営の下で生産されている再生可能な素材です。生産エネルギーの点からみると、プラスチック製のデッキ材の生産には、木材よりはるかに高いエネルギーが必要です。シダー製のデッキは夏の一番暑い時でも快適に過ごすことができます。プラスチックまたは合成素材のデッキの上では耐えられないほど暑いのに比べ、低密度のシダーは涼しい快適な表面温度を保ちます。また、丈夫で足元に弾力性があり、素材の柔らかさを感じさせます。

ウェスタンレッドシダーのデッキ材を選択する場合の参考になるよう、ウェスタンレッドシダー木材協会(Western Red Cedar Lumber Association)は業界認定の等級分類を設定しました。

WRCLA アーキテクトクリア：無節の最上質。整った木目を持つこの等級の芯材は、緻密で均一な外観を希望する最も高い要求に応じます。

WRCLAカスタムクリア：小節が少しあり、多少木目模様がある木肌はカスタムデザインで自然な「木」を感じさせます。

WRCLA アーキテクトノッティ：小さい生き節を含み、素朴な木の風合いがあります。節の自然美と魅力を生かしたい場合の選択。

WRCLA カスタムノッティ：田園情緒をたっぷり含んだ経済的なデッキ材。この等級でさえも、高い製造規格を満たしています。節の質と大きさは厳格に検査されています。

上記の等級分類に加え、様々なパターンとサイズのデッキ材が製造されており、規格にとらわれない多様な設計ができます。シダー製のデッキには、各種のプレカットさ





れた手摺、手摺子、支柱蓋、フェンス、ラティスおよびその他の装飾用品を組み合わせることができます。

シダー製デッキ材については、Western Red Cedar Lumber Association (www.cedar-deck.org)の「Specifying Cedar Decking (シダーデッキ材仕様書)」に掲載されています。

フェンスと門

シダーのフェンスは的確に施工され、適切にメンテナンスされれば、長年にわたって美しく保たれます。シダー材の門は来訪者に心に残る第一印象を与えます。家屋とその周りに使用された素材と同じ材質で作られたフェンスと門は、住宅全体に統一感のある調和をもたらします。

設計構想、サイズおよび等級説明は、WRCLA Western Red Cedar Lumber Association (www.cedar-outdoor.org)の「Western Red Cedar Fences and Gates (ウエスタンレッドシダー製フェンスと門)」に掲載されています。

大断面材建築と景観構造物

無垢の大断面材は多様な建築様式に合わせて使用することができ、多種多様な土木工学建造物、商業および工業建築物や住宅の他、橋、あずまや、パーゴラ、展望台、コミュニティ施設などの景観構造物に利用されています。これらのいずれにも、ウエスタンレッドシダー材の外観の美しさ、デザインの柔軟性、寸法安定性および自然の耐久性が優れた効果を演出します。

力学的、物理的特性および等級についての詳しい情報は、WRCLAの「Designer's Handbook (設計の手引き)」と「Specifying Western Red Cedar for Timber Construction and Landscape Structures (大断面材建築と景

観構造物用ウエスタンレッドシダー材仕様書)」に掲載されています。

ログハウス

ウエスタンレッドシダーの主要用途はログハウス用材で、無垢材と集成材があります。無垢材は皮を剥いで、マシンカットされます。断面は円筒形、四角、およびその両方の組み合わせのがあります。レッドシダーのログ集成材はその美しい外観特性のため屋外に使用されています。ウエスタンレッドシダー材ボードも内部に断熱用フォームを組み込むために使用されます。こうすることによって、無垢材のみのログハウスより極めて高い熱伝導抵抗係数を得ることができます(Gorman *et al.* 1996)。

シングルとシェイク

ウエスタンレッドシダーは軽量、真っ直ぐな木目、高い寸法安定性、および自然に備った耐久性などの特長を持ち、他の樹種に比べはるかに優れたシングルとシェイク(こけら板)を作ることができます。シングルとシェイクは屋根または外壁材として使用されます。基本的な種類と等級はカナダ規格協会(Canadian Standards Association)規格0118.1-97 (1997)に記載されています。100%無節の柁目芯材が最高等級の条件です。

シェイクは長さ約60cm (24インチ)で、通常表面は割ったまま(屋根表面がごつごつした粗い感じになる)で、裏面は鋸挽きで作られており下の端の厚みがシングルより厚くなっています。シングルは通常長さ40~46cm(16~18インチ)で両面とも鋸挽き仕上げです。様々な環境条件下、ウエスタンレッドシダー材シングルとシェイクは自然の状態のままで屋根材として長期間の使用に耐えます。しかし、高温多湿地区、多雨地区、または樹陰や樹木からの



露滴落下があるなどの腐朽条件の高い所では、菌類に対して毒性のある抽出成分が水に滲出した結果枯渇し、ウェスタンレッドシダー屋根材の寿命が10年短くなることが報告されています。こういった環境条件下で長く使用するためには、加圧式防腐処理を行うことをお勧めします。化学防腐剤処理および難燃処理をそれぞれ施したものと施していないシングル材とシェイク材があります。カナダ規格協会(1997)はシェイクとシングルに使用する固定金具と雨押さえは、防腐剤や難燃処理剤と化学反応を起こさない金属素材のものを使用するよう勧めています。ステンレス304または316、もしくは溶融亜鉛メッキの鋼製釘の使用が適しています。

電柱

電柱として使用する際、ウェスタンレッドシダーはそのサイズの大きさ、輸送に便利な軽量、容易な足場釘の打ち込みなどが長所としてあげられます。ウェスタンレッドシダー材の電柱はカナダ西部と太平洋岸北西部で、電力供給や通信伝送などの役目を担って使用されています。毎年、約4500本のウェスタンレッドシダー材電柱が撤去され、バンクーバーの製材工場でカスタムカ

ットされます。長期にわたる使用にもかかわらず、これらの電柱はかなりの量の芯材を良好な状態で含んでおり、デッキ材、景観建築用材およびフェンス材製品に変身します。

パルプ

製材工場が出るウェスタンレッドシダー材の製材屑は通常チップにされて、BC州沿岸にあるパルプ工場へ送られます。このシダー材チップは原料として使用されるチップ全体の約15%に当たります。ウェスタンレッドシダー材チップのうち約90%が製材工場の切り屑から供給され、品質が無垢材製品の等級に満たない木材が残りの約10%を占めています。上質紙用の特別なパルプは樹種が重要な要素です。ウェスタンレッドシダー材のパルプはクラフト法によって製造されており、特に軽量コート紙、印刷用紙、筆記用紙、ティッシュペーパーおよびコンピュータ印刷用紙の製造に適しています。外科用ドレープ、マスクおよびガウンなどの特別目的に合わせたカスタム製品の製造に、純パルプまたは複合パルプが使用されています。

紙を製造する上で、シダー材の繊維特性は有利に働きます。シダー材の薄い細胞壁、最適の崩壊性と柔軟性という繊維特質が、繊維間の結合を促進し、低多孔質で、不透明、そして他に例を見ない滑らかさを持つ強度のある紙を製造します。ウェスタンヘムロック、ダグラスファーおよび南部地域のマツから製造されたさらしクラフトパルプに比較すると、ウェスタンレッドシダーのパルプは破裂、折り、引張特性で一番優れ、引裂強度ではやや劣っています(Murray and Thomas 1961)。

ウェスタンレッドシダーは良質のパルプ原料と評価されている一方、パルプ製造工場

にとっては、ウェスタンレッドシダーは技術的に扱いやすい原料ではありません。比較的低い材密度のため、他の樹種に比べクラフトパルプ収量はダグラスファーの60%、ヘムロックの70%というように低くなります(Hatton 1988)。新聞用紙の白色度に達するためには漂白しなければならないので、ウェスタンレッドシダーは碎木パルプには適しません。亜硫酸パルプも白色度で劣り、漂白には困難が伴います。ウェスタンヘムロックに比較してパルプ化の時間が長く、より多くの化学薬品を使用しなければなりません。亜硫酸・アントラキノン法によるパルプ化の収量は低いも

のですが、最終的に必要な白色度まで漂白可能なパルプを製造することができます(MacLeod 1987)。ウェスタンレッドシダー抽出成分は腐食性を持つため、ダイジェスターの接触部分を耐腐食性のステンレスで覆う必要があります。

繊維の多いウェスタンレッドシダーの樹皮は除去するのが難しく、工程作業に困難をもたらします。

スペシャリティ製品

ウェスタンレッドシダーからドア、窓、ブラインド、楽器、箱、モールディング、ガーデン家具および巣箱などの数多くのスペシャリティ製品が作られています。ウェスタンレッドシダーのユニークな特質を持つ木材を求める木彫師、木工職人およびその他の様々な職人向けに特別に木材をそろえています。楽器用材としては、BC州およびヨーロッパで、ウェスタンレ

ッドシダーはギターやハープシコードのサウンドボードに使用されています。ウェスタンレッドシダーのきめこまかな木質、真っ直ぐ通った木目、素晴らしい共鳴度、および高い比強度がこの樹種が楽器に適した素材である所以です。BC州の楽器メーカーによると、細かな木質を持ち、高密度で弾性のある老齢木から採取した木材が楽器に適しているそうです。

独特の外観を持つ製品はウェスタンレッドシダー合板です。この装飾性の高い合板はスペシャリティ製品供給業者が取り扱っています。かつて、ウェスタンレッドシダーの樹皮、鋸屑、無垢材の切屑などの製材屑からパーティクルボードとファイバーボード(木質繊維板)が作られていましたが、現在では生産はされていません。

1987年以来ブリティッシュ・コロンビア州では、枝や葉から水蒸気抽出法により精油が採取されています。葉の油はある種の芳香を持ち、香水やトイレットリー製品に用いられています。芯材に含まれる油も水蒸気抽出法で小規模生産が行われています。ウェスタンレッドシダーの抽出成分の使用法については、様々な可能性が提言され(Barton and MacDonald 1971)、精油の市場開発が現在行われています。



参 考 文 献

- Allen, E.A., D.J. Morrison and G.W. Wallis. 1996. Common tree diseases of British Columbia. Natural Resources Canada. Canadian Forest Service. 178p.
- American Society for Testing and Materials. 1996. Annual Book of ASTM Standards, Section 4, Construction. D-2555. ASTM, Philadelphia, USA.
- Avramidis, S., F. Liu and B.J. Neilson. 1994. Radio-frequency/vacuum drying of softwoods: drying of thick western red cedar with constant electrode voltage. *For. Prod. J.* 44(1): 41-47.
- Barrett, J.D. and W. Lau. 1994. Canadian lumber properties. Jones, E.D., ed. Canadian Wood Council, Ottawa, ON.
- Barton, G.M. 1962. The phenolics of three western Canadian conifers. Pages 59-79 in *Proc., Symp. Plant phenolics group of North America*, Aug. 1962, Oregon State Univ., Corvallis, OR.
- Barton, G.M. and B.F. MacDonald. 1971. The chemistry and utilization of western red cedar. *Can. For. Serv., Dept. Fish. and For., For. Prod. Lab., Vancouver, BC. Publ. No. 1023.*
- BC Market Outreach Network. 2003a. Managing BC cedar for the future. *BC Forestry Facts July 2003.* www.bcforestinformation.com.
- BC Market Outreach Network. 2003b. Certifying British Columbia's forest management. *BC Forestry Facts* (undated). www.bcforestinformation.com.
- BC Ministry of Forests. 1995. Seed and vegetative material guidebook. *BC Min. For.*, Victoria, BC.
- BC Ministry of Forests. Annual reports. www.for.gov.bc.ca/mof/annualreports.htm
- Beaumink, E., J.C. Mitchell and J.P. Nater. 1973. Allergic contact dermatitis from cedar wood (*Thuja plicata*). *Br. J. Dermatol* 88(5): 499-504.
- Bolza, E. 1980. Some Health Hazards in the Forest Products Industries. *CONTROL* 6 (1): 7-16.
- BRE. 1977. A handbook of softwoods. Building Research Establishment, For. Prod. Res. Lab., Princes Risborough, Aylesbury, Bucks, England. Report Cl/SfB 1976.
- Brown, P., T. Crowder, A. van Niejenhuis and J. Russell. 2003. Managing western redcedar seed orchards for reduced selfing. *Tree Seed Working Group News Bulletin*. In press.
- Buckland, D.C. 1946. Investigations of decay in western red cedar in British Columbia. *Can. J. Res. C*, 24: 158-181.
- Burns, R.M. and B. Honkala. 1990. *Silvics of North America*. Vol. 1, Conifers. USDA, U.S. For. Serv., Wash., D.C., Agric. Handbk. 654.
- Byrne, A., A. J. Cserjesi and E.L. Johnson. 1987. The protection of roofing materials. A field test of preservative-treated western red cedar shakes. *Forintek Canada Corp., Vancouver, BC. Report to the Can. For. Serv.*
- Canadian Standards Association. 1999. Preservative treatment of shakes and shingles with chromated copper arsenate by pressure processes. *CSA Supplement No. 1 to O80 Series-97, wood preservation: O80S1-99.* Etobicoke ON. 3p.
- Canadian Standards Association. 1997. *Western Cedar Shakes and Shingles*. Rexdale, Toronto, ON, CSA Standard 0118.1-97.
- Canadian Wood Council. 2001. *Wood Design Manual - The complete reference for wood design in Canada*. 4th ed. Canadian Wood Council, Ottawa, ON.
- Carter, F. L. and R. V. Smythe. 1974. Feeding and survival responses of *Reticulitermes flavipes* (Kollar) to extractives of wood from 11 coniferous genera. *Holzforsch.* 28(2): 41-45.
- Cartwright, K. St. G. 1941. The variability in resistance to decay of the heartwood of home-grown western red cedar (*Thuja plicata* D. Donn) and its relation to position in the log. *Forestry* 15: 65-75.
- Chan-Yeung, M. 1994. Mechanism of occupational asthma due to western red cedar (*Thuja plicata*). *Am J Ind Med*; 25: 13-8.
- Cherry, M.L. 1995. Genetic Variation In Western Red Cedar (*Thuja plicata* Donn) Seedlings. University of British Columbia, Vancouver, BC. Dissertation.
- Council of Forest Industries. 2003. *British Columbia forest industry statistical tables 2003*. COFI, Vancouver, BC.

- Council of Forest Industries. 2001. British Columbia Forest Industry Fact Book - 2000. COFI, Vancouver, BC. 72p. Also available at www.cofi.org.
- Cown, D.J. and S.R. Bigwood. 1979. Some wood characteristics of New Zealand-grown western red cedar (*Thuja plicata* D. Donn.) NZ J. For. 24(1): 125-132.
- Curran, M.P. and B.G. Dunsworth. 1988. Coastal western red cedar regeneration: problems and potentials. Pages 20-32 in Smith, N.J. (ed.), Western red cedar - does it have a future? Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- DeBell, J.D., J.J. Morrell and B.L. Gartner. 1997. Tropolone content of increment cores as an indicator of decay resistance in western red cedar. Wood and Fiber Science. 29(4) 364-369.
- DeBell, J.D., J.J. Morrell and B.L. Gartner. 1999. Within stem variation in tropolone content and decay resistance of second-growth western red cedar. For. Science 45(1) 101-107.
- Duncan, R.W. 1995. Western cedar borer. Can. For. Serv., Pac. For. Cent., Victoria, BC. Forest pest leaflet no. 66.
- Eades, H.W. and J.B. Alexander. 1934. Western red cedar: significance of its heartwood colourations. For. Prod. Labs., Ottawa, ON. Circ. 41.
- El-Kassaby, Y.A., J. Russell and K. Ritland. 1994. Mixed mating in an experimental population of western red cedar, *Thuja plicata*. J. Hered. 85(3): 227-231.
- EN 350-2. 1994. Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe. European standard.
- Englerth, G.H. and T.C. Scheffer. 1954. Tests of decay resistance of four western pole species. U.S. For. Prod. Lab., Madison, WI, Rep. No. 2006.
- Espenas, L.D. 1974. Longitudinal shrinkage of western red cedar, western hemlock, and true fir. For. Prod. J. 24(10): 46-48.
- Farrar, J.L. 1995. Trees in Canada. Fitzhenry & Whiteside Ltd. and Can. For. Serv. in cooperation with Canada Communication Group - Publishing, Supply and Services Canada.
- Feist, W.C. 1977. Wood surface treatments to prevent extractive staining of paints. For. Prod. J. 27(5): 50-54.
- Findlay, W.P.K. and C.B. Pettifor. 1941. Dark colouration of western red cedar in relation to certain mechanical properties. Emp. For. J. 20: 64-72. (For. Prod. Res. Lab. Princes Risborough, Bucks, England).
- Forest Genetics Council of BC. 2002. Business Plan 2002/2003.
- Frew, A., H. Chan, P. Dryden, H. Salari, S. Lam and M. Chan-Yeung. 1993. Immunologic studies of the mechanisms of occupational asthma caused by western red cedar. J. Allergy and Clinical Immunology 92(3): 466-478.
- Freitag, C.M. and J.J. Morrell. 2001. Durability of a changing western red cedar resource. Wood and Fiber Science. 33: 1 69-75.
- Furniss, R.L. and V.M. Carolin. 1977. Western forest insects. USDA For. Serv., Wash., DC. Misc. Publ. No. 1339.
- Gorman, T.M., C.M. Hamanishi and J.R. Callison. 1996. The laminated log industry: an overview of production and distribution. For. Prod. J. 46(3): 80-82.
- Government of BC. 2003. BC Conservation Data Centre: British Columbia Register of Big Trees [Internet]. <http://srmwww.gov.bc.ca/cdc/register.htm#CEDAR>.
- Graff, J.R. and I.H. Isenberg. 1950. The characteristics of unbleached kraft pulps from western hemlock, Douglas-fir, western red cedar, loblolly pine, and black spruce. II. The morphological characteristics of the pulp fibres. Tappi 33(2): 94-95.
- Guernsey, F.W. 1951. Collapse in western red cedar. BC Lumberman 35(4): 44-45, 62.
- Harlow, W.M., E.S. Harrar and F.M. White. 1979. Textbook of Dendrology. 6th ed. McGraw-Hill Book Co., New York, NY.
- Harrar, E.S. 1957. Hough's encyclopaedia of American woods. Vol. I. Robert Speller & Sons, New York, NY.
- Harrington, C.A. and C.A. Wierman. 1985. Response of a poor-site western red cedar stand to pre-commercial thinning and fertilization. USDA, For. Serv., Pac. Northw. For. Range. Expt. Sta., Portland, OR. Res. Pap. PNW - 339.
- Hatton, J.V. 1988. Western red cedar kraft pulps. Pages 164-169 in Western red cedar - does it have a future? Smith, N.J. (ed.), Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.

- Higgins, N.C. 1957. The equilibrium moisture content-relative humidity relationships of selected native and foreign woods. *For. Prod. J.* 7(10): 371-377.
- Hosie, R.C. 1969. Native trees of Canada. Can. For. Serv., Dep. Fish. and For., Ottawa, ON.
- Howard, J. and T.D. McIntosh. 1969. Plicatic acid esters. Antioxidants for fats and oils. *Ger. Pat.* 1,910,989.
- Isenberg, I.H. 1980. Pulpwoods of the United States and Canada. Vol. I - Conifers. 3rd ed. Inst. of Paper Chem. Appleton, WI.
- Jessome, A.P. 1977. Strength and related properties of woods grown in Canada. Dep. Fish. and Env. Can., For. Prod. Lab., Ottawa, ON. For. Tech. Rep. No. 21.
- Jin, L. 1987. Detoxification of thujaplicins in living western red cedar (*Thuja plicata* Donn) trees by microorganisms. Ph.D. dissertation, Faculty of Forestry, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- Jin, L., B.J. van der Kamp, J. Wilson and E.P. Swan. 1988. Biodegradation of thujaplicins in living western red cedar. *Can. J. For. Res.* 18: 782-786.
- Johansson, C.I., J.N Saddler, and R.P. Beatson. 2000. Characterization of the polyphenolics related to the colour of western red cedar (*Thuja plicata* Donn) heartwood. *Holzforschung.* 54: 3, 246-254.
- Jozsa, L.A. and R.M. Kellogg. 1986. An exploratory study of the density and annual ring weight trends in fast-grown coniferous woods in British Columbia. Forintek Canada Corp., Vancouver, BC. Contract Rep. No. 028012017/028055010 for Can. For. Serv.
- Kai, Y. and E. Swan. 1990. Chemical constituents contributing to the colour of western red cedar heartwood. *Mokuzai Gakkaishi* 36(3): 218-224.
- Kirbach, E. 1992. Wear of standard steel, cobalt and nickel based alloys and cobalt based tungsten carbides in sawing unseasoned wood. Paper presented at the 2nd International Symposium on Tooling for the Wood Industry held on June 18-19, 1992, Raleigh, NC.
- Kirbach, E. 1996. Exploratory tests for reducing fiber tear in bandsawing unseasoned western red cedar. Forintek Canada Corp., Western Lab., Vancouver, BC. Internal Report.
- Kirbach, E. and T. Bonac. 1977. Cutting unseasoned western red cedar with titanium carbide-coated carbide-tip saws. Proceedings, Fifth Wood Machining Seminar, Univ. of Cal, Berkeley, Richmond CA.
- Kobayashi, Y. 1985. Anatomical characteristics of collapsed western red cedar. I. *Mokuzai-Gakkaishi [J. of Jap. Wood Res. Soc.]* 31(8): 633-639.
- Kobayashi, Y. 1986. Anatomical characteristics of collapsed western red cedar wood. II. *Mokuzai-Gakkaishi [J. of Jap. Wood Res. Soc.]* 32(1): 12-18.
- Kope, H.H., D. Trotter and J.R. Sutherland. 1996. Influence of cavity size, seedling growing density and fungicide applications on *Keithia* blight of western redcedar seedling growth and field performance. *New Forests* 11(2): 137-147.
- Krahmer, R.L. and W.A. Cote Jr. 1963. Changes in coniferous wood cell associated with heartwood formation. *Tappi* 46(1): 42-49.
- Krajina, V.J., K. Klinka and J. Worrall. 1982. Distribution and ecological characteristics of trees and shrubs of British Columbia. Univ. of British Columbia, Faculty of Forestry, Vancouver, BC.
- Lassen, L.E. and E.A. Okkonen. 1969. Sapwood thickness of Douglas-fir and five other western softwoods. USDA, U. S. For. Serv., For. Prod. Lab., Madison, WI. Res. Paper FPL-124.
- Lewis, H.F. 1950. The significant chemical components of western hemlock, Douglas-fir, western red cedar, loblolly pine and black spruce. *Tappi* 33(6): 299-301.
- Lie, T.T. (ed.) 1992. Structural fire protection. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practice No.28. American Society of Civil Engineers, New York, NY.
- Lin, T-S. and T.T. Chang. 1999. Termite and decay resistance of two imported Canadian and three domestic woods. *Taiwan Journal of Forest Science.* 14: 2. 235-239.
- Lines, R. 1988. Choice of Seed Origins for the Main Forest Species in Britain: Western redcedar. *Forestry Commission Bulletin* 66: 37-38.
- Mackay, J.F.G. and L.C. Oliveira. 1989. Kiln operator's handbook for western Canada. Forintek Canada Corp, Western Lab., Vancouver, BC. Special Publ. No. 31.
- MacLean, H. 1970. Influences of basic chemical research on western red cedar utilization. *For. Prod. J.* 20(2): 48-51.

- MacLean, H. and J.A.F. Gardner. 1956. Distribution of fungicidal extractives (thujaplicin and water-soluble phenols) in western red cedar heartwood. *For. Prod. J.* 6(12): 510-516.
- MacLean, H. and J.A.F. Gardner. 1958. Distribution of fungicidal extractives in target pattern heartwood of western red cedar. *For. Prod. J.* 8(3): 107-108.
- MacLeod, J.M. 1987. Alkaline sulphite-anthraquinone pulps from softwoods. *J. Pulp Paper Sc.* 13(2): 44-49.
- Mannesmann, R. 1973. Comparison of twenty-one commercial wood species from North America in relation to feeding rates of the Formosan termite *Coptotermes formosanus* Shiraki. *Mat. Org.* 8(2): 107-120.
- Marshall, D.D. and D.S. DeBell. 2001. Stem characteristics and wood properties: essential considerations in sustainable multipurpose forestry regimes. In *Proceedings of Wood Compatibility Initiative Workshop*, Washington USA, 4-7 December 2001. General technical report Pacific Northwest Research Station, USDA Forest Service 2002, PNW-GTR-563, 145-149.
- McBride, C.F. 1959. Utilizing residues from western red cedar mills. *For. Prod. J.* 9(9): 313-316.
- McGowan, W.M. and W.J. Smith. 1965. Strength and related properties of western red cedar poles. *Can. Dep. For., Ottawa, ON, Publ. No.* 1108.
- McLean, J. 1998 [updated 1999]. *Trachykele blondeli* (Buprestidae) the western cedar borer [Internet]. Vancouver, BC University of British Columbia Faculty of Forestry. http://www.forestry.ubc.ca/fetch21/FRST308/lab7/trachykele_blondeli/cedar.html.
- McWilliams, J. 1988. What is different and interesting about the manufacture of lumber and roofing products from western red cedar? Pages 161-163 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- Meidinger, D. and J. Pojar (eds.). 1991. *Ecosystems of British Columbia*. BC Min. For., Victoria, BC. Special Rep. Series No. 6.
- Meyer, R.W. and G.M. Barton. 1971. A relationship between collapse and extractives in western red cedar. *For. Prod. J.* 21(4): 58-60.
- Minore, D. 1983. Western red cedar—a literature review. USDA, Pac. Northw. For. Range Expt. Sta., Portland, OR. Gen. Tech. Rep. PNW-150.
- Minore, D. 1990. *Thuja plicata* Donn ex D. Don. in Burns, R.M. and B. Honkala. 1990. *Silvics in North America*. Vol. 1, Conifers. USDA, U.S. For. Serv., Wash., D.C. Agric. Handbook. 654.
- Mitchell, J.C. and M. Chan-Yeung. 1974. Contact allergy from *Frullania* and respiratory allergy from *Thuja*. *Can. Med. Assoc. J.* 110(6): 653-655.
- Morris, P.I., A. Byrne and J.K. Ingram. 1995. Field testing of wood preservatives in Canada. Performance of western red cedar shakes and shingles. Pages 45-68 in *Proc., 16th Annual Mtg., Can. Wood Pres. Assn., Nov. 6-7, 1995*. Vancouver, BC.
- Mullins, E.J. and T.S. McKnight (eds.). 1981. *Canadian woods - their properties and uses*. 3rd ed., Univ. of Toronto Press, Toronto, ON.
- Murray, C.E. and B.B. Thomas. 1961. Papermaking characteristics of cedar fiber. *Tappi* 44(9): 633-635.
- National Building Code of Canada. 1995. National Research Council Canada, Ottawa, ON.
- Nault, J.R. 1986. Longitudinal shrinkage in five second-growth western Canadian coniferous woods. Forintek Canada Corp, Western Lab., Vancouver, BC. CFS Report No. 028055010/02 8012017.
- Nault, J.R. 1988. Radial distribution of thujaplicins in old-growth and second-growth western red cedar (*Thuja plicata* Donn.). *Wood Sc. Tech.* 22(1): 73-80.
- Nearn, W.T. 1955. Effect of water soluble extractives on the volumetric shrinkage and equilibrium moisture content of eleven tropical and domestic woods. Pennsylvania State Univ., Coll. Agric., Univ. Park, PA. Bull. #598, School of Forestry Series, No.2.
- Nielson, R.W., J. Dobie and D.M. Wright. 1985. Conversion factors for the forest products industry in western Canada. Forintek Canada Corp., Western Lab., Vancouver, BC. Special Publ. No SP-24R.
- Nurse, R. 1997. Vancouver, BC. Personal Communication.
- Nystrom, M.N.; D.S. DeBell; C.D. Oliver. 1984. Development of young growth western red cedar stands. USDA, For. Serv., Pac. Northw. For. Range Expt. Sta., Portland, OR. Res. Paper PNW-324.

- O'Connell, L.M. 2003. The evolution of inbreeding in western redcedar (*Thuja plicata*: Cupressaceae). University of British Columbia, Vancouver, BC. Dissertation.
- O'Connell, L. M., F. Viard, J. Russell, and K. Ritland. 2001. The mating system in natural populations of western redcedar (*Thuja plicata*). *Can. J. Bot.* 79(6): 753-756.
- Okkonen, E.A., H.E. Wahlgren and R.R. Maeglin. 1972. Relationships of specific gravity to tree height in commercially important species. *For. Prod. J.* 22(7): 37-42.
- Oliver, C.D., M.N. Nystrom and D.S. Debell. 1988. Coastal stand silvicultural potential for western red cedar. Pages 39-46 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- OSHA. Date unknown. Occupational Safety and health guidelines for wood dust, western red cedar. Occupational Safety and Health Administration. U.S. Department of Labor. www.osha-slc.gov/SLTC/healthguidelines/wooddustwesternredcedar/
- Panshin, A.J. and C. de Zeeuw, C. 1970. Textbook of wood technology. Vol I. 3rd ed. McGraw-Hill Book Co., New York, NY.
- Parker, T. 1986. Ecology of western red cedar groves. Thesis, B. Sc. Eng. Univ. of Idaho, Moscow, ID.
- Peters, G.B., H.J. Dawson, B.F. Hrutfiord and R.R. Whitney. 1976. Aqueous leachate from western red cedar: effects on some organisms. *J. Fish. Res. Board Can.* 33(12): 2703-2709.
- Pojar, J. and MacKinnon, A. (eds.). 1994. *Plants of coastal British Columbia - including Washington, Oregon and Alaska*. BC Min. For. and Lone Pine Publishing. Vancouver, BC.
- Rehfeldt, G.E. 1994. Genetic structure of western redcedar populations in the Interior West. *Can. J. For. Res.* 24(4): 670-680.
- Reukema, D.L. and J.H.G. Smith. 1987. Development over 25 years of Douglas-fir, western hemlock, and western red cedar planted at various spacings on a very good site in British Columbia. USDA, U.S. For. Serv., Pac. Northw. Res. Sta., Portland, OR. Res. Paper PNW-RP-381.
- Richardson L. 1996. Surface flammability of building materials. Forintek Canada Corp. Technote TEC-49E.
- Rijsdijk, J.F. and P.B. Laming. 1994. Physical and related properties of 145 timbers: information for practice. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- Roff, J.W.; Atkinson, J.M. 1954. Toxicity tests of a water-soluble phenolic fraction (thujaplicin-free) of western red cedar. *Can. J. Bot.* 32: 308-309.
- Roff, J.W.; Whittaker, E.I.; Eades, H.W. 1963. Decay resistance of western red cedar - relative to kiln seasoning, colour and origin of the wood. *Can. For. Serv., West. For. Prod. Lab., Vancouver, BC. Technote No. 32.*
- Russell, J. 1996 and 2003. BC Min. For., Res. Sta., Cowichan Lake, Vancouver Is., BC. Personal Communication.
- Russell, J.H., H.H. Kope and H. Collison. 2003. Genetic variation in *Didymascella thujina* resistance of *Thuja plicata* in British Columbia. Victoria. BC Min. For. Internal Report.
- Rudman, P. 1962. The causes of nature durability in timber. *Holzforschung* 16(3): 72-77.
- Salamon, M. and J. Hejjas. 1971. Faster kiln schedules for western red cedar and their effect on quality and strength. *Can. For. Serv., Dep. Fish. and For., For. Prod. Lab., Vancouver, BC. Inf. Rep. VP-X-74.*
- Scheffer, T.C. 1957. Decay resistance of western red cedar. *J. For.* 55(6): 434-442.
- Sharpe, G.W. 1974. Western red cedar. *Coll. of For. Resourc., Univ. of Wash., WA.*
- Sherill, S. 1988. Redwood and cedar: recent production and consuming patterns. *Crows Digest* 3(2): 11. Special Rep.
- Smith, J.H.G. 1980. Influences of spacing on radial growth and percentage latewood of Douglas-fir, western hemlock and western red cedar. *Can. J. For. Res.* 10: 169-175.
- Smith, J.H.G. 1988. Influences of spacing, site, and stand density on growth and yield of western red cedar. Pages 71-80 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.
- Smith, J.H.G. and A. Kozak. 1967. Thickness and percentages of bark of the commercial trees of British Columbia. Univ. of British Columbia, Faculty of Forestry, Vancouver, BC. Internal Report.

- Smith, J.H.G. and A. Kozak. 1971. Thickness, moisture content, and specific gravity of inner and outer bark of some Pacific Northwest trees. *For. Prod. J.* 21(2): 38-40. Tech. Note.
- Smith, J.H.G. and M.L. Parker. 1978. A comparison of X-ray densitometry and binocular microscope methods for measuring tree-ring components of Douglas-fir, western hemlock and western red cedar. *Proc. IUFRO Conf. on Instruments*. Corvallis, OR.
- Smith, R.S. and G.W. Swann. 1975. Colonization and degradation of western red cedar shingles and shakes by fungi. *Mater. Org. Beiheft.* 3: 253-262.
- Smith, W.J. 1970. Wood density survey in western Canada. *Can. Dep. Fish. For., West. For. Prod. Lab., Vancouver, BC. Inf. Rep. VP-X-66.*
- Soegaard, B. 1969. Resistance studies in Thuja. *Forstl. Forsogsv. Danm.* 31(3): 287-396.
- Southam, C.M. 1946. The antibiotic activity of extract of western red cedar heartwood. Pages 391-396 in *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.* (cited in Minore 1983).
- Steer, G. 1995. Bark utilization - landscaping and garden products. Presentation 12 in *Proceedings of Conference on residual wood residue to revenue held on Nov. 7-8, 1995, Richmond, BC. BC Environ./Sc. Council of BC/Logging Sawmilling Journal*
- Stewart, H. 1984. CEDAR - Tree of Life to the Northwest Coast Indians. Douglas and McIntyre Ltd. Vancouver, BC.
- Su, N-Y and M. Tamashiro. 1986. Wood-consumption rate and survival of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) when fed one of six woods used commercially in Hawaii. *Proc., Hawaiian Entomological Soc., Vol. 26 (March 1):* 109-113.
- Sullivan, T.P. 1992. Feeding damage by bears in managed forests of western hemlock-western red cedar in midcoastal British Columbia. *Can J. For. Res.* 23(1): 49-54.
- Suzuki, K., and K. Hagio. 1999. Termite durability classification of building materials by Formosan termite. *Coptotermes formosanus* In. Vol. 2. *Proceedings of Pacific Timber Engineering Conference, Rotorua NZ (Ed. G.B. Wallford and D.J. Gaunt). Forest Research Bulletin #212.* 258-263.
- Swan, E.P. 1966. A study of western red cedar bark lignin. *P. & P. Mag. Can.* 67(10): T456 - T460.
- Swan, E.P., R.M. Kellogg and R.S. Smith. 1988. Properties of western red cedar. Pages 147-160 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), *Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.*
- USDA. 1952. Computed thermal conductivity of common woods. U.S. Dep. Agric., For. Serv., For. Prod. Lab., Madison, WI. Tech. Note No. 248.
- University of Bonn. 2003. Gymnosperm database: Thuja plicata [Internet]. <http://www.botanik.uni-bonn.de/conifers/cu/th/plicata.htm>.
- van der Kamp, B.J. 1975. The distribution of microorganisms associated with decay of western red cedar. *Can. J. For. Res.* 5(1): 61-67.
- van der Kamp, B.J. 1986. Effects of heartwood inhabiting fungi on thujaplicin content and decay resistance of western red cedar (Thuja plicata Donn). *Wood and Fiber Sc.* 18(3): 421-427.
- van der kamp, B.J. 1988. Pests of western red cedar. Pages 145-146 in *Western red cedar - does it have a future?* Smith, N.J. (ed.), *Proc. Conf., July 13-14, 1987, Univ. of British Columbia, Vancouver, BC.*
- Vourc'h, G., J. Russell and J.-L. Martin. 2002. Linking deer browsing and terpene production among genetic identities in *Chamaecyparis nootkatensis* and *Thuja plicata* (Cupressaceae). *J. Hered.* 93(5): 370-376.
- Wellwood, R.W. and P.E. Jurazs. 1968. Variation in sapwood thickness, specific gravity, and tracheid length in western red cedar. *For. Prod. J.* 18(12): 37-46.
- Williams, R.S.; J.E. Winandy; W.C. Feist. 1987. Adhesion of paint to weathered wood. *For. Prod. J.* 37: 11-12, 29-31.
- Woods, B. and C.D. Calnan. 1976. "Toxic Woods". *Br. Journal of Dermatology.*
- WRCLA. 2001. Designer's handbook. Western Red Cedar Lumber Association Vancouver BC. <http://www.wrcla.org/cedarspecs/designershandbook/physicalproperties.asp>.
- WRCLA. 1994. Specifying cedar siding. Western Red Cedar Lumber Association. Vancouver, BC.



WESTERN RED
CEDAR EXPORT
ASSOCIATION



Forintek
Canada
Corp.



Forestry
Innovation
Investment Ltd.



Produits de bois canadien
Canada Wood

