

木材科学講座 7

木材の乾燥

信田 聡・河崎弥生 編

I 基礎編



WOOD SCIENCE SERIES



海青社

執筆者紹介

(50 音順。＊印は編集者)

- 加 藤 英 雄 森林総合研究所 構造利用研究領域材料接合研究室 主任研究員
(2 章 11 節 11.2)
- 河 崎 弥 生＊ 岡山県農林水産総合センター森林研究所 元副所長
(1 章 1 節, コーヒーブレイク 1, 3)
- 久 保 島 吉 貴 森林総合研究所木材加工・特性研究領域物性研究室 室長
(2 章 11 節 11.1)
- 齋 藤 周 逸 森林総合研究所 木材加工・特性研究領域 先進技術開発担当 チーム長
(3 章 4-6 節, 付 II, V)
- 信 田 聡＊ 東京大学大学院農学生命科学研究科 元教授
(1 章 2 節, 2 章 4-6 節, コーヒーブレイク 2, 4)
- 田 中 孝 静岡大学農学部生物資源科学科 助教
(1 章 2 節)
- 藤 本 登 留 九州大学大学院農学研究院 環境農学部 准教授
(2 章 7-10 節)
- 吉 田 貴 紘 森林総合研究所木材加工・特性研究領域 木材乾燥研究室 室長
(付 I, III, IV, VI)
- 渡 辺 憲 森林総合研究所木材加工・特性研究領域 木材乾燥研究室 主任研究員
(2 章 1-3 節, 3 章 1-3 節)

序

「木材科学講座」は、木材を科学的立場から、生物材料科学(林産)系、森林科学(林学)系を中心とする学生や、木材を初めて学ぶ人を対象として著述された一連のテキストである。さらに木材を扱う建築学系学生にとっても有益な書籍となる。この木材科学講座シリーズの中の「木材の乾燥」は、社会的にも発刊への期待は常に高かったが、実現していなかった。

本書は、エンジニアリングの傾向が強い“乾燥”を取り上げており、学生以外にも木材加工や木材利用に係わる企業の社員研修、社会人の技術教育のためのテキストとして活用されることも期待される。木材の乾燥に係わる基礎学は、木質科学(林産学)、物理学、化学、工学(熱力学、機械工学、流体力学、伝熱工学、化学工学など)と多岐にわたるので、本書のみで、木材乾燥の基礎を網羅して解説することは不可能である。一方、天然乾燥以外の人工乾燥法としては、蒸気式乾燥法が世界的に主流であることは、過去一世紀の歴史を振り返っても変化がない状況にあり、蒸気式乾燥法の乾燥技術を中心にして解説することは現代でも重要である。

本書の特徴としては、木材乾燥の歴史を述べた乾燥関係資料が稀有であったため、日本における木材乾燥の歴史をⅠ基礎編の冒頭に記した。歴史を紐解き、来し方を俯瞰することは、現在世界が直面する技術的課題であるサステナビリティ(持続性)に視点を置く乾燥技術開発として何が望まれるかを考えることに資するであろう。

本書は、Ⅰ基礎編、Ⅱ応用編の2冊からなる構成とした。当初1冊でまとめようとしたが、「木材科学講座」シリーズとしては、頁数が膨大とならざるを得ないため、“乾燥”というテクノロジーを効率的に解説するには、基礎編と応用編とに分けて2分冊とすることが良いという判断に至った。

本書、Ⅰ基礎編では、木材乾燥の歴史、木材乾燥法の概説、木材乾燥に関係が深い針葉樹材および広葉樹材の組織や物理的性質を解説した。本

書の使い方は、大学などでの講義には、本書Ⅰ 基礎編を中心に講義していただければと思う。さらに乾燥技術の実際を学びたい場合は、Ⅱ 応用編を中心に読んでいただければ良いであろう。

本書、Ⅰ 基礎編とⅡ 応用編を通じて、木材利用を考えるために避けて通れない木材乾燥技術の基礎的および実知的知識を得ていただき、さらには木材乾燥の現場においても本書を活用していただければ幸甚である。

おわりに、この「木材の乾燥」を企画し、編者のわがまを聞き入れてくださった宮内久氏、福井将人氏ほか海青社の方々に感謝の意を表する。

編者しるす

木材科学講座 7

木材の乾燥

I 基礎編

目 次

本文中で☞印を付した用語については、巻末「索引・用語解説」に解説を掲載した。

序	1
第 1 章 木材乾燥の歴史と乾燥法	9
第 1 節 木材乾燥の歴史	9
1.1 木材乾燥の概念の形成と長く着実な発展を刻んだ時代	9
(縄文～近代)	9
1.2 人工乾燥が胎動期を経て工業的技術として位置付けられるようになった時期	13
(1907 年頃～1945 年頃(明治末期頃～第二次世界大戦終結頃))	13
1.3 戦後の木材産業の急速な復興に木材乾燥が大きく貢献した時期	15
(1945 年頃～1951 年頃(第二次世界大戦後～昭和 26 年頃))	15
1.4 木材乾燥が我が国独自の技術革新によって大きく発展した時期	16
(1952 年頃～1980 年頃(昭和 27 年頃～昭和 50 年代中期頃))	16
1.5 建築用針葉樹材の人工乾燥へ向けた創生期	20
(1980 年代(昭和 55 年～平成元年))	20
1.6 建築用針葉樹材の人工乾燥の技術開発が本格化した年代	23
(1990 年代(平成 2 年～平成 11 年))	23
1.7 建築用針葉樹材用の新しく多様な乾燥技術の開発が成熟期を迎えた年代	29
(2000 年代(平成 12 年～平成 21 年))	29
1.8 多様性を増す建築部材等の人工乾燥を手がける時代の到来	32
(2010 年代(平成 22 年～平成 30 年(現在))	32
第 2 節 木材乾燥法の概要	40
2.1 乾燥の必要性	40
2.2 木材乾燥法の概要	41
2.3 木材の熱処理	51
第 2 章 木材乾燥の基礎	55
第 1 節 木材の構造	55
1.1 木材の肉眼的構造	55
1.2 木材の顕微鏡的構造	56
1.3 細胞壁の構造	57

第2節	木材中の水分.....	59
2.1	木材中の水分状態.....	59
2.2	生材の含水率.....	60
第3節	水分の移動.....	62
3.1	自由水の移動.....	62
3.2	結合水の移動.....	63
第4節	水分蒸発.....	65
4.1	水の蒸発速度.....	65
第5節	乾燥速度.....	66
5.1	乾燥速度.....	66
5.2	乾燥速度に影響を与える外周条件.....	67
5.3	乾燥速度に影響を与える木材の条件.....	69
第6節	平衡含水率.....	71
6.1	平衡含水率.....	71
6.2	Hailwood and Horrobin の吸着理論から平衡含水率を求める式.....	72
6.3	近似式による方法.....	72
6.4	日本の気候値平衡含水率.....	73
6.5	100℃以上の高温水蒸気中の平衡含水率.....	74
6.6	仕上げ含水率.....	75
第7節	乾燥応力とひずみ.....	79
7.1	乾燥応力の発生.....	79
7.2	ドラインゲット.....	79
7.3	乾燥応力の推移.....	80
7.4	解放ひずみ測定による乾燥応力経過.....	81
7.5	心持ち角材の乾燥応力.....	83
7.6	内部加熱乾燥における乾燥応力の推移.....	83
第8節	ヒステリシス.....	85
第9節	密 度.....	87
9.1	木材の含有水分状態と密度.....	87
9.2	木材の実質率と空隙率.....	87

9.3 木材密度の変動.....	88
第10節 収縮異方性.....	89
10.1 木材の乾燥収縮.....	89
10.2 木材の収縮異方性.....	90
第11節 乾燥温度と強度.....	92
11.1 温度と強度の基礎的關係.....	92
11.2 製材の乾燥温度と強度との関係.....	95
第3章 含水率と測定法.....	103
第1節 含水率の定義.....	103
1.1 含水率の定義.....	103
第2節 全乾法.....	104
2.1 全乾法.....	104
第3節 X線による方法.....	105
3.1 測定原理.....	105
3.2 含水率分布の測定.....	106
3.3 二重エネルギー X線吸収法.....	106
3.4 特 徴.....	106
第4節 電氣的測定法.....	108
4.1 電氣的測定法.....	108
第5節 含水率計.....	113
5.1 含水率計.....	113
5.2 含水率計の電極の種類.....	114
5.3 含水率計の特徴.....	115
5.4 含水率計による水分管理.....	115
第6節 含水率基準.....	117
6.1 含水率基準.....	117
付 録.....	122
I 飽和水蒸気表.....	123

II 平衡含水率図.....	125
III 熱量単位.....	131
IV 空気線図.....	132
V 乾湿球温度差と相対湿度.....	133
VI 燃料別発熱量.....	134
 索引・用語解説.....	 136

~~~~~ ＜ コーヒーブレイク ＞ ~~~~~

|                                                     |     |
|-----------------------------------------------------|-----|
| 1 昭和初期の人工乾燥の専門書は？.....                              | 54  |
| 2 ヒステリシスが生じる理由.....                                 | 61  |
| 3 塗装した木材の収縮・膨潤(shrinkage・swelling)はどのようなになるのか？..... | 102 |
| 4 天然乾燥処理材の含水率基準.....                                | 121 |

~~~~~

第1章 木材乾燥の歴史と乾燥法

第1節 木材乾燥の歴史

我が国は、「木の国」と呼ばれ、太古から文化(culture)、文明(civilization)を支える貴重な材料として、木材を利用してきた。利用する形態は住居、家具、生活用品など我々の生活に身近なものから、神社・仏閣など象徴的な意味合いを持つものまで多様であり、またそれぞれ時代的な変遷もある。

これらの木材の利用に際し、本来有する基本的な性能を十分に発揮させ、また一旦手にした木製品が長らく生活に寄り添うものであるように、乾燥させて用いるということを行ってきた。すなわち、木材乾燥は我々の木材利用の歴史とともにあり、その歩みは長く、その技術的な発展や変化も多様で深いものがある。

ここでは、我が国における木材乾燥の技術的な変遷について、古い時代から近年(2018年)までの歴史を概観する。

1.1 木材乾燥の概念の形成と長く着実な発展を刻んだ時代

(縄文～近代)

縄文時代には、三内丸山遺跡(青森県)においてクリの大径材を用いて望楼が作られたり、その他身近にある木材を用いて住居等を建てたり、また生活用具を作っていたことが知られている。当時は、石斧や石器を使^りっての加工となるため、生木の状態で加工されることが多く、基本的には、乾燥した材を使うということを前提とはしていなかったのではないかと想像される。しかし、古建築の研究者の中には、多数の切断痕のある木材が発見され、その加工面には長い削りが認められ、ある程度乾燥が進行していた木材を加工していたとする意



コーヒーブレイク 1

昭和初期の人工乾燥の専門書は？

我が国において、人工乾燥が本格的に行われるようになった昭和初期には、下記に示すような専門書が相次いで刊行されている。それらの書籍では、従来から行われてきた天然乾燥を工業的技術として整理するとともに、人工乾燥についても当時の最新技術が詳細に記載されている。著者達は、海外の優れた文献にも目を通していたことが窺い知れるとともに、最先端を行く木材乾燥の専門家としての熱い思いと、当時の木材乾燥技術の実態を知ることができる。また、示された知見は、現在でも木材乾燥の専門的知識として価値あるものも多い。

例えば、松本文三氏の著書では真空乾燥について解説されているが、水分移動の理論を体系的に述べると共に、広葉樹板材の乾燥スケジュールや経費など実用的な面からの記述もなされている。これらの知見は、今なお、真空乾燥に関わりを持つ研究者の間では参考にされることが多く、輝きは衰えていないとする評価もある。

また、泉岩太氏は、著書の中で、イギリス、フランス等のヨーロッパ諸国や米国等における人工乾燥の発展の経緯や現状にもコメントしており、海外の技術も広く収集した上で、我が国に適した技術開発に臨んでいたことが知られる。

さらに、これらの先達の木材乾燥に対する思いとしては、例えば松本氏が述べているように「木材乾燥に学理が必要であることは言うまでもないが、木材は樹種や産地によって各種の性質が一定していないから、学理の応用と共により多くの経験を必要とする」というように、基礎学と現場で通用する技術が一体となって、初めて木材乾燥が成り立つという考えを示している。このことは、現代にも通じる先達の貴重な言葉である。

機会があれば、これらの専門書を手に取ってみることをお勧めしたい。

- 泉 岩太：“木材の乾燥”，西ヶ原刊行会(1933(昭和8)年)
- 松本文三：“木材乾燥法”，工業図書(1935(昭和10)年)
- 田中勝吉：“木材乾燥論”，丸善(1939(昭和14)年)
- 細谷得二，増永大一：“木材の乾燥”，鉄道時報局(1940(昭和15)年)
- 中原正虎：“実用木材乾燥法”，熊本営林局研修会(1941(昭和16)年)

このプレビューでは表示されないページがあります。

第2章 木材乾燥の基礎

第1節 木材の構造

1.1 木材の肉眼的構造

樹木の幹は樹皮(bark)で覆われており、その内側を形成層(cambium)と呼ばれる薄い層が取り囲んでいる。形成層では新しい細胞が形成され、これによって幹は同心円上に肥大成長して太くなる。その結果、幹から切り出された木材の性質は方向や断面によって異なり、異方性(anisotropy)を示す。

木材には異方性を表す3つの基本的な方向と断面がある(図2-1)。樹軸方向を繊維方向(longitudinal direction)、樹幹の中心(髄(pith))から外に向かう方向を放射方向(radial direction)、年輪(annual ring)に接する方向を接線方向(tangential direction)といい、3方向に対して垂直の断面がそれぞれ横断面(transverse section)、接線断面(tangential section)、放射断面(radial section)である。

木材の材面を指す場合、横断面、接線断面、放射断面のことをそれぞれ木口面(end grain)、板目面(flat-sawn grain)、柾目面(quarter-sawn grain)と呼ぶ。木口面では年輪が同心円状に見られ、柾目面では平行線として見られる。板目面では山形模様の年輪が見られ、板材では樹皮に近い面を木表(bark side)、髄に近い面を木裏(pith side)と区別する。

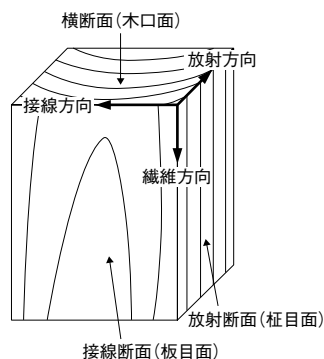


図2-1 木材の方向と断面

このプレビューでは表示されないページがあります。

第3章 含水率と測定法

第1節 含水率の定義

1.1 含水率の定義

木材に含まれる水分の割合は含水率 u (moisture content) として表され、JIS Z 2101¹⁾において以下のように定義されている。

$$u = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100 \quad [\%] \quad (1-1)$$

ここで、 m は含水率 u %時の木材の質量 [g]、 m_o は全乾時の木材の質量 [g] である。含水率は全乾状態の木材実質の質量に対する水分の質量の割合であり、百分率で示される。基準とする質量が木材の全乾質量であることから、この含水率は乾量基準含水率 (dry-basis moisture content) という。

これに対して、紙パルプ、チップなどのパルプ用材や燃料用材の含水率は湿量基準含水率 u' (wet-basis moisture content) で表示されることが多く、 u' は以下のように定義される。

$$u' = \frac{m - m_o}{m} \times 100 \quad [\%] \quad (1-2)$$

u から u' への変換および u' から u への変換は次式で与えられる。

$$u' = \left(1 - \frac{100}{100 + u} \right) \times 100 \quad [\%] \quad (1-3)$$

$$u = \frac{u'}{100 - u'} \times 100 \quad [\%] \quad (1-4)$$

● 引用文献

1) JIS Z 2101：木材の試験方法，2009.

このプレビューでは表示されないページがあります。

る)ことが比較的容易にできるので非接触での含水率測定に向いており、工場のラインに設置して使う設置型含水率計(写真3-3)で採用されている。

高周波容量式と同じく密度の影響を受け、温度の影響はほとんど受けない。

大きな断面のスギ材など表面と内部の水分値に違いがある場合に有効である

5.2 含水率計の電極の種類

(1) 電気抵抗式含水率計の電極

主な電気抵抗式含水率計の電極(写真3-4)は針状である。電極先端と電極先端の間の木材の電気抵抗を測り、含水率に換算する。写真の様に針状電極の場合、2本以上の針がついている。針の深さ、方向によって測定結果が異なる。また、針状電極を使う電気抵抗式の含水率計では樹種を設定するようになっている。これは、密度や樹種によって抵抗値が変わるのではなく、針状電極と木材との接触状態が硬い樹種と柔らかい樹種で若干異なることによって電気抵抗が変化するためである。

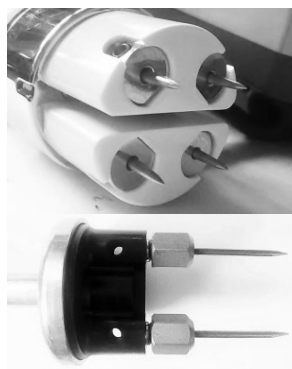


写真3-4 電気抵抗式含水率計の針状電極



写真3-5 高周波容量式含水率計の平行板状電極

(2) 高周波容量式含水率計の電極

主な高周波容量式含水率計の電極は平行板状(写真3-5)、円環状である。電極から出た高周波が通過した部分(高周波電界)の含水率を評価する。

図3-8は、高周波容量式含水率計によって測定した際の高周波電界と測定結果の例である。高周波は電極と電極との間でややふくらんだ電界

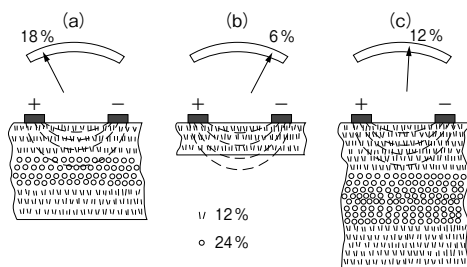


図3-8 高周波電界と測定結果例²⁾

このプレビューでは表示されないページがあります。

付 録

I 飽和水蒸気表	123
表 I-1 飽和水蒸気表	
II 平衡含水率図	125
図 II-1 日本の気候値木材平衡含水率(1981～1995 年)	
図 II-2 北海道地方	
図 II-3 東北地方	
図 II-4 関東地方	
図 II-5 中部地方	
図 II-6 関西地方	
図 II-7 中国・四国地方	
図 II-8 九州地方	
図 II-9 奄美・沖縄地方	
図 II-10 東京気象観測所における温度，相対湿度，年平均気候値木材平衡含水率 の変化	
III 熱量単位	131
表 III-1 熱量単位	
IV 空気線図	132
図 IV-1 空気線図	
V 乾湿球温度差と相対湿度	133
表 V-1 乾湿球温度差による平衡含水率と相対湿度	
VI 燃料別発熱量	134
表 VI-1 木材の発熱量	
表 VI-2 化石燃料の発熱量	

I 飽和水蒸気表¹⁾

表 I-1 飽和水蒸気表¹⁾

圧力 $P(\text{MPa})$	飽和温度		比容積 (m^3/kg)		比エンタルピー (kJ/kg)		
	$t_s(^{\circ}\text{C})$	$t_s(\text{K})$	v'	v''	h'	h''	$r=h''-h'$
0.01	45.8	319.0	0.001010	14.670	191.8	2584.8	2392.9
0.02	60.1	333.2	0.001017	7.650	251.5	2609.9	2358.4
0.04	75.9	349.0	0.001027	3.993	317.7	2636.9	2319.2
0.05	81.3	354.5	0.001030	3.240	340.6	2646.0	2305.4
0.06	86.0	359.1	0.001033	2.732	359.9	2653.6	2293.6
0.08	93.5	366.7	0.001039	2.087	391.7	2665.8	2274.0
0.10	99.6	372.8	0.001043	1.694	417.5	2675.4	2257.9
0.1013	100.0	373.2	0.001044	1.673	419.1	2676.0	2256.9
0.12	104.8	378.0	0.001048	1.428	439.4	2683.4	2244.1
0.14	109.3	382.5	0.001051	1.236	458.4	2690.3	2231.9
0.16	113.3	386.5	0.001055	1.091	475.4	2696.2	2220.9
0.18	116.9	390.1	0.001058	0.9772	490.7	2701.5	2210.8
0.2	120.2	393.4	0.001061	0.8854	504.7	2706.3	2201.6
0.3	133.5	406.7	0.001074	0.6056	561.4	2724.7	2163.2
0.4	143.6	416.8	0.001084	0.4622	604.7	2737.6	2133.0
0.5	151.8	425.0	0.001093	0.3747	640.1	2747.5	2107.4
0.6	158.8	432.0	0.001101	0.3155	670.4	2755.5	2085.0
0.7	165.0	438.1	0.001108	0.2727	697.1	2762.0	2064.9
0.8	170.4	443.6	0.001115	0.2403	720.9	2767.5	2046.5
0.9	175.4	448.5	0.001121	0.2148	742.6	2772.1	2029.5
1.0	179.9	453.0	0.001127	0.1943	762.6	2776.2	2013.6
1.2	188.0	461.1	0.001139	0.1632	798.4	2782.7	1984.3
1.4	195.0	468.2	0.001149	0.1407	830.1	2787.8	1957.7
1.5	198.3	471.4	0.001154	0.1317	844.7	2789.9	1945.2
2.0	212.4	485.5	0.001177	0.09954	908.6	2797.2	1888.6
2.5	223.9	497.1	0.001197	0.07991	962.0	2800.9	1839.0
3.0	233.8	507.0	0.001216	0.06663	1008.4	2802.3	1793.9
4.0	250.3	523.5	0.001252	0.04975	1087.4	2800.3	1712.9
5.0	263.9	537.1	0.001286	0.03943	1154.5	2794.2	1639.7
10.0	311.0	584.1	0.001453	0.01804	1408.0	2727.7	1319.7
15.0	342.1	615.3	0.001658	0.01034	1611.0	2615.0	1004.0
20.0	365.7	638.9	0.002037	0.00588	1826.5	2418.4	591.9
22.12	374.2	647.3	0.0317		2107.4		0.0

注) ' : 飽和液
" : 乾き飽和蒸気

比体積(v): 質量 1 kg の蒸気の占める体積比エンタルピー(h): 質量 1 kg の水、蒸気の全熱量乾き度 x の湿り空気の比エンタルピー(h_1)は以下の様に求められる。比容積も同様の式で求められる。

このプレビューでは表示されないページがあります。

索引・用語解説

⇒: ～も参照

樹 種 名

カラマツ (*Larix leptolepis*, Japanese larch) 70
 シトカスブルース (*Picea sitchensis*, Sitka spruce) 74
 スギ (*Cryptomeria japonica*, Japanese cedar) 20
 ベイツガ (*Tsuga heterophylla*) 92

一般項目

英数字

adsorption theory of Hailwood and Horrobin 72 ⇒ ヘイルウッドとホロビンの吸着理論
 air circulation heated type 17 ⇒ 空気加熱循環方式
 air drying, air seasoning, natural seasoning, natural drying 12, 41 ⇒ 天然乾燥
 air permeability 70 ⇒ 気体透過性
 air-dry condition 59 ⇒ 気乾状態
 air-dry density 87 ⇒ 気乾密度
 air-dry moisture content 71 ⇒ 気乾含水率
 allowable stress 95 ⇒ 許容応力度
 amorphous region 94 ⇒ 非晶領域
 anisotropic shrinkage 90 ⇒ 収縮異方性
 anisotropy 55 ⇒ 異方性
 annual ring 55, 56 ⇒ 年輪
 bark 55 ⇒ 樹皮
 bark side 55 ⇒ 木表
 basic density 87 ⇒ 容積密度
 bending strength 98 ⇒ 曲げ強度
 bound water 59, 66 ⇒ 結合水
 bulk density 87 ⇒ 容積密度数
 calorie unit 131 ⇒ 熱量単位

calorific value 131, 134 ⇒ 発熱量
 cambium 55 ⇒ 形成層
 capillary force 62, 63 ⇒ 毛管力
 casehardening 83 ⇒ 表面硬化
 cell lumen 56, 59, 62, 63 ⇒ 細胞内腔
 cell wall 56, 58, 59, 62, 63 ⇒ 細胞壁
 cellulose 57, 59 ⇒ セルロース
 Celsius temperature 72 ⇒ 摂氏温度
 check, crack 10 ⇒ 干割れ
 chemical potential 64 ⇒ 化学ポテンシャル
 chemical seasoning, chemical drying 17, 46 ⇒ 化学(薬品)乾燥法, 薬品乾燥
 civilization 9 ⇒ 文明
 coefficient of water vapour permeability 102 ⇒ 透湿係数
 combined type drying 20 ⇒ 複合乾燥
 combustion furnace 47 ⇒ 燃焼炉
 combustion gas 15, 48 ⇒ 燃焼ガス
 compressive strength parallel to grain 96 ⇒ 縦圧縮強度
 computerized numerical control 20 ⇒ CNC (コンピューター数値制御)
 constant rate of drying 65, 66 ⇒ 恒率乾燥
 constant rate period 62, 63 ⇒ 恒率乾燥期間
 conventional construction houses 76 ⇒ 在来構法住宅
 creep compliance 79 ⇒ クリープコンプライアンス
 culture 9 ⇒ 文化
 Darcy's law 62 ⇒ Darcyの法則
 degree of crystallinity 94 ⇒ 結晶化度
 dehumidification drying 43 ⇒ 除湿式乾燥
 dehumidification kiln 20 ⇒ 除湿式乾燥機
 dehumidifier 43 ⇒ 除湿機
 density 69, 98 ⇒ 密度

このプレビューでは表示されないページがあります。

気乾状態 59 ⇒ air-dry condition
 気乾密度 87 ⇒ air-dry density
 気候値平衡含水率 73 ⇒ equilibrium moisture content determined from weather value
 気体透過性 70 ⇒ air permeability
 木取り 69 ⇒ sawing pattern
 吸湿等温線 61 ⇒ hygroscopic isotherm
 急速乾燥 44 ⇒ rapid drying
 強制循環式 14 ⇒ forced circulation type
 許容応力度 95 ⇒ allowable stress
 近赤外線 46 ⇒ near-infrared
 空気加熱循環方式 17 ⇒ air circulation heated type
 空気線図 132 ⇒ pneumatic chart
 空隙率 88 ⇒ void volume
 クリープコンプライアンス 79 ⇒ creep compliance
 煙煙乾燥 47 ⇒ smoke drying
 煙煙熱処理 47 ⇒ smoke heating
 形成層 55 ⇒ cambium
 結合水 59, 66 ⇒ bound water
 結晶化度 94 ⇒ degree of crystallinity
 減圧乾燥, 真空乾燥 17, 54 ⇒ vacuum drying
 減率乾燥 66 ⇒ falling rate of drying／乾燥が進み, 表面の含水率が繊維飽和点(約 30%)に達すると乾燥速度が漸減していき, 材内水分が主に拡散によって移動する過程を指す。これに対し, 表面含水率が繊維飽和点より高い乾燥初期を「恒率乾燥」といい, この時の乾燥速度は一定である。
 高位発熱量 134 ⇒ high calorific value
 高温乾燥 20, 43, 62, 74 ⇒ high-temperature drying, HT
 高温低湿処理 27, 74 ⇒ high-temperature and low-humidity treatment／この処理は高温セットとも呼ばれ, 十分に材温が上昇した時点で乾球温度 110～120℃, 湿球温度 80～90℃で 12～24 時間処理する。処理温度や時間は樹種材種で異なり, この温度が低く時間が短いとセットが形成されず表面割れが発生し, 逆に温度が高く時間が長いと表面割れは発生しないが内部割れが発生しやすくなる。

高周波乾燥 17, 45 ⇒ high frequency drying
 高周波減圧乾燥 25, 45, 62 ⇒ high frequency vacuum drying, HFV
 高周波抵抗 109 ⇒ high frequency resistance
 構造材 76 ⇒ structural member
 構造用製材 95 ⇒ structural timber
 広葉樹 13, 56, 60 ⇒ hardwood
 恒率乾燥 65, 66 ⇒ constant rate of drying
 恒率乾燥期間 62, 63 ⇒ constant rate period
 木口面 55, 56, 62 ⇒ end grain

さ 行

細胞内腔 56, 59, 62, 63 ⇒ cell lumen
 細胞壁 56, 58, 59, 62, 63 ⇒ cell wall
 在来構法住宅 76 ⇒ conventional construction houses
 サステナビリティ, 持続性 41 ⇒ sustainability
 サーマウッド 51 ⇒ ThermoWood™
 仕上げ含水率 75 ⇒ final moisture content
 仕上げ材 77 ⇒ finished lumber
 CNC (コンピューター数値制御) 20 ⇒ computerized numerical control
 シーズヒーター 49 ⇒ sheath heater
 自然エネルギー 49 ⇒ natural energy
 自然循環式 14 ⇒ natural circulation type
 湿球温度 66 ⇒ wet-bulb temperature
 実質率 87 ⇒ solid volume
 湿量基準含水率 103 ⇒ wet-basis moisture content
 質量吸収係数 105 ⇒ mass attenuation coefficient
 収縮異方性 90 ⇒ anisotropic shrinkage
 収縮率 89, 102 ⇒ shrinkage, coefficient of shrinkage
 自由水 59, 62, 63, 66 ⇒ free water
 樹脂道 56 ⇒ resin canal
 樹皮 55 ⇒ bark
 準結晶領域 94 ⇒ semi-crystalline region
 蒸気加熱式外部送風機式 14, 15 ⇒ external-fan type steam-heated kiln
 蒸気加熱自然循環式 14 ⇒ natural circulation type steam-heated kiln
 蒸気管 13 ⇒ steam pipe

このプレビューでは表示されないページがあります。

Wood Science Series 7 Wood Drying I
edited by Satoshi SHIDA and Yayoi KAWASAKI

もくざいかくこうざ7 もくざいのかんそう 1 きそへん
木材科学講座7 木材の乾燥 I 基礎編



発行日：2020年4月10日 初版第1刷
定 価：カバーに表示してあります
編 者：信 田 聡
河 崎 弥 生
発行者：宮 内 久



海 青 社
Kaiseisha Press

〒520-0112 大津市日吉台2丁目16-4
Tel. (077) 577-2677 Fax (077) 577-2688
<http://www.kaiseisha-press.ne.jp>
郵便振替 01090-1-17991

© Satoshi SHIDA and Yayoi KAWASAKI, 2019.
ISBN978-4-86099-375-1 C3350 Printed in JAPAN. 印刷・製本：亜細亜印刷株式会社
乱丁落丁はお取り替えます。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。
本書を代行業者等の第三者に依頼してスキャンやデジタル化することはたとえ個人や家庭内の利用
でも著作権法違反です。