

テーダマツ製材品の乾燥試験

寺西康浩・海本 一*

テーダマツ丸太から採取した板材(厚さ3.5cm)および梁材(13.5×26cm)の乾燥試験を行った。結果、次の結論を得た。

(1) 板材を天然乾燥したところ、夏季であれば辺・心材の割合や木取りの違いに関わらず一様に30日程度で含水率15%に調節可能であった。また、今回の検討で用いた板材は、追柵を多少含む板目材および追柵材が大半で、それらの収縮率は、幅方向と厚さ方向との間で明らかな差が認められなかった。幅方向、厚さ方向とも平均で約3%、最大で約4%の収縮を見込んで歩増し量を設定する必要があると考えられた。

(2) テーダマツ板材を中温乾燥したところ、辺・心材の割合や木取りの違いに関わらず、一様に5日程度で含水率10%に調節可能であった。また、幅方向、厚さ方向とも平均で約4%、最大で約5%の収縮を見込んで歩増し量を設定する必要があると考えられた。

(3) 梁材を高温セット+中温乾燥(以下、高温乾燥という。)あるいは蒸気高周波複合乾燥したところ、高温乾燥では5日程度、蒸気高周波複合乾燥では4日程度で含水率15%に調節可能であった。

1. はじめに

テーダマツ (*Pinus taeda*, L.) は米国南部諸州に分布するマツ属の樹木で、同地域に分布するロングリーフパイン (*P. palustris* Mill.)、スラッシュパイン (*P. elliottii* Engelm.)、ショートリーフパイン (*P. echinata* Mill.) と併せてサザンパイン、あるいはサザンイエローパインと称されている^{1, 2)}。一般に、サザンパイン類は生育状態によって材質に大きな変動があるとされており、典型的なテーダマツ材はスラッシュパイン材やロングリーフパイン材に比べ、重量も軽く強度もやや劣るといわれているが、米国では内装材、天井材、枠材、羽目板、窓枠材、床の下張り材、合板原料などとして広く利用されている²⁾。また、テーダマツは若い時期の生長が早く、マツノサイセンチュウ病に対する抵抗性もあるといわれており³⁾、国内において、小面積ながらも造林が行われている^{2, 3)}。

このたび、テーダマツ丸太が得られたので、それらから板材および梁材を採取し、乾燥試験を行ったので報告する。

2. 材料と方法

2.1 供試材

県内で伐採されたテーダマツ丸太(末口径26~38cm、

末口の心材径6~11cm、長さ約330~440cm、樹齢約50年) 11本を使用した。供試材の概観を図1に示した。



図1 供試材の概観

2.2 試験材の調整

供試材を図2に示す製材木取りで製材し、板材(12.5×3.5cm)および梁材(13.5×26cm)を得た。これらより、板の試験材(長さ85cm)84本と梁の試験材(長さ400cm)8本を採取した。

2.3 試験方法

2.3.1 板材の天然乾燥

板の試験材84本のうち、42本を用いた。試験材の木取りと辺・心材の割合は表1のとおりであった。また、木口面の様子を図3に示した。乾燥前の重量および長さ方向中央部の断面寸法を測定した後、屋外に屋根付きで棧

* 現南部農林振興事務所

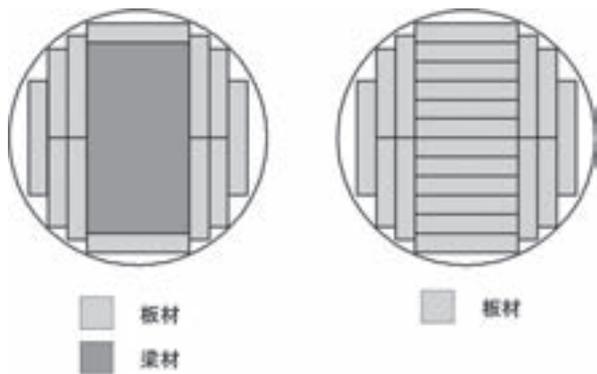


図2 製材木取り (模式図)

積みし、約2ヶ月間(平成21年6月10日～平成21年8月17日)天然乾燥した。

乾燥中、適宜、重量を測定した。乾燥後、重量および断面寸法を測定するとともに、図4に示すように、繊維方向の長さが3cmの含水率測定用試片を2体ずつ採取し、試験材の含水率(2試片の平均値)を全乾法で求めた。また、断面寸法を測定した部位より繊維方向の長さが3cmの密度測定用試片を1体ずつ採取し、試験材の気乾密度および全乾密度を求めた。

2.3.2 板材の中温乾燥

板の試験材84本のうち、残りの42本を用いた。試験材の木取りと辺・心材の割合は表2のとおりであった。乾燥前の重量および長さ方向中央部の断面寸法を測定した後、表3に示した温湿度条件により中温乾燥した。当乾燥処理は、恒温恒湿器(エスバック株式会社製 PR-4KH)を用いて行った。

乾燥中、適宜、重量を測定した。乾燥後、重量および断面寸法を測定するとともに、2.3.1で示した方法と同じ要領で試験材の含水率、気乾密度および全乾密度を求めた。

2.3.3 梁材の高温乾燥および蒸気高周波複合乾燥

蒸気乾燥機(山本ビニター株式会社製 MDW-8SR、容量4m³)を用い、表4に示した温湿度条件により梁の試験材8本を乾燥処理した。ただし、梁の試験材8本のうち4本に対しては表4に示すステップ3の期間において高周波加熱を行いながら乾燥を進めた。高周波加熱出力は乾燥前重量1kgあたり13wとし、試験材の内部温度が100～105℃となるよう印加・停止を繰り返した。材の内部温度は光ファイバー温度計により管理した。

乾燥中、適宜、重量を測定した。乾燥後、重量および材面割れの発生量を測定するとともに、図5に示すよう

表1 天然乾燥に供した試験材の木取りおよび辺・心材の割合 (単位:本)

	板目材	追証材	証目材	計
辺材* ¹	16	18	3	37
心材を含む* ²	0	4	1	5
計	16	22	4	42

* 1: ほとんどの部位が辺材である試験材を示す

* 2: 一部心材を含む試験材を示す

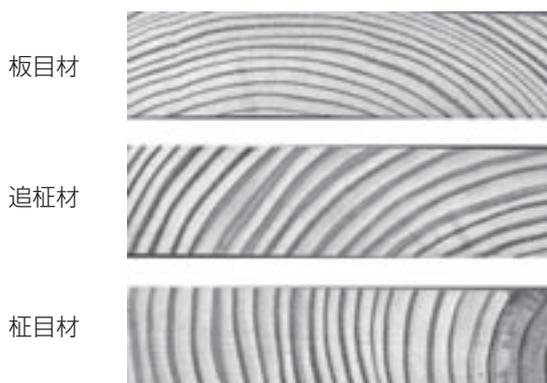


図3 板の試験材の木口面の様子

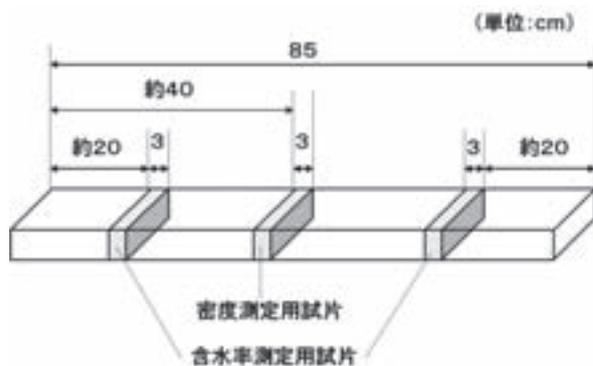


図4 板の乾燥試験における含水率測定用試片および密度測定用試片の採取方法

表2 中温乾燥に供した試験材の木取りおよび辺心材の割合 (単位:本)

	板目材	追証材	証目材	計
辺材* ¹	13	18	5	36
心材を含む* ²	0	2	4	6
計	13	20	9	42

* 1: ほとんどの部位が辺材である試験材を示す

* 2: 一部心材を含む試験材を示す

に、繊維方向の長さが3cmの含水率測定用試片を3体ずつ採取し、試験材の含水率（3試験片の平均値）を全乾法で求めた。また、試験材の長さ方向中央部から採取した含水率測定用試片より長辺方向の含水率分布を調べた。

表3 板材に対する中温乾燥条件

ステップ	乾球温度(°C)	湿球温度(°C)	相対湿度(%)	期間(時間)
1	90	90		3
2	70	64.5	77	36
3	70	62	68	16
4	70	59	59	16
5	75	61	52	16
6	75	58	44	16
7	80	60	39	16
8	80	52	25	16
9	80	75	80	12
計				147

表4 梁材に対する乾燥条件

ステップ	乾球温度(°C)	湿球温度(°C)	期間(時間)	備考
1	90	90	14	湿速 (除湿工程の時間を含む)
2	120	90	24.5	高温セッティング (除湿工程の時間を含む)
3	90	60	終了まで(目標含水率約20%)	その後の乾燥 (試験材3本のうち、4本に対し、高温加熱を停止)

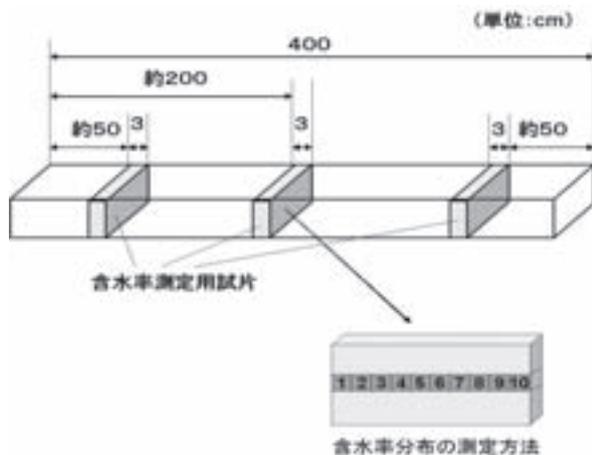


図5 梁の乾燥試験における含水率測定用試片の採取方法

3. 結果と考察

3.1 板材の天然乾燥

3.1.1 含水率経過

試験材の含水率経過について、辺・心材の割合別に整理した結果を図6に示した。ほとんどの部位が辺材である試験材と一部心材を含む試験材を比較すると、前者の乾燥前含水率は後者のそれに比べ高い値であった。しかし乾燥開始から16日経過後、両者の含水率に差は認められなくなった。乾燥開始後30日目までに両者の含水率は約15%となった。

試験材の含水率経過について、木取り別に整理した結果を図7に示した。乾燥速度や含水率約15%に調節するために要した日数について、木取りの違いによる差は認められなかった。

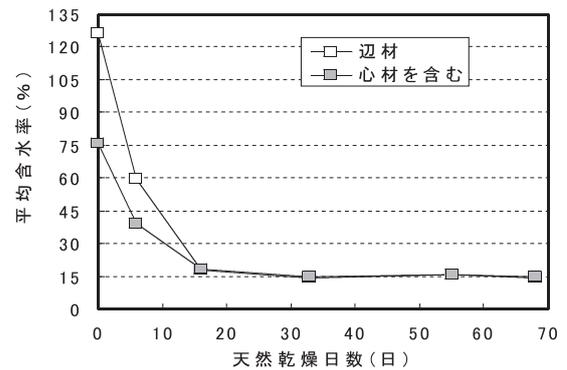


図6 板の試験材の含水率経過(天然乾燥、辺・心材別)(乾燥期間：平成21年6月10日～平成21年8月17日)

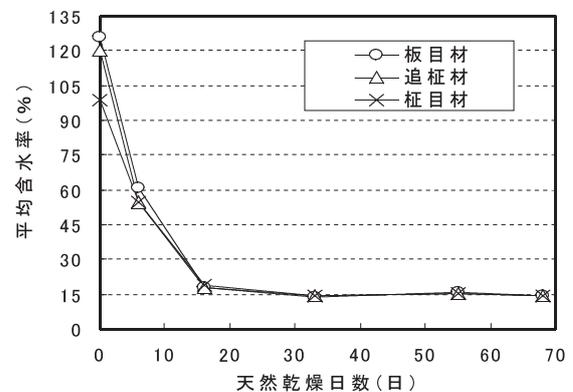


図7 板の試験材の含水率経過(天然乾燥、木取り別)(乾燥期間：平成21年6月10日～平成21年8月17日)

以上のことから、デーダマツ板材（厚さ3.5cm）を天然乾燥する場合、夏季であれば辺・心材の割合や木取りの違いに関わらず、一様に30日程度で含水率15%に調節できることがわかった。

3.1.2 乾燥前後における収縮率

乾燥前後における試験材の断面寸法から求めた収縮率について、木取り別に整理した結果を表5に示した。それぞれの収縮率の平均値を比較すると、板目材および追柁材については、幅方向の収縮率と厚さ方向のそれとの間に明らかな差は認められなかった。今回用いた試験材は、図3でみられるように、板目材と称したものであっても端部に追柁が多少みられるものが少なからず含まれており、幅方向の寸法変化、厚さ方向の寸法変化とも、接線方向の収縮と半径方向の収縮が複合的に発現したことが一因と考えられる。

ところで、今回採用した製材木取りは、板材を採材する際に広く一般的に用いられる方法である。これらの製材木取りで板材を採材した場合、表1のとおり、柁目材の出現率が低くなる。そこで板目材および追柁材の寸法変化を優先して製材時の歩増し量を勘案すると、幅方向、厚さ方向とも平均で約3%、最大で約4%の収縮を見込む必要があると考えられた。

3.2 板材の中温乾燥

3.2.1 含水率経過

試験材の含水率経過について、辺・心材の割合別に整理した結果を図8に示した。乾燥開始から4日後、ほとんどの部位が辺材である試験材の含水率と一部心材を含む試験材の含水率との差はほとんど認められなくなった。乾燥開始後5日目までに両試験材の平均含水率は約10%となった。

試験材の含水率経過について、木取り別に整理した結果を図9に示した。天然乾燥による結果と同様、乾燥速度や目標含水率（中温乾燥の場合、含水率10%程度と想定される）に調節するのに要した日数について、木取りの違いによる明らかな差は認められなかった。この結果は、針葉樹では板目材と柁目材の乾燥速度が明らかでないものが多いとされる既往の研究結果⁴⁾に一致するものであった。

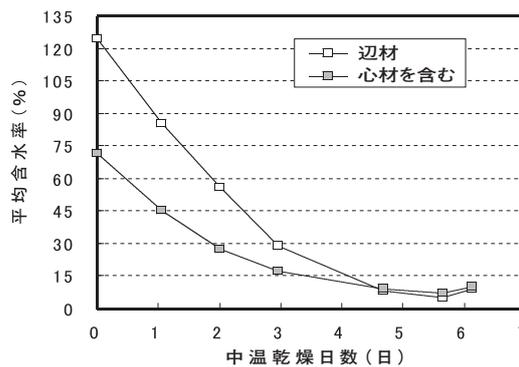


図8 板の試験材の含水率経過（中温乾燥、辺・心材別）

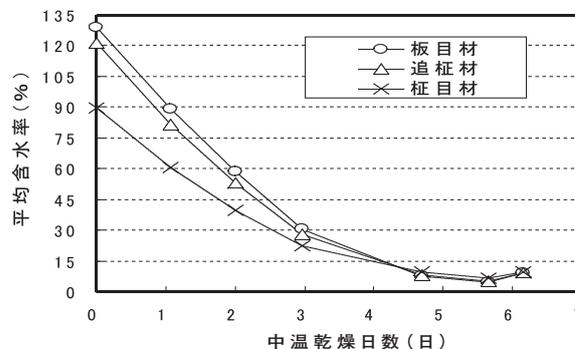


図9 板の試験材の含水率経過（中温乾燥、木取り別）

以上のことから、デーダマツ板材（厚さ3.5cm）を中温乾燥する場合、辺・心材の割合や木取りの違いに関わらず一様に5日程度で含水率10%に調節できることがわかった。

3.2.2 乾燥前後における収縮率

乾燥前後における試験材の断面寸法から求めた収縮率について、木取り別に整理した結果を表6に示した。天然乾燥での結果と同様、板目材および追柁材については、幅方向の収縮率と厚さ方向のそれとの間に明らかな差は認められなかった。幅方向、厚さ方向とも平均で約4%、最大で約5%の収縮を見込む必要があると考えられた。

表5 天然乾燥した板の試験材の乾燥前後における収縮率

単位 (%)

	板目材			追柁材			柁目材		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大
幅方向	1.6	2.7	3.8	1.3	2.5	3.7	1.5	2.1	2.7
厚さ方向	0.9	2.4	3.6	1.4	2.8	4.0	1.7	2.8	4.0

表6 中温乾燥した板の試験材の乾燥前後における収縮率 単位 (%)

	板目材			追証材			柱目材		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大
幅方向	2.5	3.8	4.9	2.4	3.7	4.7	1.9	2.9	3.8
厚さ方向	2.0	3.3	4.5	1.6	3.2	4.7	1.9	3.9	5.3

3.3 梁材の高温乾燥および蒸気高周波複合乾燥

3.3.1 含水率経過

試験材の含水率経過を図10に示した。高温乾燥した試験材、蒸気高周波複合乾燥した試験材とも、高温セット処理（表4に示すステップ2の工程）によって含水率が大幅に低下した。高温セット処理直後の含水率は、高温乾燥した材では平均30%、蒸気高周波複合乾燥した材では平均40%であった。海本らは、スギ梁材（14×26×400cm）に対して24時間の高温セット処理（乾球温度120℃、湿球温度90℃）を行ったところ、乾燥前に含水率110%程度であった材が高温セット処理直後には含水率80%程度となった結果を示している⁵⁾。テダマツを試験材とした今回の結果は、海本らが行ったスギを試験材とした結果に比べ、明らかに含水率の低下量が大きいものであった。この理由は、今回用いたテダマツ丸太は心材率が小さく、採材された梁材は、多くの部位が乾燥速度の大きな辺材であったためと考えられる。

高温セット処理以降、経過に伴う含水率の低下は緩やかとなったが、蒸気高周波複合乾燥した試験材は、高周波加熱効果により、高温乾燥した試験材よりも速く目標含水率（15%）まで処理することが可能であった。すなわち、蒸気高周波複合乾燥した試験材では乾燥開始後4日目までに、高温乾燥した試験材では乾燥開始後5日目までに平均含水率15%に調節された。筆者らは、今回用

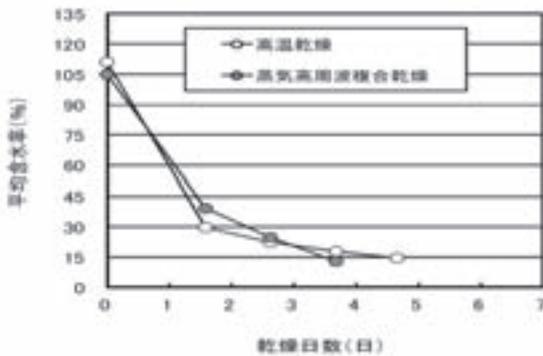


図10 梁の試験材の含水率経過

いた乾燥スケジュールとほぼ同様のスケジュールでスギ梁材（14×26×400cm）を高温乾燥あるいは蒸気高周波複合乾燥したところ、乾燥前含水率が100~120%の材を含水率20%に調節するために要する日数として、高温乾燥では15日程度、蒸気高周波複合乾燥では8日程度であることを報告している⁶⁾。テダマツを試験材とした今回の結果は、筆者らが行ったスギを試験材とした結果に比べ、所定の含水率に調節するまでに要した日数は明らかに短いものであった。この理由としては、3.3.2で述べるとおり、テダマツ心材の乾燥前含水率が低いためと考えられる。

以上のことから、テダマツ梁材を高温乾燥あるいは蒸気高周波複合乾燥した場合、スギ梁材に比べ短期間で乾燥処理することが可能で、高温乾燥では約5日程度、蒸気高周波複合乾燥では約4日程度で含水率15%に調節できることがわかった。

3.3.2 乾燥前後の含水率分布

高温乾燥した試験材の乾燥前後における長辺方向の含水率分布を図11に示した。また、蒸気高周波複合乾燥した試験材のそれを図12に示した。

乾燥前の含水率は、いずれの試験材においても、材表層部（辺材部）で高く、材中心部（心材部）で低い様子が観察された。また乾燥後においては、材表層部と材中

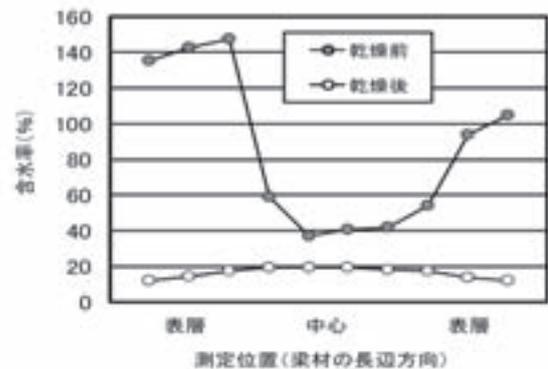


図11 乾燥前後の含水率分布の一例（高温乾燥した試験材）

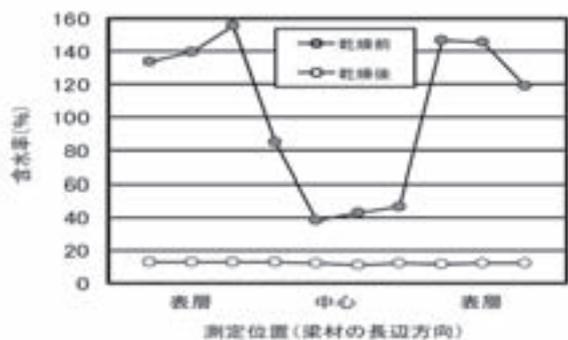
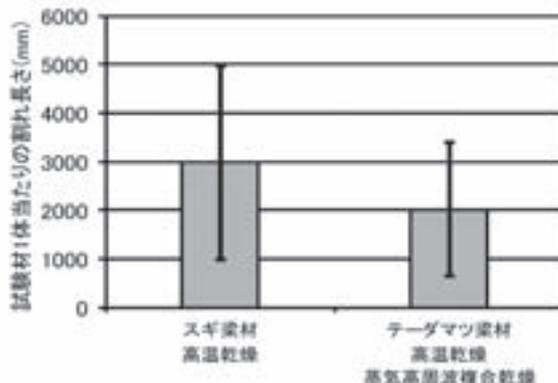


図12 乾燥前後の含水率分布の一例（高周波蒸気複合乾燥した試験材）



注：エラーバーは標準偏差（±σ）を示す
図13 試験材に発生した材面割れ長さ

心部での水分傾斜が小さい様子が観察された。

この傾向は、蒸気高周波複合乾燥した試験材でより顕著にみられた。

3.3.3 材面割れの発生量

高温乾燥した試験材および蒸気高周波複合乾燥した試験材に発生した材面割れ長さを図13に示した。なお図13では、筆者らが、今回用いた乾燥スケジュールとほぼ同様のスケジュールでスギ梁材（14×26×400cm）を高温乾燥した際に観察された材面割れ長さ⁷⁾を対照として示している。また、試験体数の関係上、テーダマツ梁の試験材に発生した材面割れ長さは乾燥方式の違いによる区別を行っていない。

両者の材面割れ長さを比較したところ、有意な差は認められなかった（ $P>0.05$ ）。このことから、テーダマツ梁材を高温乾燥あるいは蒸気高周波複合乾燥する場合、高温乾燥されたスギ梁材と同程度の材面割れが発生するものと考えられた。

3.4 テーダマツ材の密度

板の試験材から求めた気乾密度および全乾密度と、梁の試験材から求めた全乾密度を表7に示した。既往の研究結果によると、デーダマツ材の気乾密度の代表値は 0.58g/cm^3 とされている^{2,8)}。今回得られたテーダマツ材の気乾密度の平均値は、既往の研究結果より低い値であった。

引用文献

- 1) 木材活用事典編集委員会編：木材活用事典．東京，(株)産業調査会事典出版センター，1994．640.
- 2) 須藤彰司：北米の木材．東京，社団法人日本木材加工技術協会，1987．24-29.
- 3) 杉本順一：世界の針葉樹．東京，井上書店，1987．66.
- 4) 寺沢真,筒本卓造：木材の人工乾燥．東京,日本木材加工技術協会，1988,37-38.
- 5) 海本 一ほか：スギ製材品における天然乾燥前処理としての高温低湿処理について．奈良県森技セ研報．35,43-48（2006）
- 6) 寺西康浩ほか：高周波加熱を活用した多品目同時乾燥技術の開発．日本木材加工技術協会第27回年次大会講演要旨集．日本木材加工技術協会編．熊本．2009-10,日本木材加工技術協会．2009,13-14.
- 7) 寺西康浩ほか：未発表.
- 8) 世界の有用木材300種編集委員会編：世界の有用木材300種．東京，社団法人日本木材加工技術協会，1975．44.

(2012年3月21日受理)

表7 テーダマツ材の気乾密度および全乾密度

単位 (g/cm³)

	気乾密度			全乾密度		
	最小	平均	最大	最小	平均	最大
天然乾燥試験に供した板の試験材	0.38	0.49	0.62	0.35	0.45	0.51
中温乾燥試験に供した板の試験材	0.40	0.49	0.63	0.36	0.46	0.54
高温乾燥および蒸気高周波複合乾燥試験に供した梁の試験材				0.38	0.44	0.51