



高周波・蒸気複合乾燥機ディーウェル

Hybrid Kiln Dryer by High-frequency Heating:D-well

総合カタログ

高周波で材心を加熱、熱気で乾燥のハイブリッド型



Hybrid Drying — Heating of Lumber Core by High Frequency and Drying by Steam and Hot Air

ディーウェル
DWELL

求められる低コストで高品質な乾燥材

Affordable, Low-cost and High-quality Dried Materials

Same Performance as Engineered Wood for Structures Assured by High-quality Drying

国産スギ製材による大規模屋根構造

Large-scale Roof Structure Using Solid Pillar “SUGI”

これまで構造用集成材が使われてきた大規模木構造に世界で初めてスギ無垢材を使用

A world first! Solid pillar “SUGI” is used in a large-scale wooden structure conventionally built using engineered wood.



所沢市民体育館の外観

住宅用ヒノキ柱材

安心・安全、そしてやすらぎを与える住宅用構造材

Structural Materials for Wood Housing That Give Us the Feeling of Safety, Security and Peace of Mind



所沢市民体育館の大規模屋根構造に使用された150 角スギ柱材

150 mm sq. “SUGI” Solid Pillar Used for the Large-scale Roof Structure of the Tokorozawa City Municipal Gymnasium

「緑の多い所沢市にふさわしい施設を目指して、接着剤をできるかぎり使いたくない。」このような設計意図の基に建築された所沢市民体育館は、メインアリーナの最大スパン67mの世界最大規模の屋根構造に地元のスギ無垢材が使用された。ここで使用された約450m²の150角スギ材の乾燥法、乾燥結果について報告する。

埼玉県秩父産スギ165角×3.2m～3.8mを、初期重量で4グループに選別し、グループごとに栈積みして、高周波・蒸気複合乾燥機で乾燥した。蒸煮後に高温セット処理を行い、その後温度を下げて乾燥した。乾燥日数は、8日～12日間であった。選別されたグループごとに、高周波電力量及び乾燥時間を増減させ、仕上含水率を揃えた。このとき最重量グループは、最軽量グループの2.2倍～3.2倍程度の高周波電力を消費した。

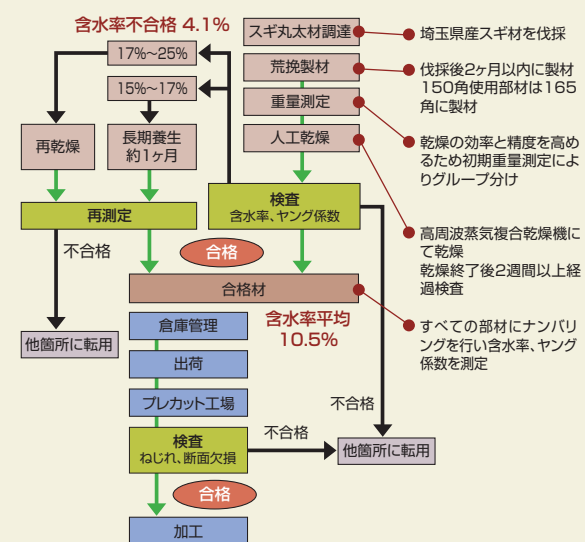
乾燥材は150角に修正挽き後、フロー図で示すように含水率、ヤング係数、材面割れ、断面欠損、反りについて検査し、すべてに合格した材を構造用として使用した。含水率は、インライン式のマイクロ波透過型含水率計で15%以下を合格とした。このときの含水率だけの不合格率は4.1%、合格材の含水率測定値の平均値は10.5%であった。重量選別を行い、高周波電力を適切に増減させたことが、高い合格率になった要因であると考えられる。

これまで大規模木構造では、主に構造用集成材が使用されてきたが、これは強度の問題だけでなく、製材では寸法安定性が担保される含水率15%以下の乾燥を保証することが困難であったためと考えられる。所沢市民体育館においては、高周波・蒸気複合乾燥を用い適切に運用管理することで、地元のスギ無垢材を大規模屋根構造に使用することができた。今後さらに無垢の乾燥材の大規模木構造への利用拡大が期待される。



木造トラス構造

木材乾燥のフロー



所沢市民体育館の大規模屋根構造に使用された150角スギ柱材の乾燥、日本木材加工技術協会第22回年次大会講演要旨集、P67～68、2004

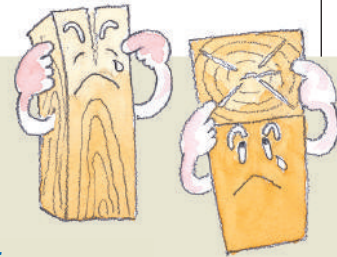
高周波・蒸気複合乾燥とは

What Is "Hybrid Drying by High-frequency Heating?"

Hybrid Drying — Heating of Lumber Core by High Frequency and Drying by Steam and Hot Air

よい乾燥とは

What Is "Good Drying?"



割れ Cracking

木材の割れは、材面割れと内部割れの2種類があります。

材面割れ…乾燥の初期に現れるV字状の割れです。強度性能に与える影響は、ほとんどありません。

内部割れ…乾燥の後期に現れる材内部の割れです。心持ち材を長時間高温で乾燥した場合、特に過乾燥材において顕著に発生します。接合強度の低下を招くなどの問題が発生しています。

寸法安定性

Dimensional Stability

木材が狂うのは、水分が減少(乾燥)することによって、収縮が起こるためです。乾燥の不十分な材は、使用中に反り・曲がりが発生したり、背割りが開いたり、隙間ができたりします。



木材の乾燥は、単に含水率を下げるためにおこなうのではなく、木材の良さを生かしながら強度性能と寸法安定性を確保するためにおこなうのが本来の目的です。木材の良さを損ない、木材にダメージを与えるような乾燥方法では、本来の目的を歪めてしまいます。木材に合わせた、木材にもやさしい乾燥が不可欠です。

強度性能

Strength Performance

高温で長時間乾燥された材の曲げ強度の低下が報告された例もあります。また乾燥の不十分な材は、接合部が緩むなどの不具合が発生します。

変色

Discoloration

人工乾燥により材色は暗色化しますが、特に高温で長時間乾燥された場合は顕著です。



耐蟻性・耐腐朽性

Ant- and Decay-resistant

乾燥により、耐蟻性・耐腐朽性は向上します。最新の研究では、長時間高温で乾燥された材の耐蟻性や耐腐朽性が劣化すると報告もあります。



■乾燥法の違いによる乾燥品質の違い

Differences in Drying Quality by Drying Method

強度性能と寸法安定性が確保された乾燥材とは、まず材面割れ、内部割れが少ないこと。仕上含水率が15%以下であり、かつ材心と表層部の含水率差、長尺方向(中央部と木口部)の含水率差、つまり全体の水分傾斜が少ないこと。また、できる限り変色が少ない(木材本来の香りが残る)ことが望まれます。

スギ平角材 (240×135×4000mm)

右:高周波・蒸気複合乾燥 6日間

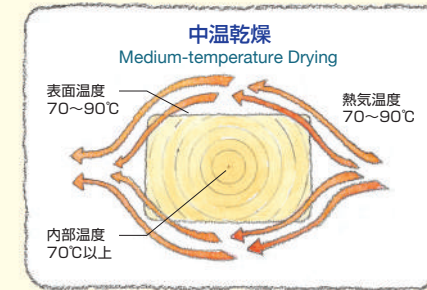
左:高温乾燥 9日間



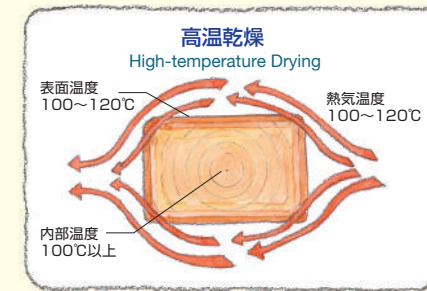
乾燥方法の違いとメカニズム

Drying Mechanism and Differences in Drying Methods

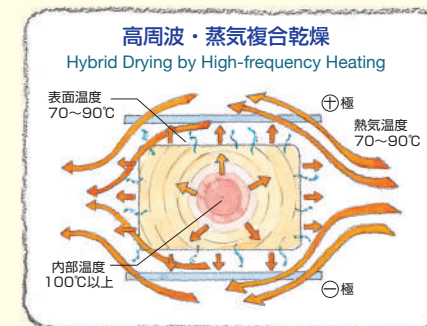
外部加熱では時間がかかり、均一な加熱の難しい木材。高周波が内部から加熱して、乾燥を促進します。



表層部も材心も70~90℃の中温



表層部も材心も100℃以上の高温

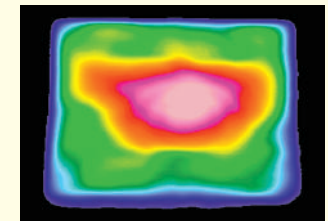


表層部は70~90℃の中温、材心は100℃以上の高温

■乾燥のメカニズム

How Drying Works

複合乾燥は、一般的な蒸気式熱気乾燥(外部加熱)に高周波加熱(内部加熱)を併用し、お互いの利点を組み合わせたものです。乾燥機内は、70~90℃程度の中温度の熱気乾燥を進めながら、同時に高周波加熱により水分の多い材心部を選択的に100℃程度に昇温します。外部の熱気温度と木材内部温度に温度勾配が発生し、内外面に優位な圧力差が発生することにより、材心部の水分が外層に向かって積極的に押し出されます。この結果、乾燥の迅速化が進められ、また水分傾斜が容易に解消され、均一な乾燥が実現されます。



木材の内部温度分布
(サーモグラフィー写真)

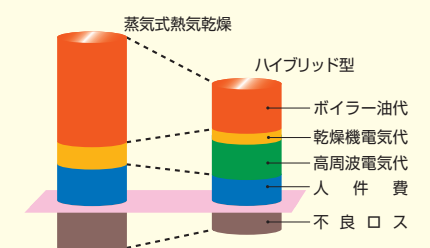
■省エネルギー化

Energy Savings

高周波加熱は、材心部を加熱することに集中的に使われます。熱量消費の大きな蒸発潜熱は蒸気を使うことで、省エネルギー化を可能としました。

梁や桁などの大断面材は、従来の蒸気式熱気乾燥では乾燥が困難です。複合乾燥では省エネルギー化だけでなく、乾燥日数の短縮、水分傾斜の解消などでさらに優位となります。

乾燥コスト比較



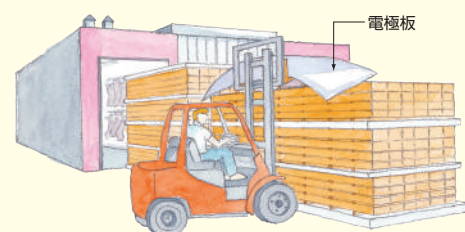
ハイブリッド型乾燥 「高周波・蒸気複合乾燥機」について

About Hybrid Drying
"Hybrid Kiln Dryer by High Frequency Heating"

高性能の蒸気式の高湿・中温乾燥機に、最先端の高周波加熱設備とそのコントロール機器が組み合わせられ一体化。

栈積みして積み込みます。

Stacking of Lumber

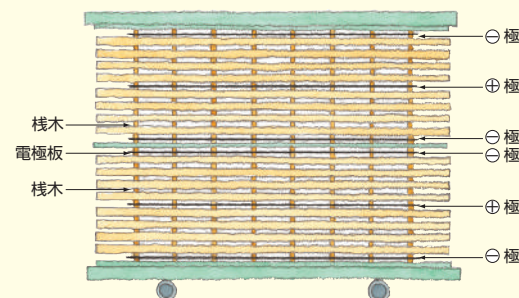


蒸気式熱気乾燥を効率よくおこなうため
栈積みをおこないます。

Lumber is stacked by sticker-stacking to ensure that steam and hot air drying can be performed more efficiently.

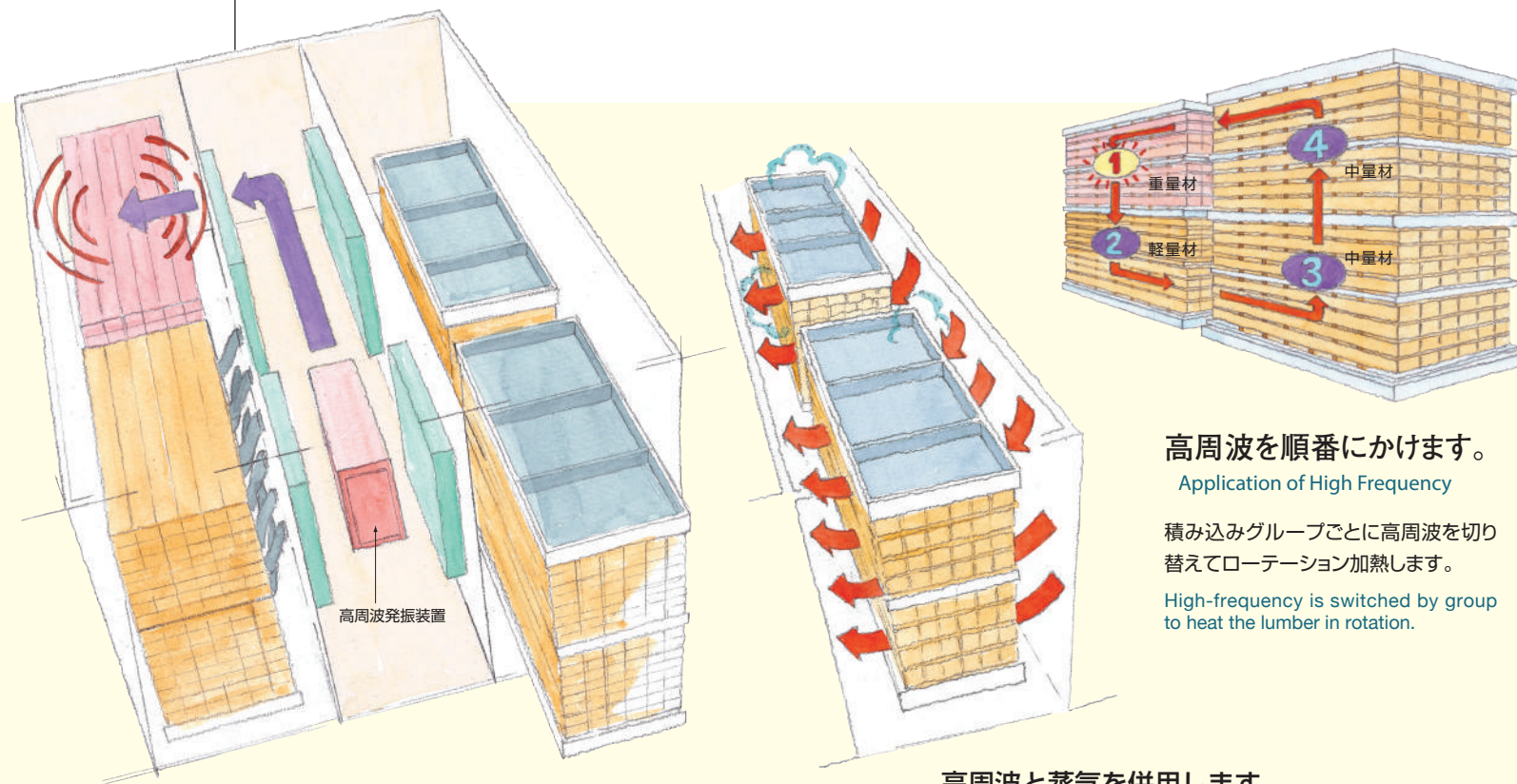
電極板を入れます。

Insertion of Electrode Plates



栈積み間に高周波電極板を挟み込み、高周波誘電加熱をおこないます。

High-frequency electrode plates are inserted between the stacked lumber to perform high-frequency heating.



高周波を順番にかけます。

Application of High Frequency

積み込みグループごとに高周波を切り替えてローテーション加熱します。

High-frequency is switched by group to heat the lumber in rotation.

高周波で材心を加熱します。

High-frequency Heating of Lumber Core

高周波発振機の高周波エネルギーを乾燥機炉体ごと、台車ごとに切り替え供給します。

High-frequency energy from the high-frequency generator is switched for each drying kiln and trolley.

高周波と蒸気を併用します。

Combined Action of High Frequency and Steam

高周波で木材の材心を加熱し、外部は蒸気式熱気乾燥をおこないます。

The core of the lumber is heated by high frequency, and steam and hot air drying is performed on the lumber exterior

■高周波・蒸気複合乾燥機の仕組みと特長

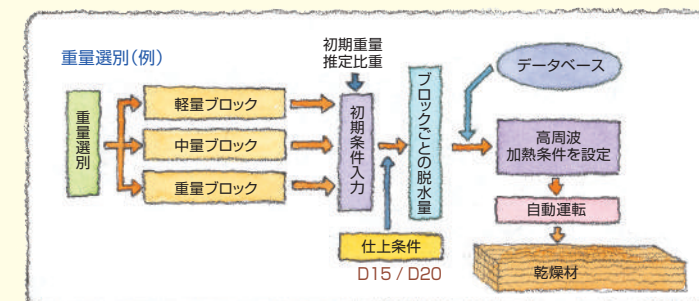
Mechanism and Features of Hybrid Kiln Dryer by High Frequency Heating

1. 高周波・蒸気複合乾燥は、熱気乾燥を効率良くおこなう必要があるため栈積みが必須です。栈積みにより発生するエアギャップが、高周波加熱効率を低下させない新しい高周波自動制御方式を採用。
2. 高周波発振装置は、必要最低限の出力として、一度に積み込む乾燥材全体を4つのグループ(1台車2グループ、2台車/1炉体)に分け、1台の発振器で順次切替加熱するローテーション加熱方式を採用。
3. 初期重量により、大まかに重量材グループ(高含水率)、軽量材グループ(低含水率)と重量選別を行い、2~4つのグループごとに積み込み、グループごとに推定される初期含水率と目標とする仕上含水率より計算された脱水量に合わせた高周波電力を与えます。

4. 軽量グループ(低含水率)には小さな高周波電力を、重量グループ(高含水率)にはより大きな高周波電力を自動調整。これにより初期含水率のバラツキにもかかわらず、仕上含水率をそろえることが可能となり、かつエネルギーコストの削減を実現。
5. 従来の高温・中温乾燥機に比べ約1/2から2/3の乾燥日数で、水分傾斜が少なくかつ変色や割れ狂いの少ない高品質な乾燥を実現。特に従来の高温・中温乾燥では困難な平角などの大断面材に対しては、乾燥日数の短縮と省エネ化に威力。
6. 乾燥時間が短く生産性が高いため、m³単位当たりの乾燥コストも従来の高温・中温乾燥に比べ遜色ないレベルに低減。電気を効率的に使うことで、特にボイラーの消費量を大幅に削減。

高周波の電力量を調整します。

Adjustment of Amount of High-frequency Power



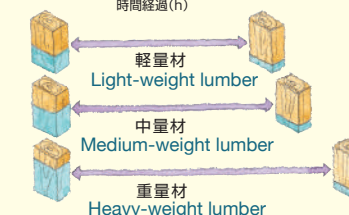
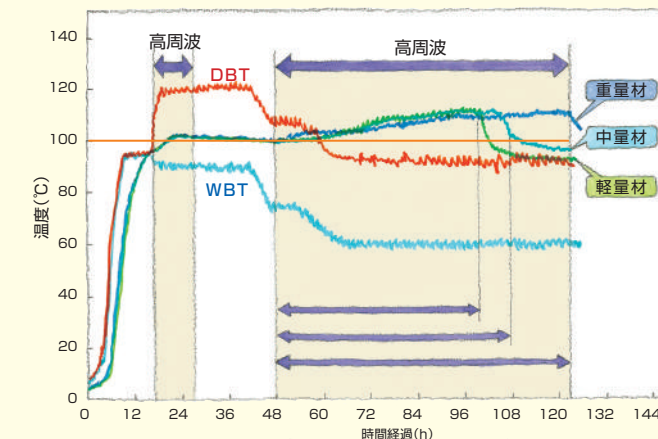
推定される初期含水率より2~4つのグループに選別します。グループ別に乾燥に必要な脱水量を計算し、適切な高周波電力量を自動調整します。

The lumber is sorted into two to four stacks by estimated initial moisture content, and the amount of water required for drying is calculated for each stack.

高周波で仕上をそろえます。

Uniform Finish

スギ平角材



高周波が自動的に調整され、仕上含水率をそろえます。

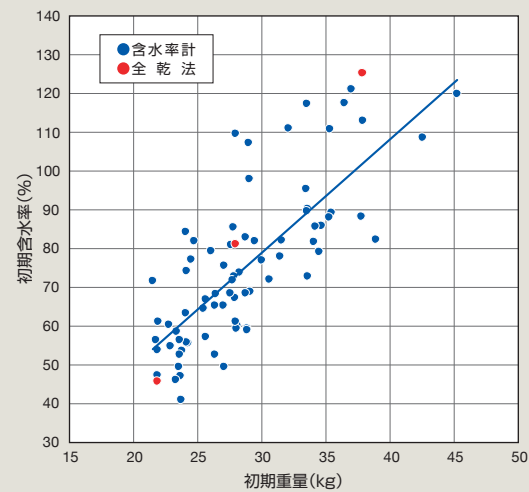
To make the final moisture content uniform in all stacks, the amount of high-frequency power and high-frequency heating time are adjusted for each stack.

データ スギ柱材 “SUGI” Pillar

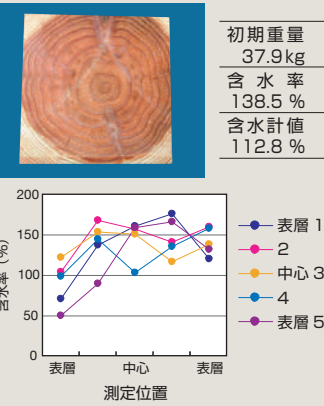
1.

供試材 樹 種：スギ 産 地：石川県
サイズ：120×120×3000mm 72本

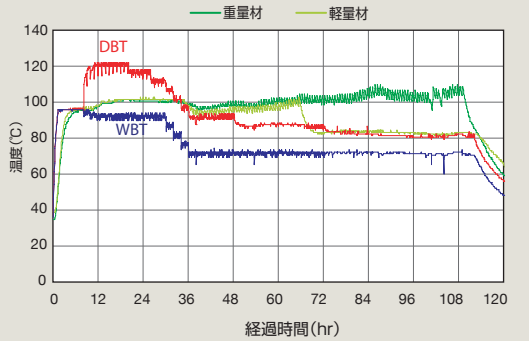
乾燥前 Before drying



乾燥前の水分傾斜 Moisture content distribution before drying

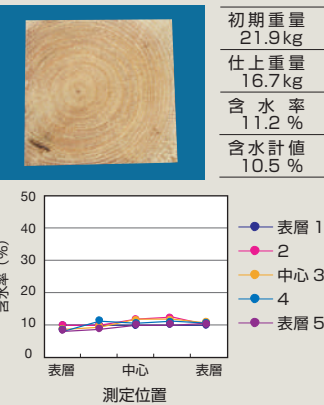
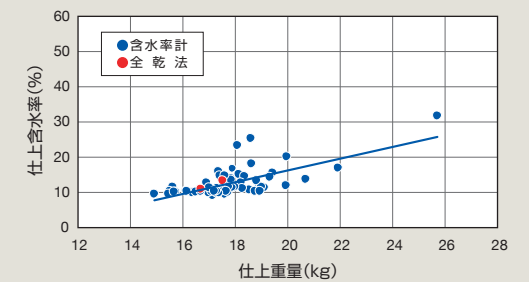
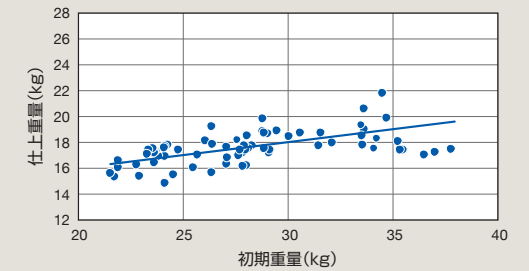


乾燥温度経過 Drying temperature transition



乾 燥 時 間：112 時間 (冷却含む合計 124 時間)
高周波加熱時間：79 時間

乾燥後 After drying

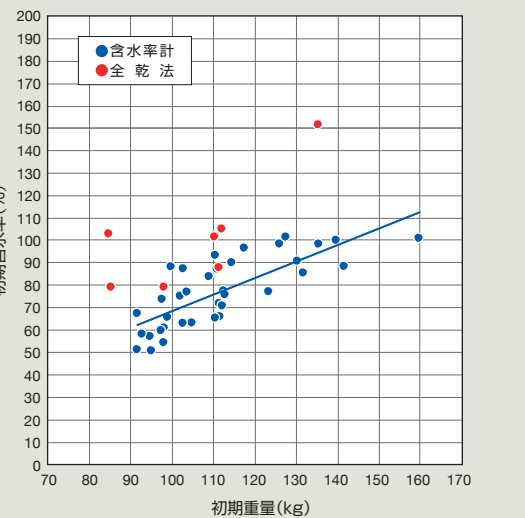


データ スギ平角材 “SUGI” Beam

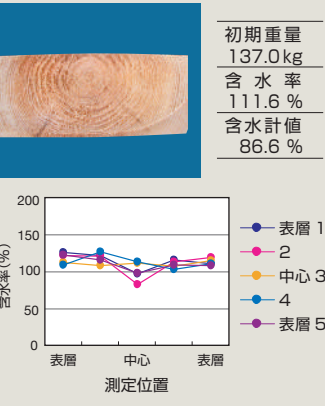
2.

供試材 樹 種：スギ 産 地：大分県
サイズ：315×135×4000mm 36本

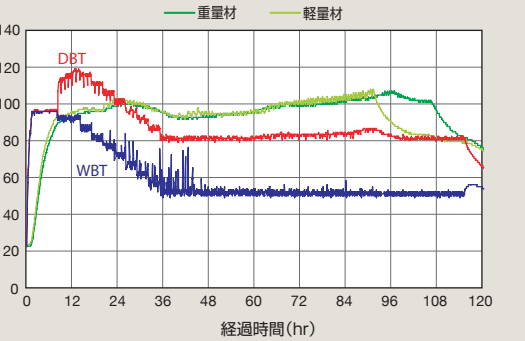
乾燥前 Before drying



乾燥前の水分傾斜 Moisture content distribution before drying

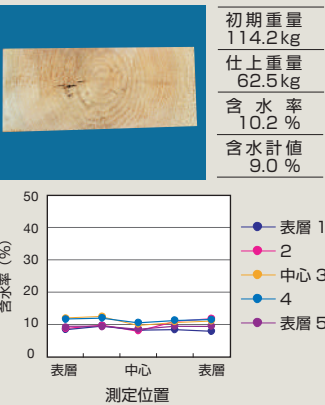
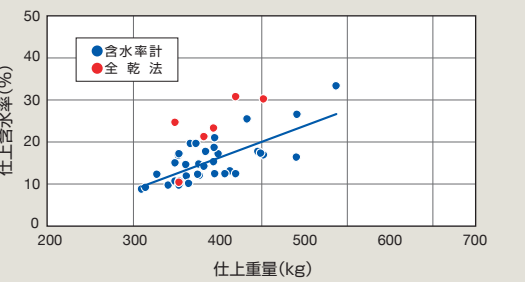
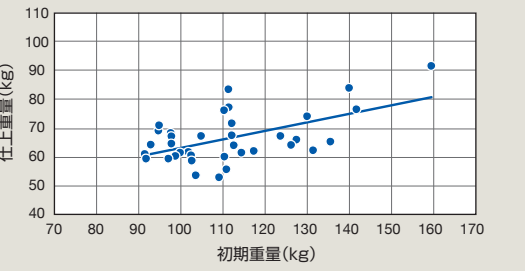


乾燥温度経過 Drying temperature transition



乾 燥 時 間：115 時間 (冷却含む合計 124 時間)
高周波加熱時間：90 時間

乾燥後 After drying

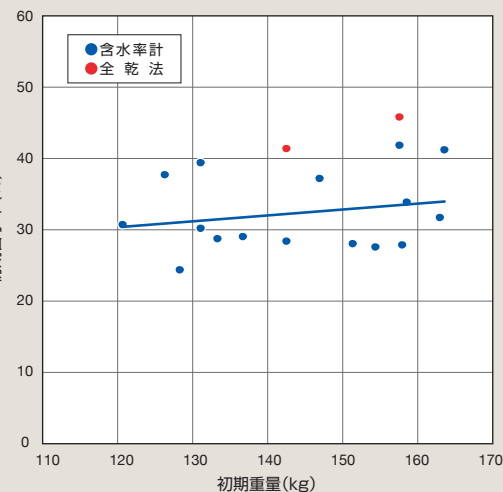


データ バイマツ平角材 Douglas Fir Beam

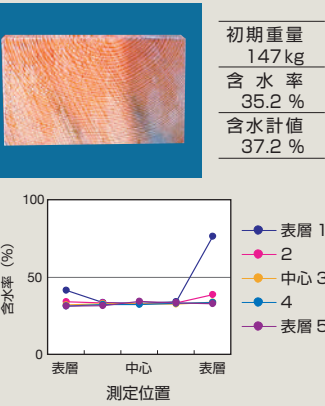
3.

供試材 樹 種：バイマツ
サイズ：305×180×4200mm 16本

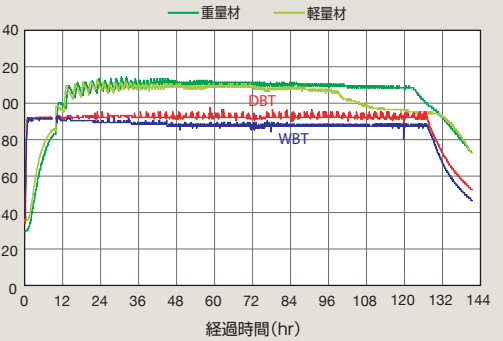
乾燥前 Before drying



乾燥前の水分傾斜 Moisture content distribution before drying

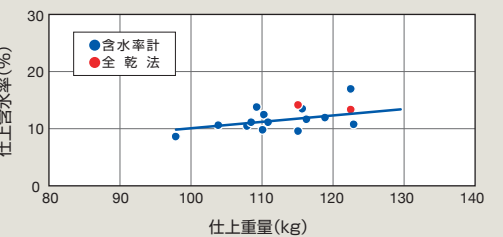
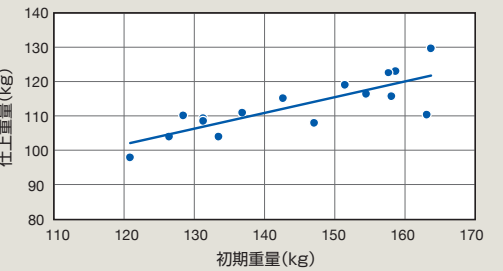


乾燥温度経過 Drying temperature transition

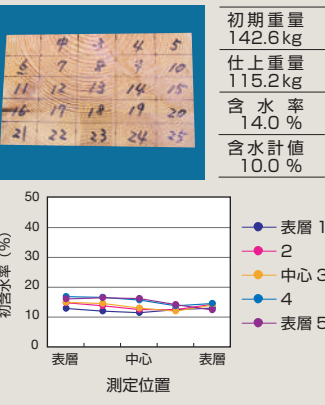
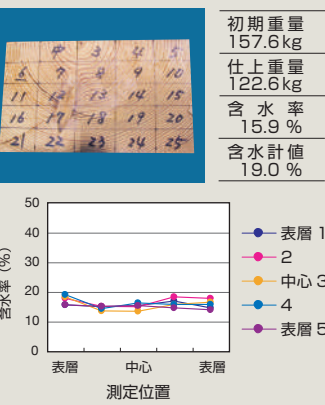


乾 燥 時 間：128 時間 (冷却含む合計 152 時間)
高周波加熱時間：114 時間

乾燥後 After drying



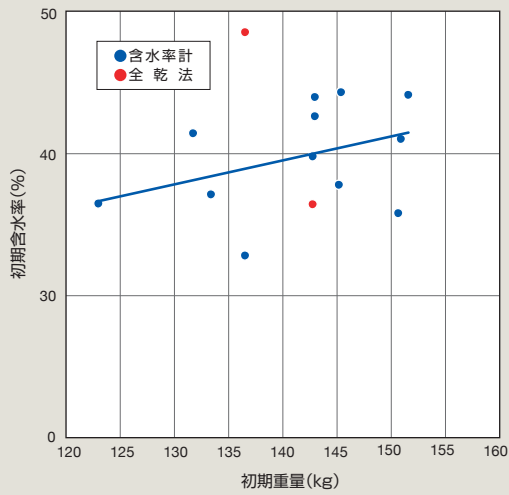
乾燥後の水分傾斜 Moisture content distribution after drying



データ ヒノキ太角材 “HINOKI” Beam

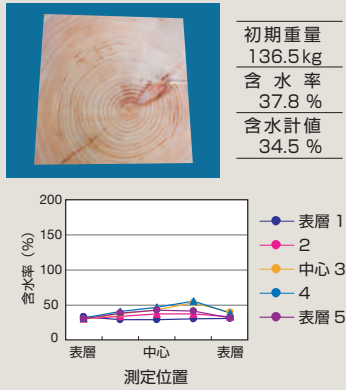
4. 供試材 樹種：ヒノキ 産地：奈良県
サイズ：260×260×4000mm 12本

乾燥前 Before drying

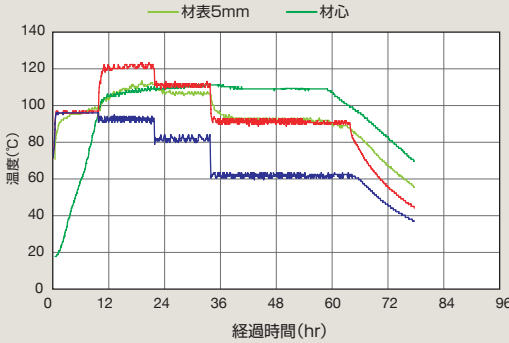


乾燥前の水分傾斜

Moisture content distribution before drying

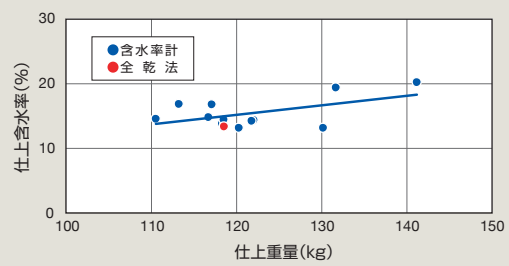
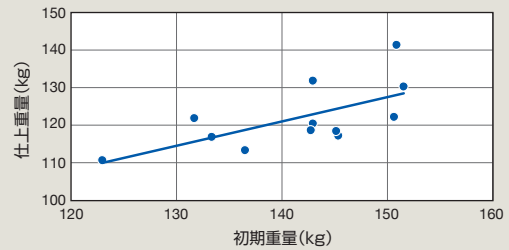


乾燥温度経過 Drying temperature transition



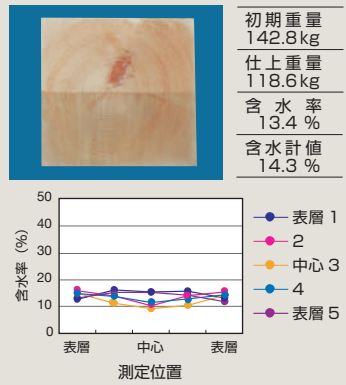
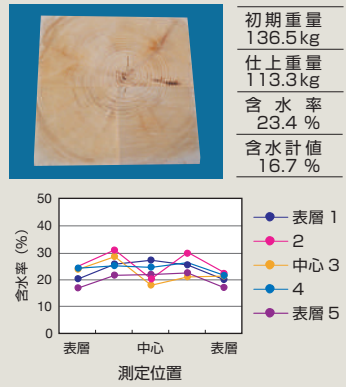
乾燥時間：64時間（冷却含む合計 76時間）
高周波加熱時間：53時間

乾燥後 After drying



乾燥後の水分傾斜

Moisture content distribution after drying



ヒノキ柱材の乾燥

エネルギー削減と歩留まり向上効果

Effectiveness in Reducing Energy Consumption and Increasing Yield

ハイブリッド型乾燥				蒸気式熱気乾燥			
	DBT(℃)	WBT(℃)	処理時間(hr)		DBT(℃)	WBT(℃)	処理時間(hr)
蒸煮	95	95	10	蒸煮	95	95	10
高温セット+高周波	120	90	18	高温セット	120	90	36
高温+高周波	105	80	12	高温	100	70	24
中温	90	60	32	中温	90	60	72
合計			72	合計			142

表1 乾燥スケジュール

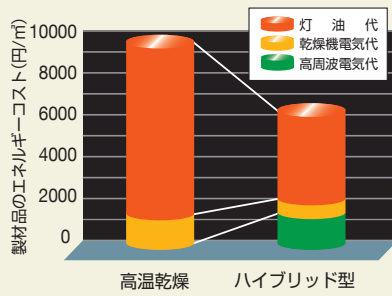


図1 エネルギーコスト比較
(電気代17円/kWh、灯油代120円/リットル)

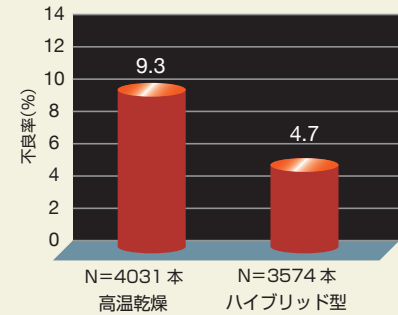


図2 不良率比較(モルダー前)

大型国産材製材工場に導入したハイブリッド型乾燥機(高周波・蒸気複合乾燥機ディーウェル、積込容量42㎡×2室、高周波出力50KW×2台、)によるヒノキ柱材の生産現場におけるエネルギーコスト削減と歩留まり向上効果について、従来の蒸気式熱気乾燥(高温乾燥)と比較する。

乾燥対象材は、岐阜及び長野県産のヒノキ製品サイズ120mm角の3m、4m材が中心である。乾燥スケジュールは表1の通りであり、本ハイブリッド型乾燥では計3日、蒸気式高温乾燥では計6日であり、乾燥日数は1/2であった。エネルギーコストの比較は、サイズが異なるため、月間のトータル生産量に基づく単位コスト(円/㎡)によりおこなった。乾燥機のファンなどの電力消費量、高周波の電力消費量は電力積算計にてデータ蓄積した。灯油の消費量は、燃料タンクに給油した量(満タン法)で算出した。

不良率は、本ハイブリッド型乾燥機導入後の同じ伐採時期の同一サイズ120mm角×3m材にて比較した。生産現場でおこなわれる乾燥後モルダー前の検品でのハネ率を測定した。ここでは大きな割れや材面の欠点などの検品と、反りとネジレによるモルダー加工の可否の選別がおこなわれ、モ

ルダー加工後、さらに割れを重視した検品により等級選別され最終製品となる。

図1にエネルギーコストの比較結果を示す。コストは電気代17円/KWh、灯油代120円/ℓで算出した。蒸気式高温乾燥については個別に電力消費量や灯油消費量を把握することが困難であったため、ハイブリッド型乾燥装置の導入前の過去1年間の平均値を用いることとした。ハイブリッド型乾燥では、導入後3ヶ月間の平均値を用いた。本ハイブリッド型乾燥では、高周波誘電加熱の電気代が付加されたにも関わらず、処理時間の短縮により灯油の消費量、乾燥機の送風電気料共に大幅に削減され、トータルで蒸気単独乾燥よりも約35%のエネルギーコスト削減効果が見られた。図2にモルダー前の不良率の比較結果を示す。本ハイブリッド型乾燥の不良率は、蒸気式高温乾燥の約50%に削減することができた。

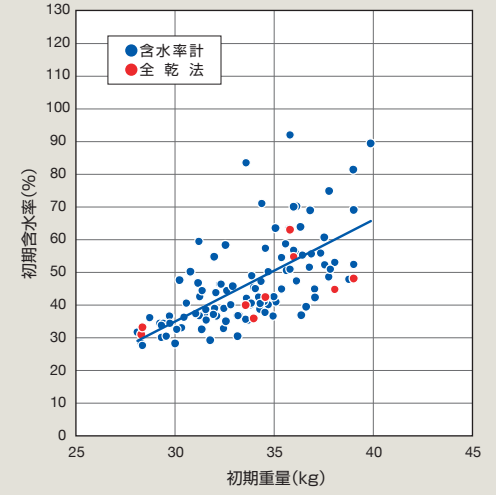
以上のように本ハイブリッド型乾燥は、ヒノキ柱材の乾燥において従来の蒸気式高温乾燥と比較して、①エネルギーコストの削減 ②歩留まりの向上 があることが、生産現場から確認された。

高周波・蒸気複合乾燥によるヒノキ材の材面割れ抑制処理に関する研究(2)、日本木材加工技術協会第24回年次大会要旨集、P21～22、2006

データ ヒノキ柱材 “HINOKI” Pillar

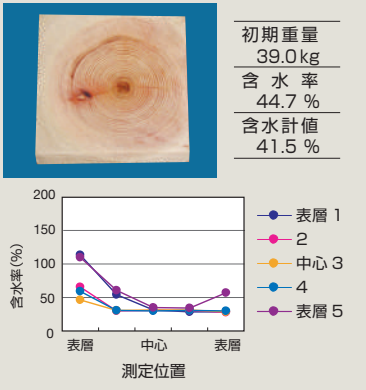
5. 供試材 樹種：ヒノキ 産地：岐阜県
サイズ：135×135×3000mm 72本

乾燥前 Before drying

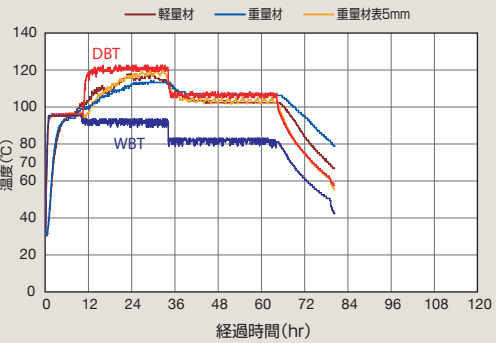


乾燥前の水分傾斜

Moisture content distribution before drying

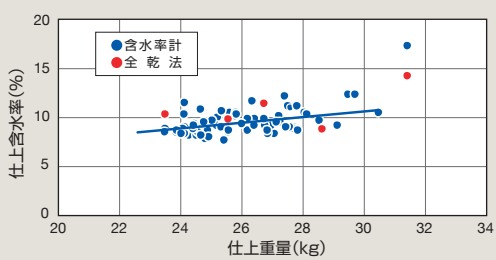
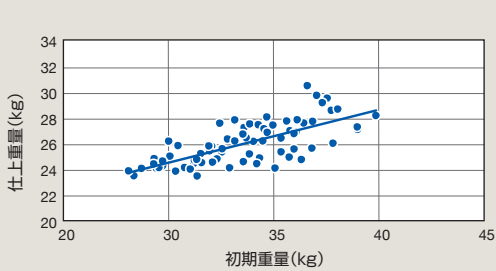


乾燥温度経過 Drying temperature transition



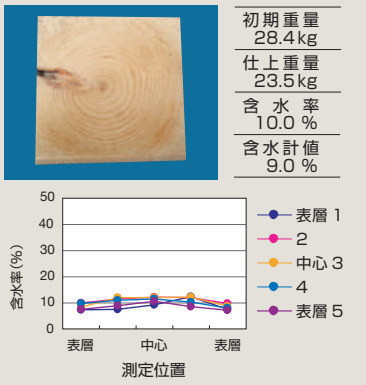
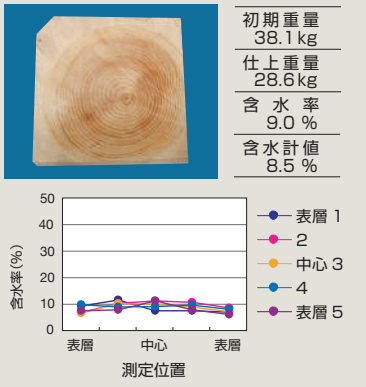
乾燥時間：64時間（冷却含む合計 76時間）
高周波加熱時間：24時間

乾燥後 After drying



乾燥後の水分傾斜

Moisture content distribution after drying

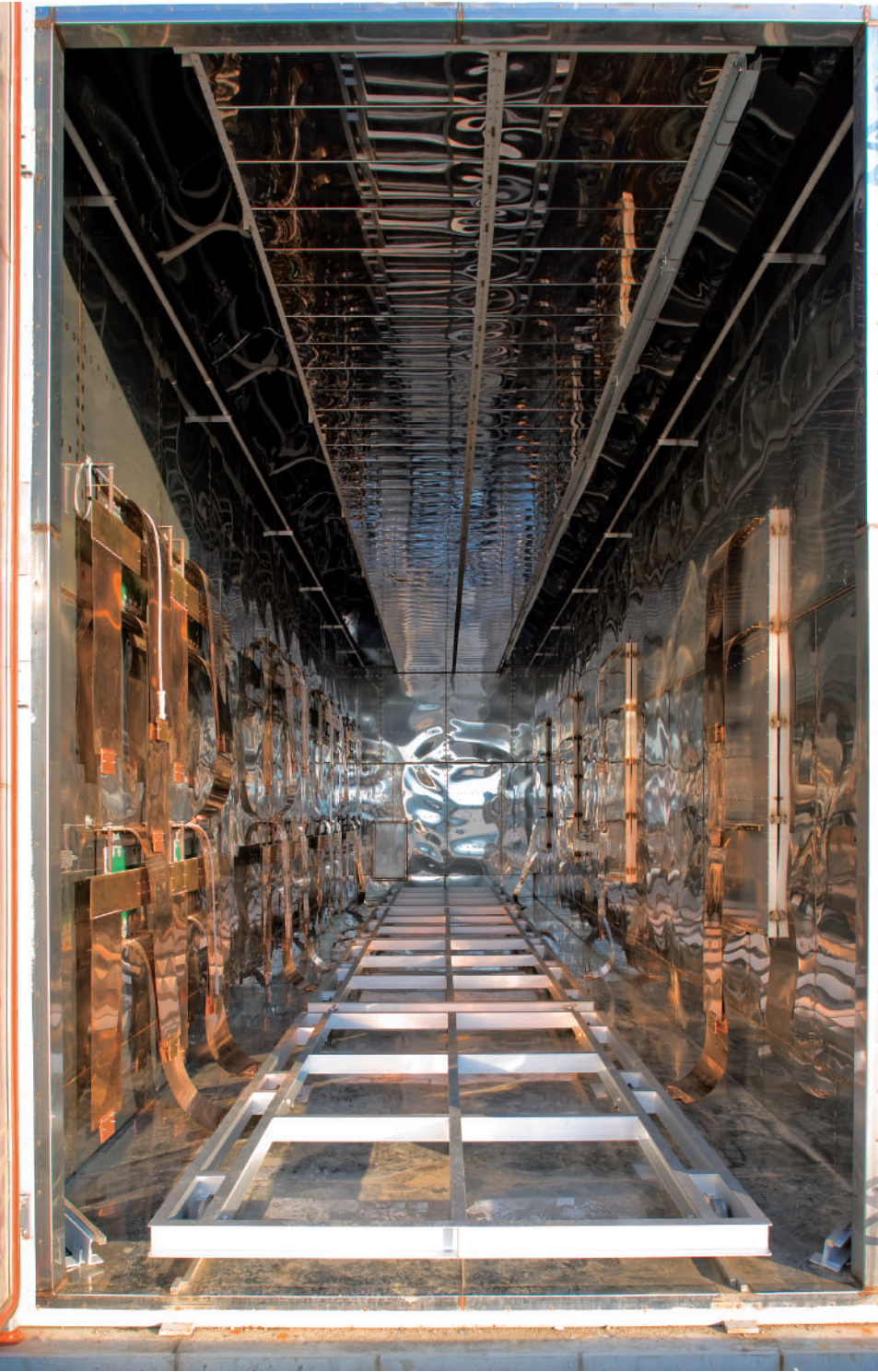


ハイクオリティな木材乾燥を実現する

Top-quality Lumber Drying Achieved by Second-generation Drying Technology



蒸気と電気のハイブリッドが切り開く未来
次世代の乾燥技術



乾燥機炉体の内部
Drying Kiln



制御盤、コントロール装置
Control Panel and Control Equipment



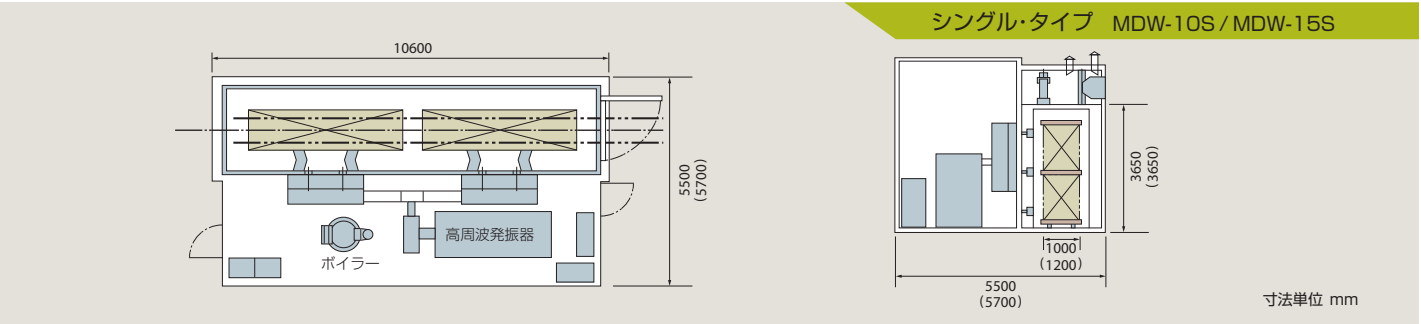
コントロール室の内部
Control Room
高周波発振装置、自動同調装置、切替え装置、
制御盤などを格納

シングル・タイプ 小型

Single Model

MDW-10S / 15S

多品種少量生産型
グループごとに異サイズの木材を積み
込むことで、混載乾燥が可能
大断面材の混載乾燥に最適



標準仕様 Standard Specifications

Model	Stacking Capacity	High-frequency Output	Maximum Input	Number of Stacking Groups	Trolley Size	Number of Trolleys	Boiler Capacity
型 式	積込容量 (m³)	高周波出力 (KW)	総 電 力 (KVA)	積込グループ数	台車サイズ (mm)	台車数	ボイラー容量 (kg/h)
MDW-10S	10	25	50 (高周波35, その他15)	4	1000×4200	2	500
MDW-15S	15	25	55 (高周波35, その他20)	4	1200×4200	2	

スタンダード・タイプ
中型
Standard Model
MDW-40T / 60T

乾燥機炉体が2つのツイン型
左右の乾燥機で効率的な乾燥が可能
高コストパフォーマンスを実現



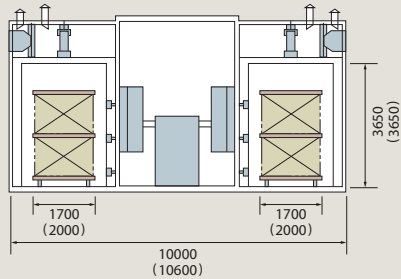
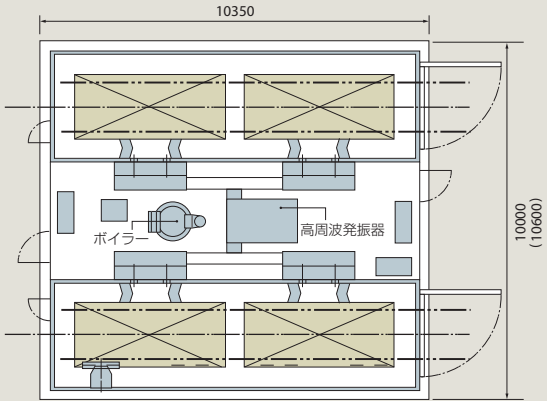
ハイキャパシティ・タイプ
大型
High-capacity Model
MDW-90T

大型の乾燥機炉体が2基、
高周波発振機2基
大容量により大量生産型
スピード、省エネを最大限に追求

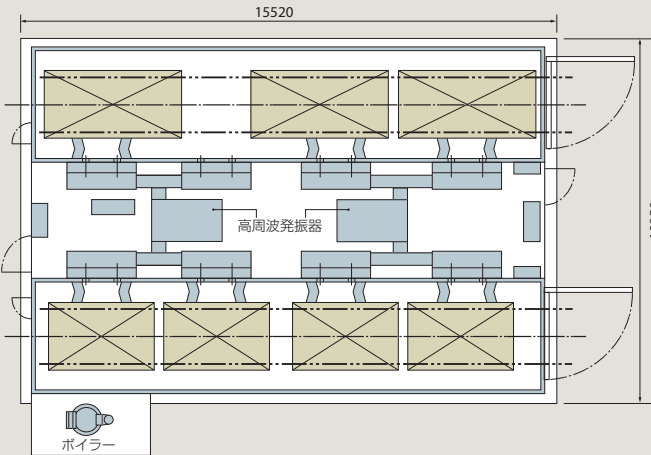


スタンダード・タイプ MDW-40T / MDW-60T

ハイキャパシティ・タイプ MDW-90T



寸法単位 mm



寸法単位 mm

標準仕様
Standard Specifications

Model	Stacking Capacity	High-frequency Output	Maximum Input	Number of Stacking Groups	Trolley Size	Number of Trolleys	Boiler Capacity
型 式	積込容量 (m ³)	高周波出力 (Kw)	総 電 力 (KVA)	積込グループ数	台車サイズ (mm)	台車数	ボイラー容量 (kg/h)
MDW-40T	20×2 基=40	40	100 (高周波60, その他40)	4×2	1700×4200	2×2	750
MDW-60T	30×2 基=60	50	115 (高周波75, その他40)	4×2	2000×4200	2×2	1000

標準仕様
Standard Specifications

Model	Stacking Capacity	High-frequency Output	Maximum Input	Number of Stacking Groups	Trolley Size	Number of Trolleys	Boiler Capacity
型 式	積込容量 (m ³)	高周波出力 (Kw)	総 電 力 (KVA)	積込グループ数	台車サイズ (mm)	台車数	ボイラー容量 (kg/h)
MDW-90T	45×2 基=90	50×2	210 (高周波75×2, その他60)	3m材 8×2 4m材 6×2	2000×3100 2000×4200	3m用 4×2 4m用 3×2	1500

■ PATENT

No. 3155241	No. 3517209
No. 3302952	No. 3576861
No. 3504602	No. 3602488
No. 3504627	No. 3903007
No. 3504629	

■ 平成15年(社)日本木材加工技術協会 木材加工技術賞
平成15年(社)林業技術協会 林業技術賞
平成16年(財)日本住宅・木材技術センター 木材利用技術賞



山本ビニター株式会社

<http://www.vinita.co.jp>

高周波テクノ事業部

●本社／大阪市天王寺区上汐6丁目3-12 〒543-0002 TEL.06(6771)0606(大代表)
E-mail: techno@vinita.co.jp FAX.06(6771)6898

●東京営業所／東京都台東区三筋1丁目5-8 〒111-0055 TEL.03(3861)0437(代)
FAX.03(3861)0438

●名古屋営業所／名古屋市中区花の木1丁目7-1 〒451-0062 TEL.052(521)7571(代)
FAX.052(531)3822

●工場／大阪府八尾市洪川町1丁目3-21 〒581-0075 TEL.072(991)3601(代)
FAX.072(991)0509

YAMAMOTO VINITA CO.,LTD.

Head Office : 6-3-12, Ueshio, Tennoji-ku, Osaka 543-0002, Japan.
Tel No. : +816-6771-0606 Fax No. : +816-6771-6898

代理店