

# 低コスト木材乾燥技術の開発

2013年度～2015年度

豊嶋 勲・鈴木祥仁\*

## 要 旨

住宅の性能規定化以来、乾燥材の供給はますます重要になっている。新城地域では、乾燥材の需給増に対応するため、バイオ乾燥機の導入がすすんでいる。しかし、スギ厚板、平角材といった断面の大きい材の乾燥性能は不明である。また、乾燥コストの低減には、自然エネルギーの活用が望まれる。そこで、本研究は、バイオ乾燥機の性能調査とソーラー乾燥にヒートポンプ加熱を組み合わせた低コスト人工乾燥技術の開発を試みた。その結果、バイオ乾燥機の乾燥効率は、従来型の除湿式乾燥機と同程度であることが示された。しかし、バイオ乾燥機は、季節による性能の変動が、除湿式乾燥機より大きく、運用の仕方に工夫を要することが明らかになった。また、ソーラー乾燥機（容積 21m<sup>3</sup>）とヒートポンプ加熱の組み合わせ乾燥については、ソーラー乾燥のみでは、一定温度での運転が特に困難な冬期において、出力 2.2kW のヒートポンプ加熱により、終日約 40℃を維持することができた。その乾燥性能については、ソーラー乾燥単独の場合と比較して約 2 倍の乾燥速度、乾燥効率については、50mm 厚板材の乾燥を 5 月中旬から下旬にかけて行った場合、バイオ乾燥機の 1.7～2.3 倍であることが示された。

## I 目的

住宅の性能規定化以来、乾燥材の需要が増加している。木材の人工乾燥設備は、蒸気式が主流であるが、新城地域の製材業者は小規模事業者が多く、設備費が高額な乾燥機の導入は進んでいない。こうした中、設置費が安価な低温乾燥機としてバイオ乾燥機の導入が進んでいる。しかし、その乾燥性能や乾燥コストは不明な点が多い。また、東日本大震災以来電力等の省エネルギー化が求められ、自然エネルギーの有効活用が推奨されている。しかし、太陽熱乾燥に関しては、山之内ら(1982)により乾燥性能が気候条件等に影響されることが示されている。このため、乾燥スケジュールを構築するのが難しい。そこで、県内に設置されているバイオ乾燥機と従来型の除湿式乾燥機の乾燥特性を明らかにするとともに、太陽熱乾燥装置とヒ

ートポンプ加熱を組み合わせ、乾燥工程の管理が可能な人工乾燥システムを開発する。

## II 方法

### 1. 低温乾燥機の特長調査

新城市内の製材事業体に設置されているバイオ乾燥機（バイオ乾燥機株式会社）と除湿式乾燥機の乾燥性能を調査した。調査は春期から冬期に複数回実施した。表-1に各乾燥機の概要、図-1にバイオ乾燥機の外観を示す。除湿式乾燥機は鉄骨構造であるのに対して、バイオ乾燥機は、内壁と外壁がスギ板目材で構成されている。内外壁の間には吸湿性物質と混合したおが粉が導入され、壁体を通じて乾燥室内の水分除去が行われる。バイオ乾燥機の出力加熱能力は、乾燥室の容量によって、横置き型の電熱線（2kW/1台）が4個から6

表－1 低温乾燥機の概要

乾燥機	容積 (m <sup>3</sup> )	壁の構造	壁の熱 貫流率 (W/m <sup>2</sup> K)	加熱 方式	加熱 能力 (kW)	配電 方式
バイオ 乾燥機A	60	壁面:スギ板目材 壁内:吸湿性オガ粉	0.58	電熱線	8	单相 2線
バイオ 乾燥機B	120	壁面:スギ板目材 壁内:吸湿性オガ粉	0.58	電熱線	12	单相 2線
除湿式 乾燥機C	90	壁面:鉄骨 壁内:発泡スチロール	0.51	ヒート ポンプ	14.8	3相 3線

個設置されている。この電熱線によって暖められた材から蒸発する水分は壁体に吸収され、屋外に排出される仕組みとなっている。ただし、乾燥室内の湿度を強制的に下げる手段として換気扇が設置されている。



図－1 バイオ乾燥機の外観

乾燥機への投入材は、厚さ 12mm ～ 45mm、幅 105mm ～ 250mm、長さ 2m ～ 4m、初期含水率は、バイオ乾燥機が約 70%、除湿式乾燥機が約 100% の心辺材または心材のスギ板目材とした。材の投入量は通常の業務と同量とした。材の乾燥終了後の含水率は 20%前後であった。調査項目は、乾燥機温湿度、消費電力、材の水分変化量とした。消費電力は、クランプロガー (LR5051 Hioki) により、1 分間隔で電流値を測定した。電流値 (I) と電圧 (V) から乾燥の全工程にかかった電力量 (W) を次式 (1) により求めた。

$$W = 1/60/1000V \sum_{j=1}^n I_{tj} \quad (\text{kWh}) \cdots (1)$$

$n$ : 乾燥終了時間 (min)

ただし、配電が 3 相 3 線の場合には、(1)式に $\sqrt{3}$  = 1.732 を乗ずる。

また、次式 (2) により、乾燥期間中に投入した材の水分の変化量 (D) を求めた。

$$D = TW_b - TW_a \quad (\text{kg}) \cdots (2)$$

$TW_b$ : 乾燥前の材の総重量 (kg)

$TW_a$ : 乾燥後の材の総重量 (kg)

材の総重量は、ロードセルにより重量を測定する場合と材の含水率を高周波式含水率計により、材の一部を抜き出して測定された含水率、材積、気乾比重 0.38 から推定した水分量により求めた。

次に、乾燥機の乾燥コストを求めるため、次式 (3) により乾燥機の乾燥効率 (e) を求めた。

$$e = D/W \quad (\text{kg/kWh}) \cdots (3)$$

なお、乾燥の経過観察は、断面寸法 36×180mm、長さ 0.5m、両木口面をシリコンでシーリングされたモニター材を用いた。モニター材は、製材直後の初期含水率 70%程度の辺心材からなる板目材を用い、含水率が 20%～ 30%程度になるまで乾燥試験を実施した。

## 2. 低コスト乾燥技術の開発

### (1) ソーラー乾燥機の特性調査

当センターに設置されている北海道林産試験場で開発されたソーラー・ドライヤー (中畷 1984) を参考に制作されたソーラー乾燥機 (乾燥室容積 21m<sup>3</sup>) を用いて、乾燥特性を調べた。この乾燥機の特徴として、集熱室を 2 室設け、ここで暖められた空気がファンにより乾燥室へ送られ、乾燥室内の空気を再びファンにより集熱室へと送るシステムとなっている。集熱室内には、黒色の鉄板パネルが隙間なく壁面に貼られている。ファンはインバーターにより 22Hz ～ 60Hz で風量調整が可

能である。換気は側面に設置された全熱交換器により乾燥室内の湿度調整が行われる。まず乾燥機の特性を確認するため、乾燥室内温度の昇降温特性について調査した。温湿度は、温湿度ロガー (LR5001, Hioki)、日射量は日射ロガー (PCM-01, FieldPro) により測定した。

次に、材の乾燥性能について調査を行った。材料は、ヒノキ平角材 (断面 115×192mm、長さ 4m) 20 本を用いて、2014 年夏期 (8 月～9 月)、秋期・冬期 (11 月～12 月) に乾燥試験を実施した。乾燥経過はモニター材により行った。モニター材は、断面寸法 115×192mm、長さは 0.5m、木口にシリコンでシーリングした。なお、乾燥機の乾燥性能比較のため、同時に実施した天然乾燥材との比較を行った。

## (2) ソーラー乾燥と人工加熱の組み合わせによる低コスト乾燥技術の開発

前節でソーラー乾燥機は、冬期や夜間の室温低下により乾燥性能が低下する結果が得られたと仮定する。低コストで乾燥を行うためには、エネルギー使用の効率化、乾燥期間の短縮、明確化が求められる。このため、本研究では、ソーラー乾燥機に人工的加熱を組み合わせ、室温が低下する時間帯に加熱装置を用いて材の温度低下を防ぎ、乾燥性能の効率化を図る方法について検討した。図 2 に乾燥機の概要を示す。前節のソーラー乾燥機にヒートポンプ式の温風装置を組み合わせた仕

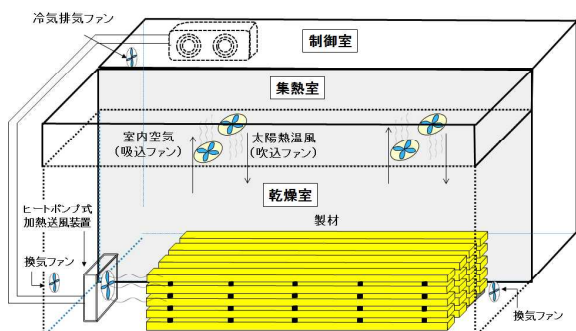


図 2 ソーラー乾燥とヒートポンプ加熱組み合わせ乾燥機概要図

様とした。ヒートポンプは、家庭用エアコンでも使用されている温風式と床暖房に見られるように温熱水配管を巡らし輻射熱により室内を暖める方式の 2 つに代表される。後者は、室内温度の保持能力に優れているが、設置費が高価であることや定期的な維持管理の必要性が大きい。本研究では、この仕組みは補助加熱的な使用を目的とすることから、設置費が比較的安価で、既存の施設に設置が可能な温風式を採用した。このヒートポンプ式温風装置は冷凍機 (PUA22HE7, MITSUBISHI) を改良したものである。冷凍機としては排熱ユニットである温風装置を乾燥室内に設置して加熱を行うことを試みた。この装置の加熱能力は、ヒートポンプ圧縮機の出力 2.2kW で、最大加熱温度は 42℃である。

この加熱装置とソーラー乾燥機の組み合わせ乾燥システムについて説明する。一例として冬期の場合、ソーラー乾燥機のみで稼働すると、最大室温は約 40℃、最低室温は約 10℃となる。この加熱装置を加えたことで、室内温度が 40℃より低下した場合に、ヒートポンプが作動し、室温 40℃を維持する仕組みである

このソーラー乾燥機の試験方法について、材料は、スギ平角材 (断面 132×253mm、長さ 4m) 20 本を用いて、冬期 (2 月) から春期 (5 月) にかけてに乾燥試験を実施した。乾燥経過は前節と同様にモニター材により行った。モニター材は、断面寸法 132×253mm、長さは 0.5m、木口にシリコンでシーリングした。乾燥機の運転は、ヒートポンプを稼働させる場合とさせない場合の比較を行った。両者を同程度の気候、含水率条件で比較するため、比較対象の測点は測定期間の前後 10 日以内の結果を用いた。両者の乾燥速度 ( $V_d$ ) は、モニター材の減少水分量から求めた。また、組み合わせ乾燥の乾燥効率 ( $e_{sh}$ ) は、乾燥速度 ( $V_d$ ) を乾燥機の稼働により消費された電力量 ( $W_{sh}$ ) で除し

て求めた。計算は次式 (4)、(5) のとおりである。

$$V_d = (W_{ib} - W_{ia}) / 0.0167 \quad (\text{kg/m}^3 \cdot \text{day}) \quad \dots (4)$$

$W_{ib}$  : モニター材  $j$  日目 8:00 の重量(kg)

$W_{ia}$  : モニター材 ( $j+1$ ) 日目 8:00 の重量(kg)

0.0167 : モニター材の体積 ( $\text{m}^3$ )

$$e_{sh} = 2.67 V_d / W_{sh} \quad (\text{kg/kWh}) \quad \dots (5)$$

$V_d$  ; 上述の乾燥速度 ( $\text{kg/m}^3 \cdot \text{day}$ )

$W_{sh}$  : 1日あたりの消費電力 (kWh/day)

2.67 : 全体材積量 ( $\text{m}^3$ )

次に、この乾燥システムの乾燥効率を上述の低温乾燥機と比較するため、50mm厚板材(幅平均220mm,長さ4100mm)を51枚(材積 $2.3\text{m}^3$ )用いて、5月中旬から下旬に含水率100%程度から約20%までの乾燥効率を求めた。乾燥効率の計算方法は、前節の(1)~(3)式によった。なお、日中ソーラー乾燥単独の稼働時間帯に乾燥室温度が $40^\circ\text{C}$ を超える場合は、ファンのインバーター調整により $40^\circ\text{C}$ を維持し、余剰熱は蓄熱剤(MHS-32,40三菱電線工業)に顕熱、潜熱として蓄熱した。

### III 結果と考察

#### 1. 低温乾燥機の特長調査

図-3にバイオ乾燥機(以下バイオA)と除湿式乾燥機(以下除湿式C)の乾燥試験によるモニター材の含水率変化を示す。冬期(2月)の場合、

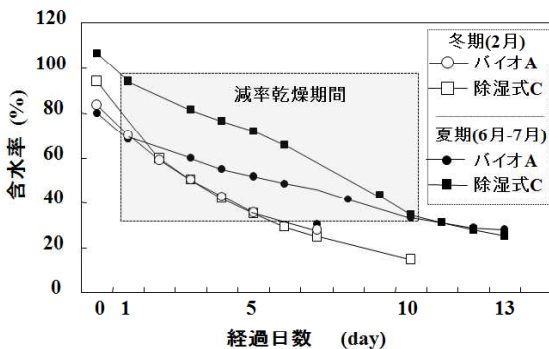


図-3 バイオ乾燥機と除湿式乾燥機によるモニター材の含水率変化

バイオAと除湿式Cの減率乾燥期間における含水率低下は同じような傾向を示した。一方、夏期(6月-7月)では、除湿式Cの方が乾燥速度が速いように見られる。また、バイオAの夏期(6月-7月)と冬期(2月)での比較では、冬期の方が速く乾燥した。

図-4に夏期および冬期に実施したバイオAと除湿式Cの乾燥室内の湿度と電流値の経過を示す。バイオAについて、2月の湿度経過は、乾燥が進むにつれて低下傾向が見られるが、7月については、上昇下降を繰り返し、湿度の低下が遅いように見受けられる。一方、除湿式Cは、除湿装置があるので、乾燥中期から人為的に湿度を低下させたことがわかる。また、バイオAの電流値については、2月の電流値が7月より一貫して高い値で推移した、一方除湿式Cは2月と6月での差は小さいように見受けられる。これらのことからバイオ乾燥機は、除湿式乾燥機に比べ、乾燥室内の湿度の変化速度と電流値において季節的な変動が大きいものと推測される。バイオ乾燥機では、室内の水分排出は、主に壁体を通じて排出される仕組みとなっている。このため、外気の湿度の高い夏期には、内壁の吸水、外壁からの蒸発が進みにくいと考えられる。特に夏期には、壁体の含水率が高い状態が続くのはこのためであると考えられる。一方、外気の湿度が低い冬期では、

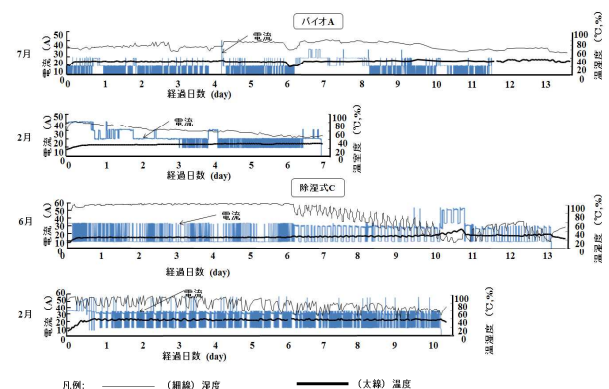


図-4 低温乾燥機の乾燥室内湿度と電流値の経過



外気と乾燥室内の湿度差が大きい。また、壁体に吸収された水分の温度は乾燥室の熱エネルギーを受けて十分暖かく保たれる。このため、壁体を通じた水分は夏期に比べて冬期において蒸発しやすいと考えられる。これが冬期の乾燥室の湿度低下が速かった要因と考えられる。

次に、バイオ乾燥機の電流値が冬期で大きく推移し夏期で比較的小さかったのは、以下の理由が考えられる。上述したように、乾燥室の水分排出を壁体に頼る構造であるため、乾燥中の壁体はある一定の水分で満たされていると考えることができる。水分で満たされた壁体の熱貫流率は、表-1に示された数値より高くなる。すなわち、断熱性能の低下を引き起こし、壁体を通じて熱が奪われやすい状態になっていると推察される。熱エネルギーが奪われやすい構造は、消費電力の増加につながる。冬期ではこれが顕著に表れるが、外気温と乾燥室内温度の差が小さい夏期では、影響が少ないものと推察される。

次に各乾燥機の乾燥効率 (e) を表-2に示す。バイオ A の乾燥効率の平均値  $e_{ave}=1.1$ 、バイオ B は  $e=1.5$  (測定回数1点) であるのに対して、除湿式 C の平均値  $e_{ave}=1.0$  であり、乾燥機の効率はほぼ同程度か高い値であった。これによれば、バイオ乾燥機と除湿式乾燥機の乾燥効率の差はないか、バイオ乾燥機の方が高いと考えられる。しかし、SD 値を見れば、バイオ乾燥機は、除湿式乾燥機より e のバラツキが大きいことがわかる。これを季節別に考察すると、バイオ A の乾燥効率は

表-2 低温乾燥機の乾燥効率 (e)

乾燥機	測定時期	初期含水率	e	平均値	標準偏差 (SD)	除去水分量測定方法
バイオA	6月	約70%	1.1			含水率から推定
	7月	約70%	1.5	1.1	0.4	含水率から推定
	2月	約60%	0.7			重量測定
バイオB	7月	約70%	1.5	-	-	含水率から推定
除湿式C	6月	約100%	1.0			含水率から推定
	10月	約100%	0.9	1.0	0.1	含水率から推定
	2月	約100%	1.1			重量測定

夏期 (6月-7月) と冬期 (2月) で 1.5 ~ 2.0 倍の違いが見られ、夏期においてもバラツキが見られた。一方、除湿式 C は夏期、秋期、冬期ともに  $e=1.0$  前後で推移した。上述したように、バイオ乾燥機は、季節により乾燥性能が影響される季節影響度の高い乾燥機である可能性がある。夏期と冬期で同量の水分を飛ばすにも、乾燥効率の低い冬期では、乾燥コストが割高となる。しかし、冬期に天然乾燥を行う場合、乾燥速度が大きく低下する (野原 1977) ことが知られている。バイオ乾燥機による乾燥は、冬期に速く進むため、乾燥コストは割高となるが、短期間での乾燥材供給には有利となる。その場合、製材直後の含水率の高い生材の投入をできる限り減らすことが乾燥コストを抑えるポイントであると思われる。

## 2. 低コスト乾燥技術の開発

### (1) ソーラー乾燥機の特長調査

図-5にソーラー乾燥機の (a) 8月15日晴天時、(b) 2月25日晴天時における1日の乾燥室温度と日射量の変化の一例を示す。(a) 8月15日晴天

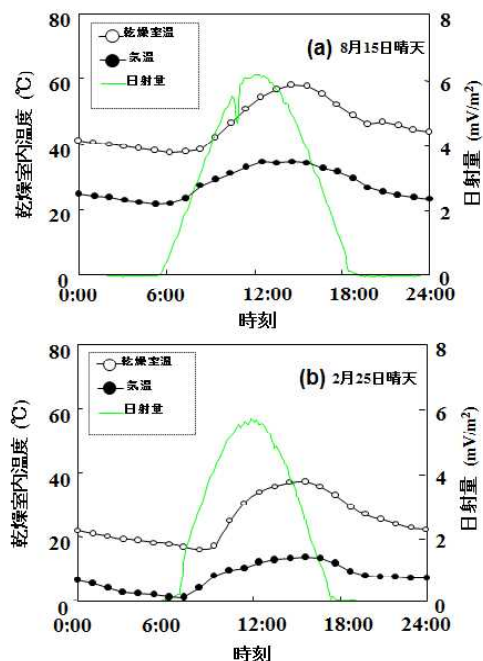


図-5 夏期(8月15日晴天)、冬期(2月25日晴天)の日射量と乾燥室温度変化の一例

天時には最大温度約 60℃、最低温度約 40℃、  
 (b) 2月25日晴天時には最大温度約 30℃、最低  
 温度約 10℃であることが確認された。これらは  
 外気温より常に 10℃～20℃程度高い温度である  
 ことがわかる。また、2月25日晴天時の日射量  
 は、8月15日晴天時の約 70%であった。

次に、日射量と乾燥室内の温度上昇度 ( $\Delta t$ =最  
 大室内温度-最低室内温度) との関係を図-6に  
 示す。夏期および 秋期・冬期ともに日射量が増加  
 するにつれて、温度上昇度 ( $\Delta t$ ) が大きくなった。  
 $\Delta t$  の最大値は夏期で 25℃、秋期・冬期で 23℃  
 であった。一方、 $\Delta t$  の最小値は夏期で 2℃、秋  
 期・冬期で 1℃程度であった。この結果から、夏  
 期では、最低室内温度が 35℃とすると、日中の  
 最大温度は 37℃～60℃の範囲、秋期・冬期では、  
 最低室内温度が 10℃の場合、日中の最大温度は  
 11℃～33℃と日によって大きく乾燥室内温度が  
 変化することがわかる。乾燥温度は乾燥速度に影  
 響する (寺澤 1994) ので、ソーラー乾燥も天然乾  
 燥と同様に、天候や季節によって日ごとの乾燥速  
 度のバラツキは大きくなり、乾燥の進み方に影響  
 が出ると推測される。

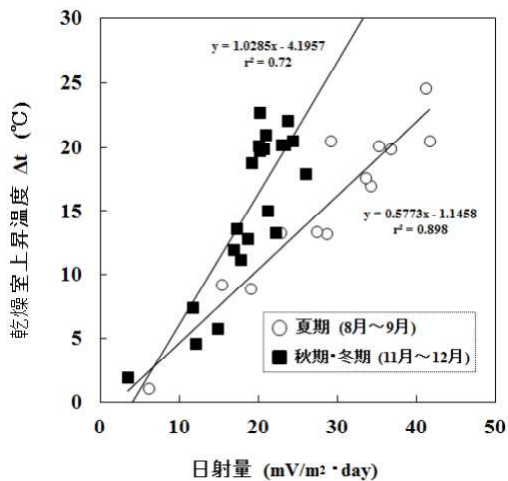


図-6 日射量と乾燥室上昇温度との関係；  
 上昇温度  $\Delta t$  : (乾燥室内最大室温 - 最低室温)

図-7にソーラー乾燥によるヒノキ平角材の含  
 水率変化を示す。(a)夏期～秋期においては、含

水率約 30%から 20%まで低下させるのに 18日間、  
 期では 21日間かかった。一方、天然乾燥では、  
 (a)、(b)ともに同期間で含水率 25%にとどまった。  
 つまり、ソーラー乾燥によるヒノキ平角材の乾燥  
 速度は、天然乾燥の 2倍以上あると考えられる。  
 実際には、天然乾燥の場合、含水率 20%に到達  
 するには (a)夏期～秋期、(b) 秋期～冬期ともに  
 ソーラー乾燥の約 4倍の期間を要した。ソーラー  
 乾燥での (a)夏期～秋期と(b) 秋期～冬期の含水  
 率変化を比較すると、(a) 夏期～秋期の方が乾燥  
 速度は大きい、(a) でも 2014.8.27の乾燥初期か  
 らの 5日間は雨天が続いたため、乾燥速度が大き  
 く低下した。このように、秋期～冬期より多くの  
 熱量が得られる夏期～秋期でも天候に恵まれなけ  
 れば、乾燥は予想より相当に遅れる。逆に言えば、  
 冬でも晴天が続けば、乾燥は予想より相当に速く  
 進むことになる。これによりソーラー乾燥の乾燥  
 性能は不安定であることがわかる。

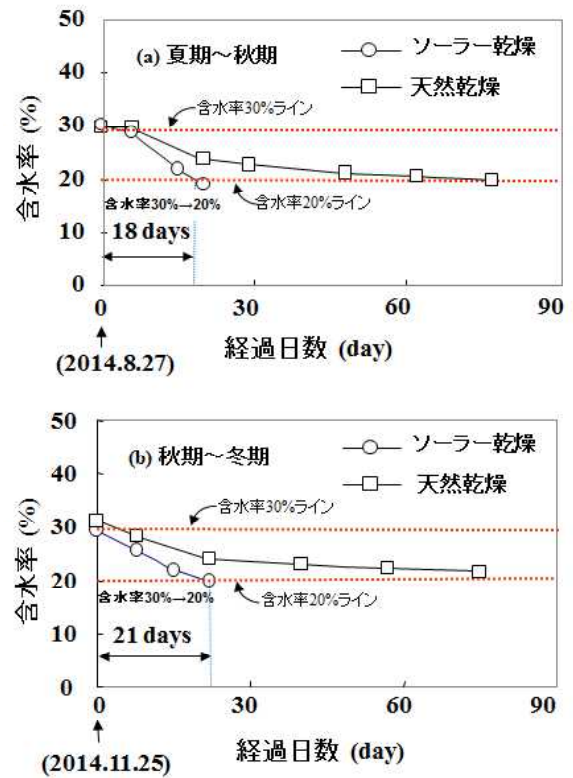


図-7 ソーラー乾燥によるヒノキ平角材の含  
 水率変化

(2) ソーラー乾燥と人工的加熱の組み合わせによる低コスト乾燥技術の開発

一例として、図-8に3月初旬の曇天時1日のソーラー乾燥とヒートポンプ組み合わせ乾燥による乾燥室の温度変化を示す。日射量が晴天時に比べて少ない場合においても終日ほぼ一定の室内温度を維持することができた。

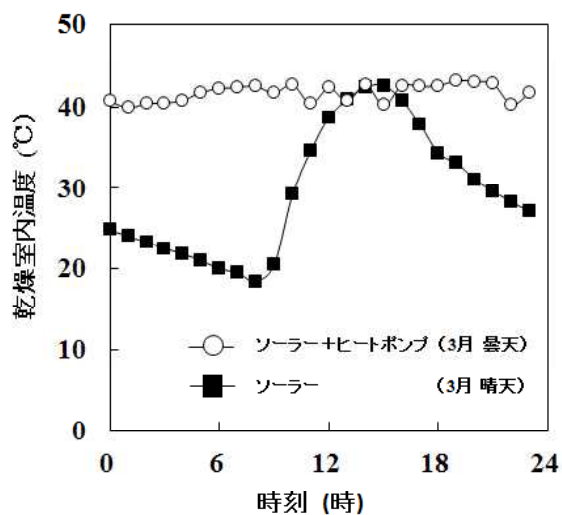


図-8 ソーラー乾燥とヒートポンプ組み合わせ乾燥による乾燥室の温度変化の一例

このように組み合わせ乾燥を行った場合、材の乾燥速度は、どのように変化するのだろうか。ヒートポンプを稼働させない場合と比較するため、日射量とモニター材の乾燥速度の関係を図-9に示す。いずれのプロットもモニター材の含水率範囲が55%~70%にあるデータを結果の分析に使用した。ソーラー乾燥は、乾燥速度  $V_d$  が日射量に強く影響され ( $r^2=0.814$ )、乾燥速度  $V_d$  は  $1.2 \sim 7.2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{day}$  と天候による変異が大きかった (変動率 52.6%)。一方、組み合わせ乾燥では、日射量の影響は小さく ( $r^2=0.202$ )、いずれの乾燥速度も  $10 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{day}$  前後でバラツキは小さかった (変動率 7.4%)。この場合乾燥速度は、いずれの日射量でもソーラー乾燥単独に比べ大きかった。

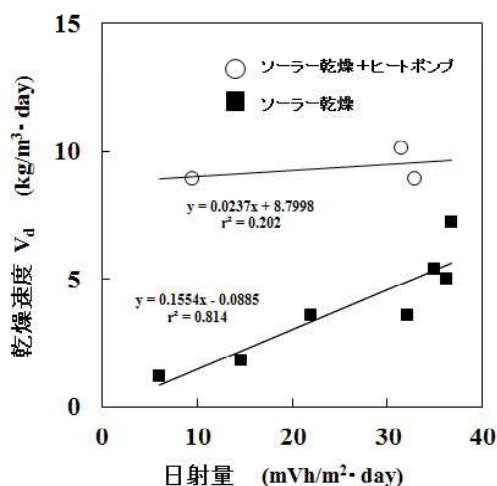


図-9 日射量の違いによる乾燥速度比較; 含水率 55%~70%範囲

次に、組み合わせ乾燥の乾燥効率について、日射量と乾燥効率の関係を図-10に示す。試験結果は3月に実施した含水率50%以下データの結果を用いた。乾燥効率は日射量が増加するほど高くなった。これは、日射量が高い日は、太陽熱による乾燥室の温度上昇への貢献度が高いためと考えられる。乾燥効率は、断面寸法  $132 \times 253 \text{ mm}$  のスギ平角材、乾燥時期3月、含水率50%以下という条件で、 $0.48 \sim 0.60 \text{ kg/kWh} \cdot \text{day}$  の範囲であった。

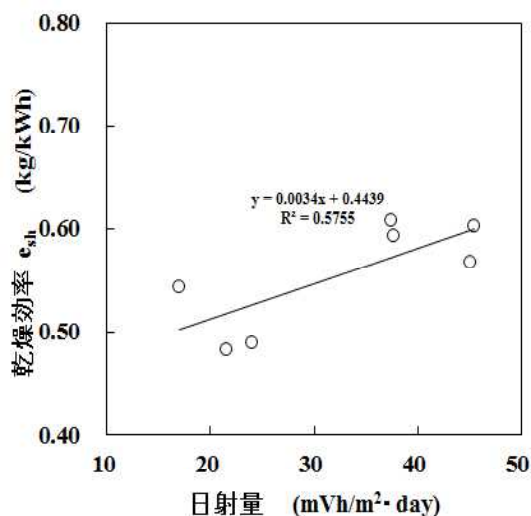


図-10 組み合わせ乾燥による日射量と乾燥効率の関係; 含水率 50%以下の範囲

次に、厚さ 50mm の板材で実証試験を行った。乾燥期間は、5 月中旬から下旬の 12 日間であった。乾燥期間中の 1 日当たりの日射量は、晴天日が  $49.1 \pm 14.4 \text{ kWh/m}^2$  (mean+SD, n=8)、雨天・曇天日が  $23.3 \pm 15.2 \text{ kWh/m}^2$  (n=4) であった。含水率は 12 日間で  $128 \pm 37\%$  (mean±SD, n=51) から  $20 \pm 8\%$  に到達した。乾燥開始から乾燥終了まで全体の乾燥効率は、 $2.8 \text{ kg/kWh}$  であった。材積  $1 \text{ m}^3$  あたりの総電力量は、 $127 \text{ kWh/m}^3$  となった。図-11 に 1 日当たりの乾燥効率 (乾燥開始 2 日目から乾燥終了 12 日目までの 11 データ ; 1 日目のデータは夜間半日分のため、ここでは除外した) を材の含水率の範囲を 70%以上 (n=3)、70 ~ 40% (n=4)、40%以下 (n=4) のグループに分けて示す。乾燥初期における含水率が高い時期のグループは乾燥効率が高く、材の含水率が低いグループほど乾燥効率は低くなった。これは、乾燥初期は材表面の自由水が蒸発しやすいのに対して、乾燥末期における繊維飽和点以下の含水率域では、自由水が減少し、結合水が主体となるため、一定量の水分を蒸発させるのにより多くのエネルギーを必要とする (鷲見 1998) からである。これを 6 ~ 7 月に実施した前章の低温乾燥機の乾燥効率の結果と比較すると、組み合わせ乾燥は除湿式乾燥機の 3 倍となる。しかし、バイオ乾燥機の場合は、製材後 2 週間程度天然乾燥し、含水率を 70%程度に低下させてから乾燥機に投入する方法をとる。このため、本試験結果の含水率 70%以下の乾燥効率平均値  $2.5 \text{ kg/kWh}$  と比較すると、組み合わせ乾燥はバイオ乾燥機の 1.7 ~ 2.3 倍の乾燥効率となった。なお、含水率 70%以下に低下させてから乾燥機に投入した場合の総電力量は、 $75.9 \text{ kWh/m}^3$  となる。

この組み合わせ乾燥の利点は、高い乾燥効率とともに、太陽熱利用の乾燥装置でありながら乾燥室の温度をコントロールすることができる点にある。これにより、乾燥が終了する日時を精度よく

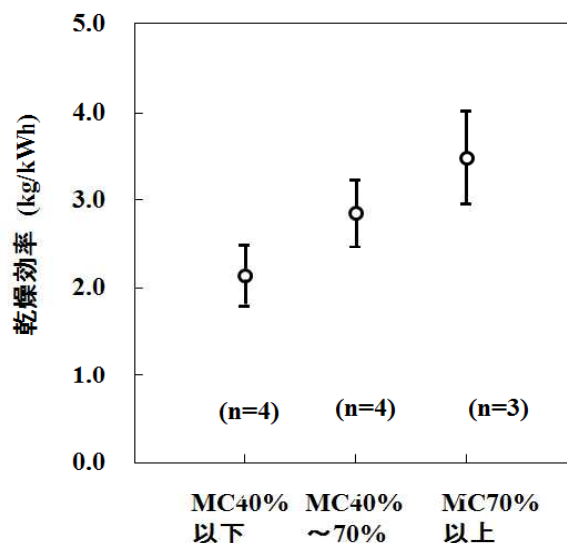


図-11 組み合わせ乾燥の乾燥効率; 試験材 50mm 厚のスギ板材; 試験期間: 5 月中旬から下旬; MC: 含水率

予測することが可能となる。また、乾燥コストに関しては、電気エネルギーのみで乾燥させる低温乾燥機と比較して、1/2 ~ 1/3 まで低減できる可能性が示された。以上のことから、この方法は、太陽熱を利用した乾燥法の弱点であった気候、天候の影響の削減および電気エネルギーを用いた人工乾燥の省電力化に有効であり、乾燥スケジュールによって乾燥工程を進められる人工乾燥機として使用できることが示された。

#### IV 謝辞

本研究にご協力いただいた新城製材株式会社、株式会社杉生、有限会社内山製材所の皆様には心よりお礼申し上げます。また、バイオ乾燥の運用に関する指導をしていただいた鳳来製材協同組合の皆様には感謝申し上げます。

#### 引用文献

鷲見博史 (1998) 木材は乾かして使う. 産調出版  
 寺澤眞 (1994) 木材乾燥のすべて. 海青社  
 中畠厚 (1984) 木材を安く乾燥するために 一林



産試型ソーラー・ドライヤーの性能ー. 林産  
試だより4

野原正人・岩田隆昭・山本和雄 (1977) 針葉樹材の  
天然乾燥速度について, 岐阜林セ報5 : 31-48  
山之内清竜・山田式典 (1982) 太陽熱利用による  
簡易木材乾燥室の試作研究, 鹿児島木材工業  
試研報 : 43-45