

蒸気式乾燥室から排気される空気を用いた予備乾燥

誌名	愛媛県農林水産研究所林業研究センター研究報告
ISSN	13489534
著者名	武智,正典
発行元	愛媛県農林水産研究所林業研究センター
巻/号	28号
巻号補足	
掲載ページ	p. 8-12
発行年月	2010年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



〈論文〉

蒸気式乾燥室から排気される空気を用いた予備乾燥

武智正典

Masanori TAKECHI

蒸気式乾燥では、木材から蒸発した水分を、加熱された空気とともに乾燥室外へ排気する方法が用いられている。この排気空気はその後利用されることは殆どなく、大気中にそのまま放出されている。前報(武智, 2009)では、蒸気式中温乾燥方法で5日間スギ間柱の乾燥を行い、乾燥室から排気される空気の温湿度、排気量を実測した結果、排気空気が予備乾燥の熱源に利用できることが判明した。今回、この排気空気をそのまま利用し、スギ間柱を予備乾燥した。この結果、夏季の排気空気を用いた場合、予備乾燥室の湿度はダンパーの開度と風速により制御可能で、10日間の予備乾燥により含水率を20%程度まで乾燥することができた。また、冬季の排気空気を用いた場合は、予備乾燥室の湿度はダンパーの開度と風速に加え、補助ヒーターを用いることにより制御可能で、8日間の予備乾燥により含水率を20%程度まで乾燥可能であった。さらに、予備乾燥後に仕上げ乾燥(含水率15%以下)を行った結果、品質が良い乾燥仕上がりであった。

キーワード — 蒸気式乾燥、排気、予備乾燥

1. 緒言

予備乾燥室は本格的な仕上げ乾燥まではやれない乾燥室(寺澤, 2004a)で、比較的短期間に安全かつ予定した日数で含水率20%まで乾燥できる低い温度の乾燥室(寺澤, 2004b)としており、人工乾燥の前処理と位置付けられている。

日本では小規模の乾燥工場が多く、また既存の熱付与ではエネルギーコストが高いため、予備乾燥は殆ど導入されていないが、平田(2000)が、日本に輸入された収容材積1,000m³の予備乾燥室を用いてスギ柱材を予備乾燥し、水分減少や割れ・狂い等について検討している。

前報(武智, 2009)では、蒸気式中温乾燥方法で、5日間スギ間柱の乾燥を行った場合、乾燥室から排気される空気の温湿度、排気量を測定し、予備乾燥の熱源としての利用可能性について検討した。その結果、排気量は夏季(2006年8月)が100,065(kg Dry air)、冬季(2007年2月)は82,293(kg Dry air)であった。また、排気熱量は夏季が37,406MJ、冬季は30,299MJで、大気中に多量の熱量が放出さ

れていた。

この調査結果から予備乾燥室の断熱が十分で、湿度の制御が可能な場合は蒸気式乾燥室から排気された空気を、そのまま利用した予備乾燥が可能と考えられた。

今回は、この排気温湿度・排気量を用いスギ間柱の予備乾燥を実施したので報告する。

なお、本調査は、【林業普及情報活動システム化事業「予備乾燥による乾燥の効率化研究」(平成18~20年度)】の中で実施した。

2. 材料と方法

2.1 予備乾燥の方法

当センターにある乾燥室2室の内、1室を蒸気式乾燥室と想定し、もう片方の乾燥室を予備乾燥室と想定した。排気温湿度及び排気量は前報(武智, 2009)のとおり、夏季(外気平均温度25℃)及び冬季(外気平均温度5℃)とも蒸気式乾燥室が3室あれば、ほぼ24時間連続して予備乾燥室へ排気熱量を供給することが可能(乾燥室3室の乾燥開

始時期をずらして、常に2室分の排気を利用)であることに加え、各ステップの排気温湿度の平均化が図られることから、安定した熱量が予備乾燥室へ供給できる。

このことから、乾燥室3室分のステップ3～7(武智, 2009)の排気空気を利用した場合の1日当たりの排気温湿度及び排気量を表-1のとおりとした。

表-1 乾燥室3室のステップ3～7の排気温湿度及び排気量

	平均温度 (°C) 注1)	平均湿度 (%) 注1)	排気量 (kg Dry air/日) 注2)
夏季	63.4	64.7	41,429
冬季	61.8	69.0	34,622

注1): スギ間柱の乾燥を夏季(外気平均温度25°C)と冬季(外気平均温度5°C)に5日間(蒸気・調湿を除く)実施した場合の、ステップ3～7の平均排気温湿度
注2): 乾燥室3室で、1日あたり供給できる排気量

この排気空気の温湿度を蒸気式乾燥室で再現し、 $\phi 75\text{mm}$ のステンレスダクト(厚さ50mmのグラスウールで保温)を通じて予備乾燥室へ送風した(図-1)。

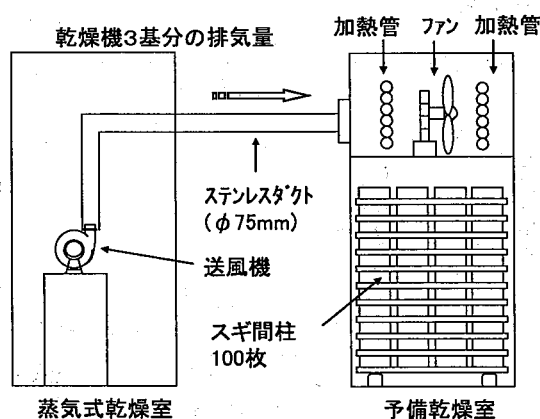


図-1 予備乾燥の方法

送風量は容量 50m^3 の乾燥室と当センターの乾燥室の容量比(1/16モデル)とし、送風機に取り付けたインバーターで制御を行った。なお、予備乾燥室の容量は熱量計算(寺沢, 2004c)から、蒸気式乾燥室3室に対して予備乾燥室1室とした。

2.2 材料及び予備乾燥等の時期

予備乾燥する材はスギ間柱($37 \times 120 \times 3,000\text{mm}$ 、100枚)を用い、2.1の夏季を想定した外気温度が高い場合(以後「試験1」という)に10日間(2008年

8月、試験中平均外気温度 24°C)行い、冬季を想定した外気温度が低い場合(以後「試験2」という)では8日間(2009年2月、試験中平均外気温度 6°C)実施した。

なお、比較のため天然乾燥(屋外、屋根付き)を、2008年8月中旬から2008年10月中旬の2ヶ月間(以後夏季の天然乾燥という)、及び2008年12月から2009年2月の3ヶ月間(以後冬季の天然乾燥という)、各50枚ずつ行った。

2.3 予備乾燥室の制御方法

試験1では、湿度をダンパーの開度と風速で制御を行い、試験2では湿度を風速とダンパーの開度で制御する方法に加えて、補助ヒーター(蒸気式の加熱管)で乾球温度を 40°C に設定した。

2.4 予備乾燥後の仕上げ乾燥

予備乾燥終了後は仕上げ乾燥(含水率15%以下)を温度 60°C 一定で2.5日間実施し、含水率のバラツキ・品質等について検討した。

3. 結果と考察

3.1 試験1

10日間の予備乾燥中の乾燥室の平均温度は 42.5°C 、平均湿度は81.0%であったが、予備乾燥の初期の2日間は湿度が高い状態が続き、カビ等の発生が危惧されるため、今後は温度が下がってもダンパーを大きく開け湿度を下げる必要性があると思われた。

試験1の乾燥前、予備乾燥後、仕上げ乾燥後の含水率の推移を図-2に示す。

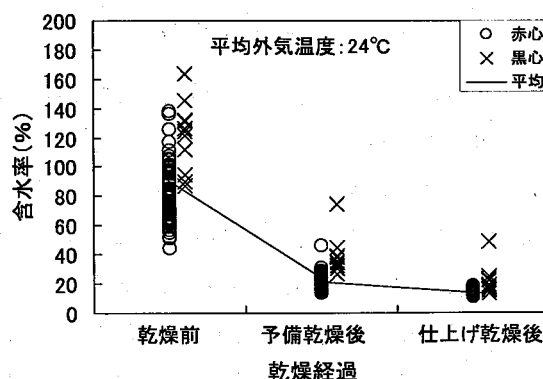


図-2 試験1の含水率経過

黒心は心材率が60%以上のみ黒心として取り扱った(Sugimori et al. 2006)。

乾燥前の平均含水率は87.5%(赤心86枚81.7%、黒心14枚123.1%)で、予備乾燥終了後は平均含水率が21.3%(赤心18.7%、黒心37.1%)になった。また、2.5日間の仕上げ乾燥後は、平均含水率が13.6%(赤心12.5%、黒心20.3%)になった。

15%以下の割合は赤心が94.2%、黒心は14.3%、全体では83.0%であり、赤心については高歩留まりであったが、黒心は含水率が高く赤心とは別に取り扱いが必要があると考えられた。

含水率のバラツキ(標準偏差)は乾燥前が24.2%、予備乾燥終了後は9.0%と小さくなり、仕上げ乾燥後はさらに4.4%と小さく、バラツキが小さい良好な乾燥仕上がりとなった。特に赤心では仕上げ乾燥後のバラツキが1.5%であり、筆者が過去に実施した赤心の乾燥結果の3%と比較しても、小さいバラツキである。

また、赤心の厚さ方向の平均水分傾斜は図-3のとおり0.9%であり、水分傾斜も非常に小さいと思われる。

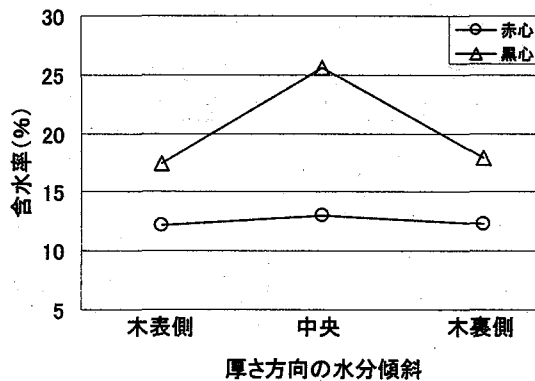


図-3 試験1の水分傾斜

一方、同時期に行った夏季の天然乾燥の含水率経過を図-4に示す。

乾燥前の平均含水率は86.5%(赤心47枚85.6%、黒心3枚101.0%)で、2ヶ月間の天然乾燥終了後は平均含水率が21.2%(赤心20.6%、黒心30.5%)になり、予備乾燥と比較すると同じ程度の含水率になるのに約6倍の期間を要した。天然乾燥では20%になるのに長期間を要するが、含水率のバラ

ツキは乾燥前が22.1%であったものが2.6%と非常に小さくなった。

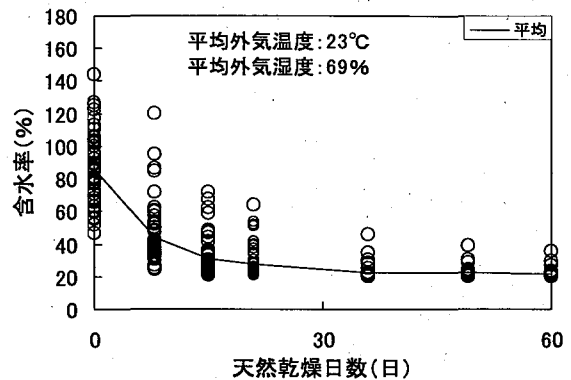


図-4 夏季の天然乾燥経過

3.2 試験2

8日間の予備乾燥中の乾燥室の平均温度は40.1℃、平均湿度は73.8%であった。補助ヒーターを使用することにより、予備乾燥初期から湿度を下げる事が影響し、試験1と比べて2日間短縮可能であった。

乾燥前、予備乾燥後、仕上げ乾燥後の含水率の推移を図-5に示す。

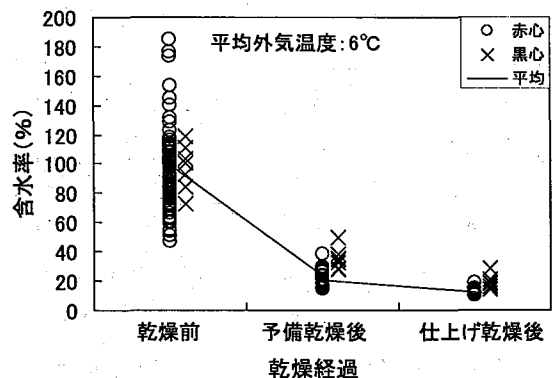


図-5 試験2の含水率経過

乾燥前の平均含水率は95.9%(赤心92枚95.9%、黒心8枚96.0%)で、予備乾燥終了後は平均含水率が20.2%(赤心19.0%、黒心34.6%)になった。また、2.5日間の仕上げ乾燥後は、平均含水率が12.4%(赤心11.9%、黒心18.7%)になった。

15%以下の割合は赤心が92.4%、黒心は12.5%、全体では86.0%であった。

含水率のバラツキ(標準偏差)は乾燥前が25.5%、予備乾燥終了後は6.4%と小さくなり、仕上げ乾

乾燥後はさらに2.7%と小さかった。仕上がり含水率とバラツキが試験1より小さかった原因は、試験1に比べ補助ヒーターを用いることにより、乾燥初期から湿度を下げる事ができたことと、黒心の枚数が少なかったことによると考えられる。

また、試験1と同様に特に赤心では、仕上げ乾燥後のバラツキが1.6%で、試験1とほぼ同じであり、厚さ方向の平均水分傾斜は図-6のとおり1.5%で、試験1より高かったが、通常の赤心の乾燥では2%以上の水分傾斜があるため、値としては小さいと考えられる。

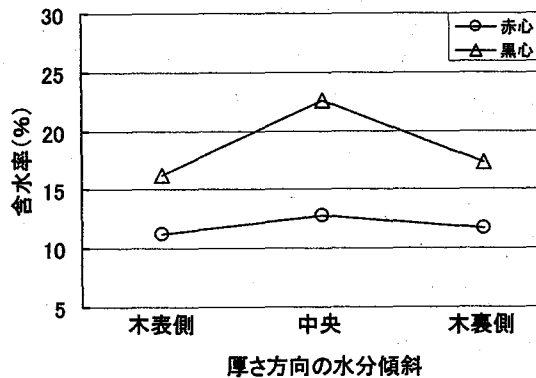


図-6 試験2の水分傾斜

一方、同時期に行った冬季の天然乾燥の含水率経過を図-7に示す。乾燥前の平均含水率は87.5%(赤心43枚82.1%、黒心7枚120.6%)で、3ヶ

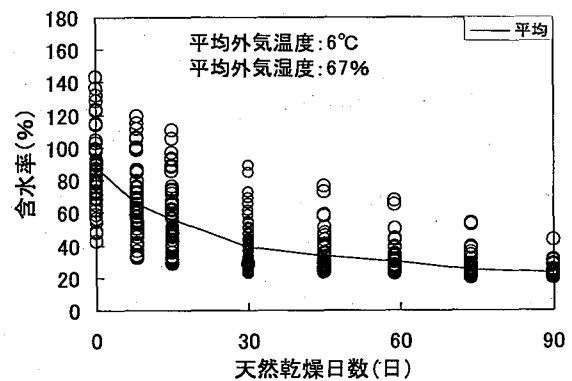


図-7 冬季の天然乾燥経過

月間の天然乾燥終了後は平均含水率が23.5%(赤心22.0%、黒心32.8%)になり、予備乾燥と比較すると同じ程度の含水率になるのに約11倍の長期間を要した。冬季の天然乾燥では3ヶ月経っても20%以下の材はなく、含水率のバラツキも乾燥前が24.5%であったものが4.7%と夏季に比べ高くなった。

3.3 乾燥方法の違いによる運転コスト比

スギ板材を乾燥する場合の乾燥方法の違いによる運転コスト比を図-8に示す。通常の人工乾燥でスギ板材を5.5日間(蒸煮・調湿を含む)乾燥した場合に、乾燥室内で消費する燃料(ボイラーで使用する燃料で、ボイラー単体及び配管やヘッダーからの放熱を除いたもの)を100%とすると、予備

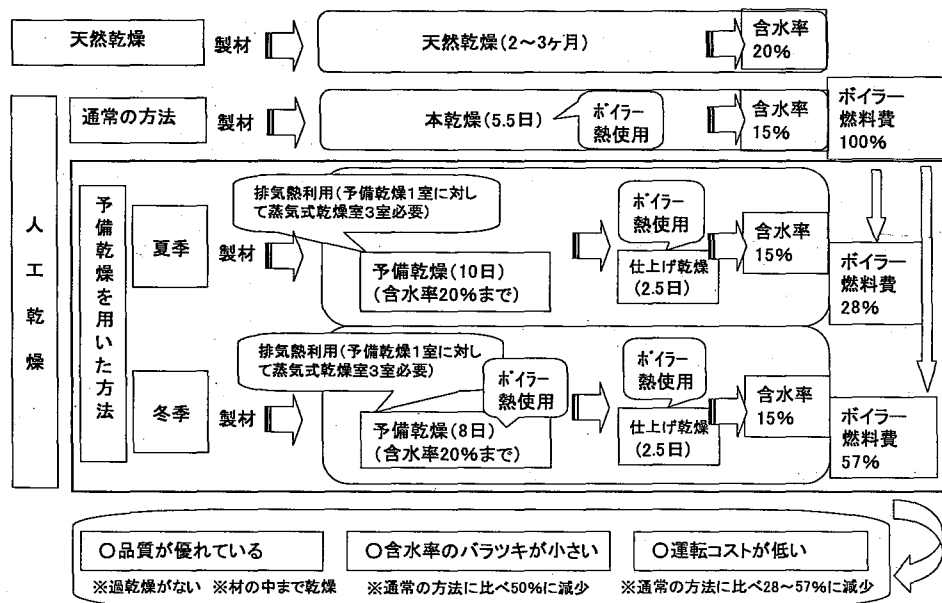


図-8 乾燥方法の違いによる運転コスト化

乾燥室と仕上げ乾燥室を含めた燃料消費量は試験1で28%(予備乾燥0%+仕上げ乾燥28%=28%)、試験2では57%(予備乾燥29%+仕上げ乾燥28%=57%)と低コストであった。

また、設備投資は必要であるが、運転コストが低いことに加え、含水率のバラツキが小さい、水分傾斜が少ない、過乾燥になる材が少ないなどの特徴があった。

蒸気式乾燥室からは、大気中に多量の熱量が放出されているため、今後は予備乾燥のみならず、排気熱量をその品質に応じてカスケード的に利用する検討が必要になると考えられる。

4. 結論

蒸気式乾燥室から排気される空気を用いて、スギ間柱を予備乾燥した結果、以下の知見を得た。

- 1) 予備乾燥室の規模は蒸気式乾燥室3室に対して1室が適切と考えられる。
- 2) 夏季の排気空気を用いて予備乾燥(外気24℃)を実施した試験1の場合、予備乾燥室の湿度はダンパーの開度と風速で制御可能であり、10日間の予備乾燥で含水率を20%程度まで下げることができた。また、同時期に行った天然乾燥を予備乾燥と比較すると、同じ程度の含水率になるのに約6倍の期間を要した。
- 3) 冬季の排気空気を用いて予備乾燥(外気6℃)を実施した試験2の場合、予備乾燥室の湿度はダンパーの開度と風速で制御に加えて補助ヒーターを使用することにより制御可能であり、温度を40℃に設定した8日間の予備乾燥で、含水率を20%程度まで下げることができた。また、同時期に行った天然乾燥を予備乾燥と比較すると、同じ程度の含水率になるのに約11倍の長期間を要した。
- 4) 予備乾燥後に仕上げ乾燥を実施した結果、運転コストは通常の蒸気式乾燥(5.5日間、蒸煮・調湿を含む)に比べ、試験1で28%、試験2で57%に短縮できた。

また、含水率のバラツキが小さい、水分傾斜が少ない、過乾燥になる材が少ないなどの特徴があっ

た。

- 5) 黒心は短期間の予備乾燥では含水率が高いままであるため、黒心の取り扱いについては今後検討する必要があると考えられた。

参考文献

- 平田英史(2000)プレドライヤーによるスギの予備乾燥. 木材工業 55(3):128-132.
- Sugimori, M., Hayashi, K. and Takechi, M. (2006) Sorting sugi lumber by criteria determined with cluster analysis to improve drying. Forest Prod. J. 56(2):25-29
- 武智正典(2009)蒸気式乾燥室から排気される空気の温湿度及び量. 愛媛県林業研究センター研究報告27:25-30.
- 寺澤 眞(2004a)木材乾燥のすべて, pp.488-494. 海青社, 大津.
- 寺澤 眞(2004b)木材乾燥のすべて, pp.49-50. 海星社, 大津.
- 寺澤 眞(2004c)木材乾燥のすべて, pp.471-487. 海星社, 大津.