

木材乾燥操作の自動化システム

奈良直哉

はじめに

北海道立林産試験場では、昭和 60 年度から 3 年の計画で木材乾燥操作の自動化に関する研究を行ってきました。その結果、本年度（昭和 62 年度）に実用的レベルの自動化システムが完成しましたので本システムの概要について紹介します。

自動化システムの目的

従来から、木材乾燥操作は含水率スケジュールによるものが中心であり、またこの方法は古くから良く研究され、信頼性も高い制御方法です。反面、被乾燥材の乾燥スケジュールの作成から乾燥終了時までの手作業による管理業務は容易ではありません。具体的な作業としては、乾燥スケジュールの作成、乾燥室内の被乾燥材の乾燥程度（含水率の変化、損傷の程度）の把握（1～3 回 / 日）、乾燥程度に応じた温湿度の設定と変更、調湿工程の判断、乾燥終了時の判断等があります。また乾燥室の運転は 1 日 24 時間の連続運転が原則ですから、夜間の管理業務は特に大きな負担となる作業です。

このような実態から、どうしても熟練者の経験に依存するところが多い作業となり、結果としては、担当者の技術が乾燥時間あるいは乾燥材の品質に大きな影響を与えることとなります。したがって、これらの操作を自動化することにより、均質な乾燥材が複雑な操作を必要とせずに生産できるため、乾燥材の普及促進、品質向上を図ることができるとともに省エネ、省力、省資源化の効果が期待でき乾燥コストの低減化を図ることが可能となります。

自動化システムの概要

木材乾燥操作を自動化する試みは、数十年前から考えられ、様々な方式の制御システムが作られてきました。しかし、それらのほとんどは研究段階のみで終わり、実際に現場には普及しませんでした。この理由は、木材との接点となる含水率センサの開発が遅れていたこと、制御方式が実際的ではなかったため制御自体が不完全であったこと、自動化以前に解決すべき乾燥技術の問題があったこと、コンピュータが一般的ではなく、現場担当者が使用するのに消極的であったことなどが挙げられます。

このような背景のなか、林産試験場ではロードセルからなる含水率センサの開発を行うとともに、連続変化型含水率スケジュール方式の乾燥室自動制御システムの開発を行い、実用化を図りました。

1. 含水率センサ

木材乾燥操作の自動化に应用可能なセンサには、ロードセル（重量測定）、含水率計、応力測定器、アコースティックエミッションピックアップセンサ（AE）、導電塗料などが考えられますが、いずれも一長一短があり、実用的レベルでの使用には多くの問題がありました。このうち、最も実用的レベルに近いセンサとしては含水率計によるものとロードセルによる重量検出方式とが考えられます。しかし、含水率計の場合、現在、主に用いられている抵抗式、高周波式いずれもが広範囲の含水率を精度よく測定するには不適當で、例えば抵抗式含水率計では、電極である 2 本のピンを材に打ち込むため、打ち込み深さと含水率の問題、乾燥室内の温度変化に対する補正の問題、含水率 30

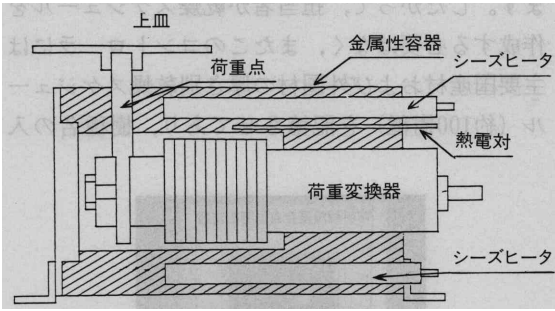


図1 改良後の含水率センサ

%以上での精度の問題等があります。またロードセルを用いる場合は、乾燥室内のように比較的高温域での耐熱性と精度、乾燥室内温度変化による出力の変動、安定性などの面でかなりの問題がありました。

林産試験場では、種々あるセンサのうち、ロードセルを用い重量を測定する方式からなる含水率センサに関する研究を行い、昭和62年度に目標とする含水率センサの開発に成功しました。研究当初のセンサは、高温用の圧縮型ロードセルを用いて作製し、乾燥室内の温度変化によるセルの出力のドリフトを抑制するため、ロードセルに電気ヒータを付加させ加熱、さらに断熱化してロードセル本体の温度を乾燥室内温度よりも高温で一定かつ均一に保つ構造としました。その後、測定精度の向上とセンサの小型化、ローコスト化の検討を行い、**図1**および**写真1**、**2**に示すセンサに改良しました。すなわち、圧縮型ロードセルからビーム型ロードセルに、円板状の電気ヒータをシーズヒータに変更したこと、断熱材の挿入をやめたことなどにより、測定精度は飛躍的に向上しました。またセンサの小型化も図られました。**図2**に含水率

1988年6月号

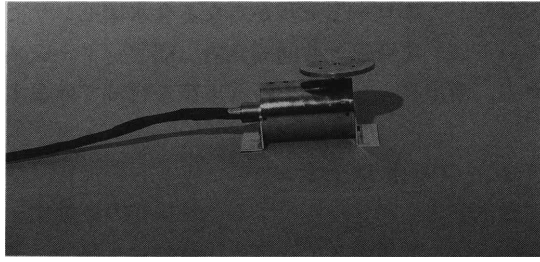


写真1 含水率センサ(改良後)

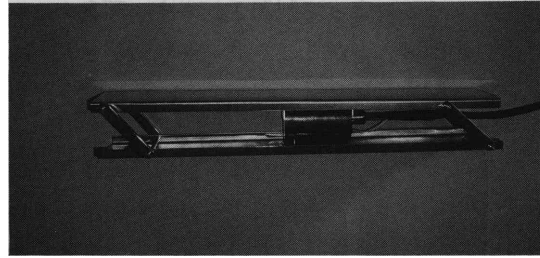


写真2 含水率センサ(改良後)

センサの改良前後におけるセンサ周囲温度と出力変化の関係を示します。

乾燥室の制御は、この含水率センサ上に試験材1~4枚を載せて連続的に重量を測定し、これをコンピュータに送り、あらかじめ初期入力して求めておいた試験材の含水率、初期重量から全乾重量を計算し、乾燥中に変化する重量とこの全乾重量から平均含水率を推定しながら制御します。

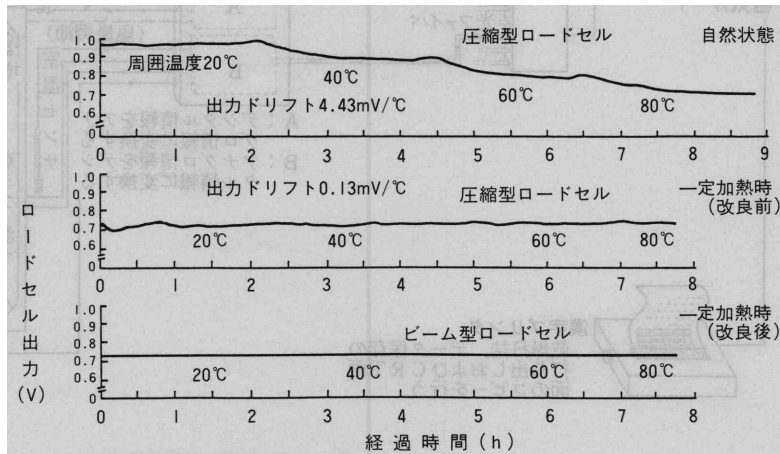


図2 含水率センサの無負荷時の周囲温度変化に伴う出力の変化

なお、このロードセルからなる含水率センサについては、北海道と共同開発者（KKデッキ・システム、南出昇一社長）で特許申請を行っています。

ます。したがって、担当者が乾燥スケジュールを作成する必要はなく、またこのコントローラには主要国産材および外国材の厚さ別乾燥スケジュール（約100樹種）を記憶させてあり、樹種名の入

2. コントローラ

含水率スケジュールによる乾燥操作の自動化システムは、従来のステップ変化型の含水率スケジュールではなく、含水率の程度に応じて温度変化が自動的かつ連続的に行われる連続変化型含水率スケジュールによって制御されます。写真3はシステムの制御をつかさどるコントローラとディスプレイ、乾燥日誌を打ち出すプリンター、図3は自動制御系統図です。

乾燥スケジュールの決定は、樹種別乾燥スケジュール用磁気カードを使用する方法を採用していますが、これは乾燥担当者のコンピュータアレルギーを考慮してこのような方法にしました。すなわち、キャッシュカードに似た磁気カード（樹種名入り）をコントローラの磁気カードリーダーに読みこませることにより乾燥スケジュールを決定し

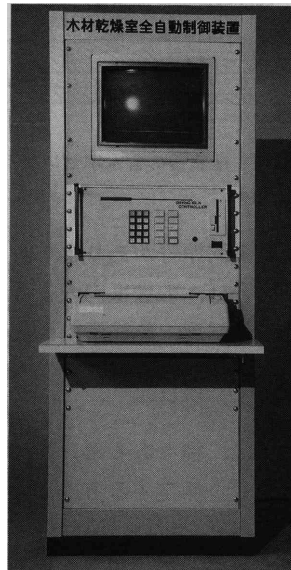


写真3 全自動制御装置

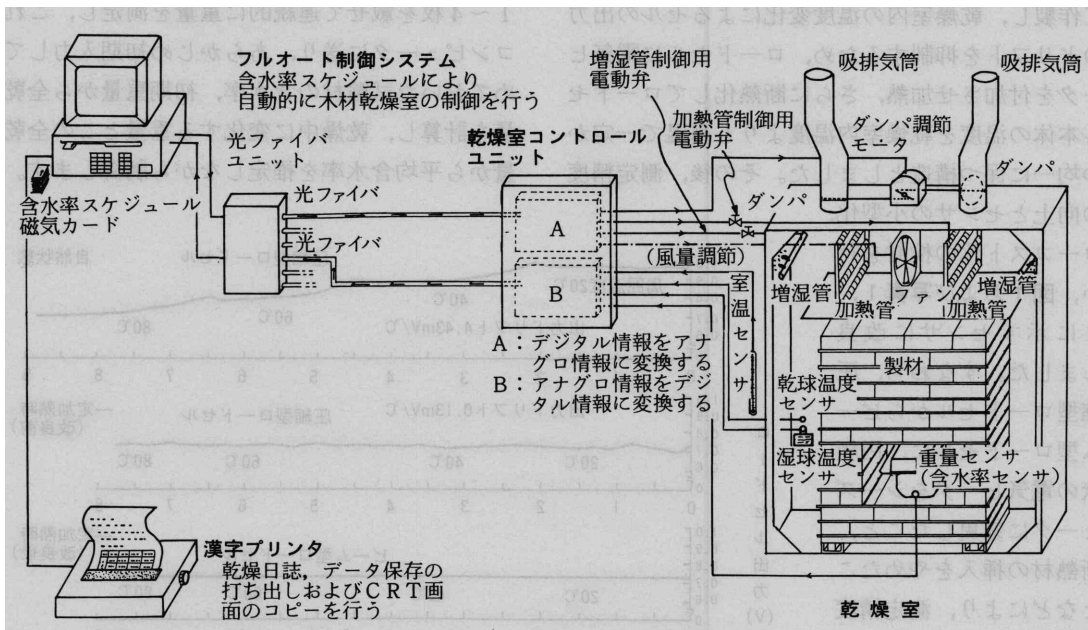


図3 乾燥室自動制御系統図

った磁気カードを入力させることにより、乾燥スケジュールはコントローラのメモリから自動的に選択されます。この場合、1樹種で緩やか、普通、厳しいの3条件が準備されているので、初期設定に際して被乾燥材に最も適した条件を選択します。また、それぞれの企業で独自の乾燥スケジュールを持っている場合、そのスケジュールをコントローラに容易に入力することもできます。

次に、初期設定は、コントローラのディスプレイとテンキーにより対話方式で行います。すなわち、ディスプレイモニターにできる問いに各項目をテンキーにより入力します。乾燥の制御に必要な項目は、(1)初期含水率、(2)仕上がり含水率、(3)初期重量(4)被乾燥材の厚さ等ですが、この乾燥本工程のほか、(1)調湿処理(イコーライジング、コンディショニング)、(2)初期蒸煮、(3)冷却等を行うか否か、また(4)乾燥日誌の打ち出し(1回/日)を実施するかどうかの選択を行います。

乾燥開始後は自動的にディスプレイモニターに乾燥経過が刻々と表示されます。すなわち、経過時間ごとの含水率、乾球温度、湿球温度、相対湿度(または平衡含水率)の4項目がグラフで表示されますので、遠方での管理が十分行えます。また同モニターにはデータとして乾燥経過、含水率、試験材重量、設定乾湿球温度、乾燥室内の現在乾湿球温度、平衡含水率、相対湿度、現在工程、時刻等が表示されます。したがって、初期設定運転開始、以後は乾燥終了まで完全自動(無人)で制御できます。さらに、乾燥室内の状態把握および制御は離れた場所からも行うことができ、その間は光ファイバケーブルで接続しています。この光ファイバケーブルは通常のケーブルに比較して、コンパクトでかつ電氣的ノイズによる制御の乱調が少なくなることから、工場内外で使用されている多くの機器からのノイズの影響を受けなくなる利点があります。

1988年 2月 5日 11時 28分	樹種: ハルニレ	DBT (設): 0.0	T (設): 0.0
乾燥室No.: 2	初期含水率: 115.0%	(現): 24.5	(現): 7.4
工程: 終了	仕上がり含水率: 8.0%	WBT (設): 0.0	RH (設): 100.0%
厚さ: 37 (mm)	含水率: 8.8%	(現): 17.2	(現): 47.5%
経過時間: 263時07分	重量: 56 g	外気: 14.5	EMC (設): 0.0%
			(現): 8.7%

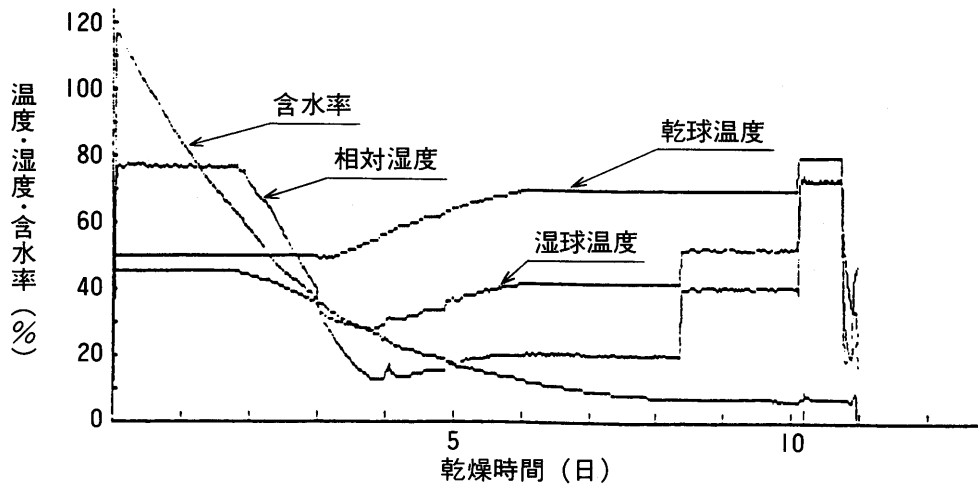


図4 ハルニレ厚板材の乾燥経過(ディスプレイモニターグラフ)

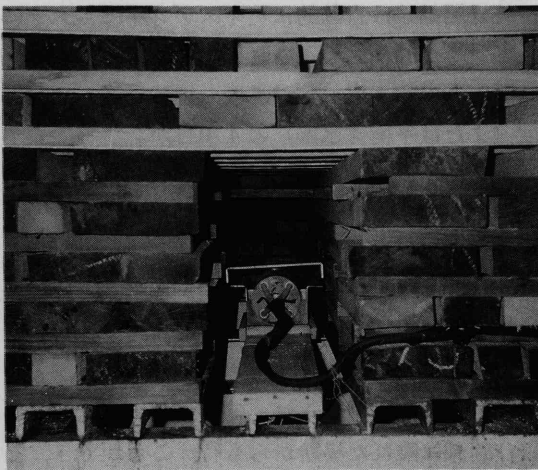


写真4 含水率センサを棧積み台車内に
セットした場合

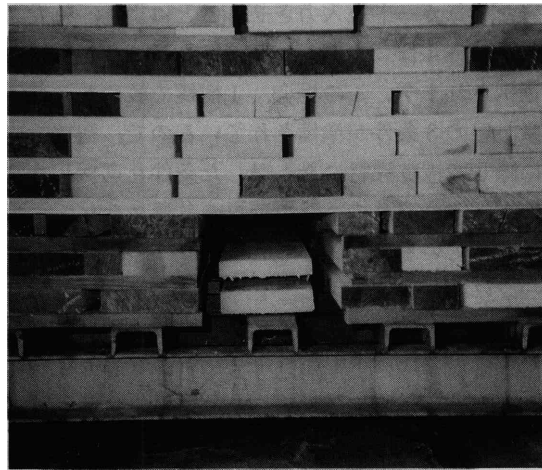


写真5 含水率センサを棧積み台車内に
セットした場合

実用化試験

本システムにより多くの実用化試験を行っていますが、図4に試験結果の一例を示します。乾燥装置は側部送風式、蒸気式1・F型乾燥装置（ヒルデブランドKK社製、約2.2m³入り）を使用し、供試材はハルニレ厚板（厚さ37mm）を用いました。図は乾燥制御終了時のコントローラのディスプレイモニターです。初期含水率115%のハルニレ厚板が目標含水率の約8%まで調湿工程も含めて約11日間で順調に乾燥されています。また一般的には木材乾燥の場合、1日24時間の連続運転が主流ですが、実際には夜間の管理は十分行われていないのが実情で、夜間の含水率測定および温湿度条件の変更等せいぜい行われていても1回程度です。したがって、図からも明らかなように本システムで乾燥することにより通常の場合より大きな乾燥時間の短縮（約20～30%）が図れるとともに均質な乾燥材が無人で生産できることとなります。

なお参考として、含水率センサを棧積み台車上及び台車内にセットした例を写真4、5に示します。

むすび

本研究のシステムの実用性が実証されたことに

より、木材乾燥における省エネ、省力、省資源化が図られ、乾燥コストの低減化に向けて大きく前進したものと思います。したがって、今後は積極的に業界への普及を図っていきたいと考えます。

なお、最後に本システムの主な特徴を述べますと次のとおりです。

含水率センサに重量法（含まれる水の重量で含水率を測定する方法）を適用して実用化した世界最初の自動制御システムである。

乾燥スケジュールを磁気カードで選択するので、現場での煩雑さとミスを防止できる。

乾燥スケジュールは国産材や主要外国産樹種のほとんどを網羅している。

乾燥スケジュールは従来のステップ型から連続変化型になっているので、それぞれの材に常に最適の条件が与えられる。

コントローラ1台で20室制御できる。

乾燥室から離れた場所にてリアルタイムで乾燥経過の監視ができる。

毎日自動的に乾燥日誌がプリントアウトされる。

（林産試験場 乾燥科）