

連続型自動水分測定装置の開発

中 馬 厚

はじめに

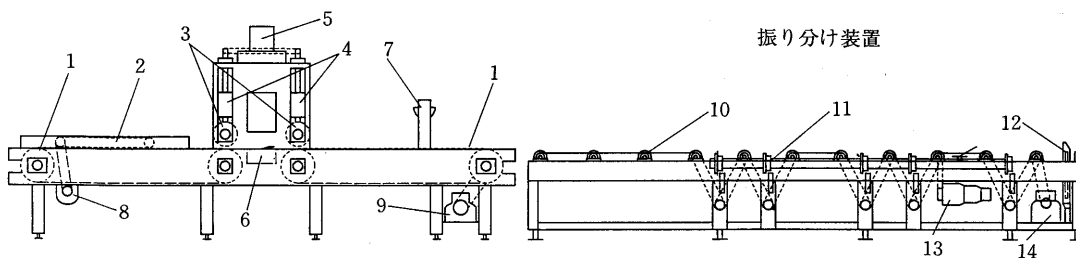
建築材を含め、木材は乾燥してから種々の製品に加工し使用することがもはや常識となってきました。しかしながら、それを使う側では乾燥はされていてもその程度が分からないまま、購入している場合が多いと思われます。木製品の使用環境に応じた適正な含水率（例えば建築用構造材は約17%）に乾燥されていけば問題はありませんが、それからかけ離れた含水率の木材を使った場合、様々な問題（割れ・狂い・隙間など）が生じることは皆さんご承知のとおりです。つまり乾燥材とはただ単に水分が取り除かれた材というだけでは不完全で、その水分が適正量にコントロールされていなければ本来の乾燥材としての価値が発揮されないこととなります。

現在、水分量（含水率）を測定する最も簡単な方法として、ハンディ型の電気式含水率計を使用

することがあげられます。この方法は測定精度の問題がよく議論されますが、比較的簡便に測定することができ、機器の価格も手ごろで一般に多く普及しています。しかし、この方法ではセンサは木材面または材中の一局部のみの含水率を感知しますので、材中に水分のバラツキ（表面と内部・長さ方向）がある場合には大きな誤差を生じる可能性があります。また、センサの種類によって測定値に温度・樹種・機種補正を加えなければならないという取り扱い上の不便さがあります。また、このような計器で大量の製材を一度に処理することは、作業性からみて困難です。

そこで今回、大量の乾燥材の処理を対象として、連続的にしかも精度良く水分チェックが行える汎用性の高い連続型自動水分測定装置の開発研究を行いましたので紹介します。日常、良質乾燥材の供給に努められている企業の皆様方の参考になれ

搬送・水分測定装置



各部の名称

- 1: ベルトコンベア, 2: 幅寄せ用移動定規, 3: 製材押え用昇降ローラ, 4: エアシリンダ, 5: 昇降ローラ用モータ, 6: 水分センサ, 7: マーキングスプレ, 8: 幅寄せ用モータ, 9: コンベア用モータ, 10: ライブローラ, 11: チェーントリッパ, 12: 後方ストップ, 13: チェーントリッパ用モータ, 14: ライブローラ用モータ

図1 連続型自動水分測定装置の側面図

ば幸いです。

連続型自動水分測定装置とは

この装置は連続的に製材を搬送しながら製材の水分を測定し、良材（適正含水率材）と不良材を選別するコンピュータ制御による水分管理システムです。このシステムを構築するための、製材の搬送、水分測定、振り分けなどの工程をコンベアによってライン化させ、全システムは制御部において一括管理させる構成になっています。開発した連続型自動水分測定装置の側面図を図1に示します。

装置の大きさは、搬送・水分測定装置が長さ4,250×幅550×高さ1,680mmで、振り分け装置が長さ4,500×幅900×高さ600mmです。この他に、写真1に示すようなシステム制御部（コンピュータ他）、装置操作デスク、エアコンプレッサなどが設備されています。以下、各部ごとに詳細を説明します。

(1) 搬送部

製材の含水率を精度良く連続的に測定するため、水分測定部前後にはフラットコンベアを設置しました。このコンベアの送材速度は、あらゆる材料の含水率測定に対応でき、あるいは製品の生産調整に対応できるように変速可能（約10～70m/分）となっています。また、水分センサの電極位置に確実に製材を搬送するため、コンベア上の側面には幅寄せ用移動定規（ガイド）を取り付けました。この移動定規の位置設定は、制御部にあら

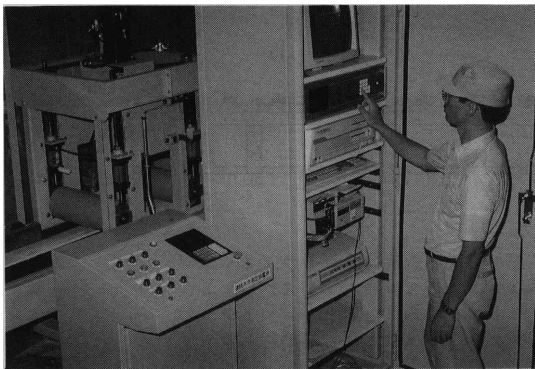


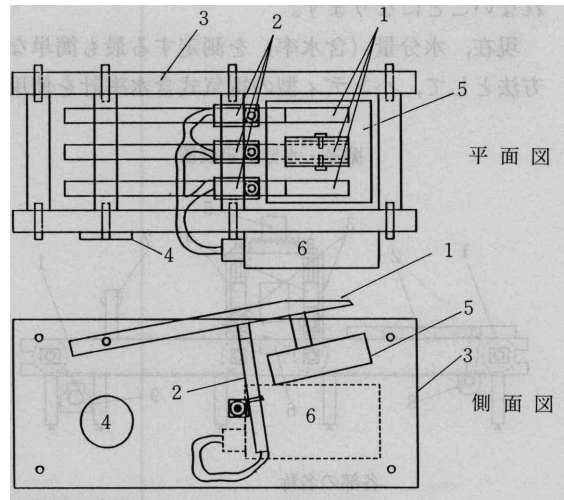
写真1 システム制御部

かじめ製材幅をインプットすることにより自動的にセットされ、若干の微調整が操作デスクのスイッチで可能となっています。測定が可能な製材幅は80～300mmです。

(2) 水分測定部

本装置の心臓部ともいえる含水率センサは、種々のセンサを調査・検討した結果、連続工程に対して最適であること、比較的短期間での開発が可能であることなどの理由から、高周波抵抗式を選び、これを改良することを開発の中心課題としました。またセンサは、測定信号を含水率に変換する水分計測機器（商品規格：HG-100（株）ケット料学研究所製）と結び、これを水分データ処理用の端末機とします。なお、測定環境は常温（約20℃）を前提としますが、高温（人工乾燥直後）や低温（冬季）環境でも測定が可能な温度補正機能をこれに付与しました。

試作した含水率センサを、図2に示します。このセンサの主な仕様は、高周波周波数0.7MHz、陽極幅20mm、陰極幅9mm（陽極の左右に配置）で、各電極には製材面との接触を安定させるため小型エアシリンダを下部に付設しています。センサと移動する木材表面との接触性の良否は、



- 各部の名称
 1. 電極（陽極1，陰極2） 4. 接続コネクタ
 2. エアシリンダ（×3） 5. アンプ
 3. センサ躯体 6. エア調整弁

図2 改良型水分センサ

測定精度に影響を及ぼすものと考えられますが、本装置では各電極が常に一定圧力で木材表面に密着できるという特徴を持っています。つまり各電極は独立してそれぞれに備えられたエアシリンダによって、製材が電極上を通過する間中押し上げられ、材面に一定圧力で接触させるという方式です。これにより、狂いの大きい材や材面が多少粗い時でも、常に安定した状態を維持させることができます。写真2はセンサを測定部に設置した状態です。

さらにセンサの上部には電動式の製材押え昇降ローラを約50cm間隔で配置していますので、電極と材面は均一な接触状態が保たれ、スムーズな連続測定が可能です。これは幅寄せ用移動定規同様、適切な高さに自動設定が可能となっています。昇降ローラの上下移動範囲は10~150mmで、測定の対象となる製材厚さ範囲もこれと同じです。

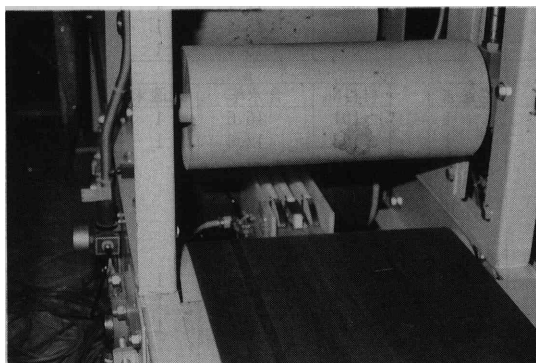


写真2 センサを設置した状態

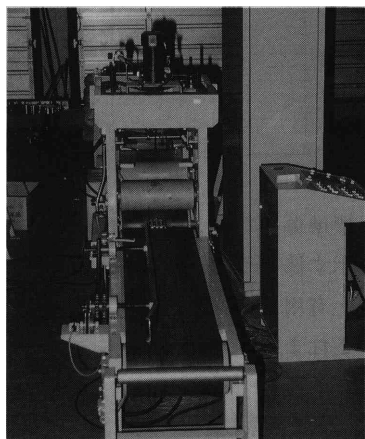


写真3 搬送・水分測定装置

写真3に搬送・水分測定装置を示します。

(3) 振り分け部

製材の含水率測定値を基準含水率範囲と対照させ、その結果から3区分に仕分け、適材（基準含水率範囲内）と判断された製材には材面にマーキングを行う機能があります。3区分とは測定者があらかじめコンピュータにインプットした基準含水率範囲（適正と判断される仕上がり含水率範囲）に対し、過乾燥材（下限設定含水率以下）、適材、未乾燥材（上限設定含水率以上）の3つです。振り分けは直進と左右方向とし、それぞれ任意の方向が選べ、過乾燥・適材をまとめ良材とみなし、良材と不良材（未乾燥）の2方向として仕分けることも可能です。振り分け装置は搬送架台としてライブローラ、左右転送にはチェーントリップを採用しました。直進材はエア式後方ストッパを下げることで得られます。処理速度は搬送可能スピード（10~70m/分）に応じ任意に設定できます。写真4に振り分け装置を示します。

(4) システム制御部

システム制御部は、ホストコンピュータ、ディスプレイ、プリンタ、シーケンサなどから構成されています。水分計測機器からの情報は、搬送装置、振り分け装置を適切に機能させるために、コンピュータに取り込まれます。製材の通過状況はコンペアの各部に配置された光電・近接スイッチで一括管理され、各機能別に指示が与えられます。測定中は表1に示すように材1本ごとの含水率測定値が、ディスプレイ画面に瞬時に表示されます。

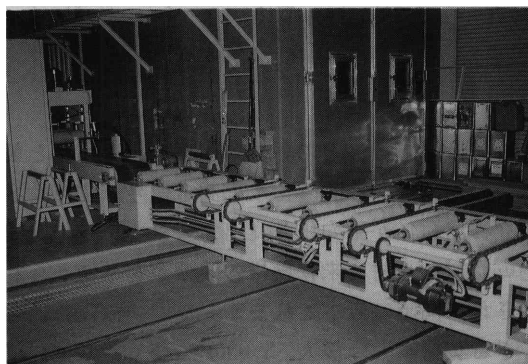


写真4 振り分け装置

表1 全データの水分測定結果表示例

連続水分測定装置結果

PAGE : 1
DATE : 1990-10-04
FILE : 2

EZO. TODO
材厚 : 25 (mm)
材幅 : 150 (mm)
材長 : 3700 (mm)
天乾期 : 0 / 0 - 0 / 0
人乾期 : 1 / 10 - 1 / 17
設 定 含 水 率 : 12.0% - 18.0%

2 号 室

材料No.	含水率	過適未
1	14.1	1
2	8.6	1
3	10.8	1
4	14.6	1
5	17.3	1
6	9.7	1
7	15.4	1
8	13.8	1
9	14.9	1
10	12.9	1
11	10.6	1
12	11.3	1
13	14.0	1
14	15.3	1
15	11.3	1
16	13.3	1
17	10.5	1
18	12.9	1
19	11.4	1
20	12.3	1

材料No.	含水率	過適未
21	13.4	1
22	5.1	1
23	17.5	1
24	12.6	1
25	17.9	1
26	13.4	1
27	18.1	1
28	13.4	1
29	14.8	1
30	16.1	1
31	18.6	1
32	19.1	1
33	30.6	1
34	16.9	1
35	33.6	1
36	18.2	1
37	23.2	1
38	21.7	1
39	20.2	1
40	13.1	1

材料No.	含水率	過適未
41	11.8	1
42	11.9	1
43	11.5	1
44	10.0	1
45	15.6	1
46	4.6	1
47	12.4	1
48	15.8	1
49	15.4	1
50	17.8	1
51	15.8	1
52	14.8	1
53	25.0	1
54	16.1	1
55	19.3	1
56	28.3	1
57	14.9	1
58	17.1	1
59	15.4	1
60	15.4	1

材料No.	含水率	過適未
61	15.4	1
62	21.6	1
63	18.8	1
64	30.9	1
65	15.8	1
66	8.9	1
67	13.4	1
68	19.9	1
69	12.9	1
70	18.1	1
71	17.6	1
72	12.4	1
73	12.4	1
74	28.5	1
75	23.6	1
76	28.0	1
77	25.1	1
78	22.4	1
79	25.3	1
80	19.9	1

材料No.	含水率	過適未
81	29.1	1
82	22.8	1
83	19.1	1
84	40.1	1
85	19.3	1
86	22.6	1
87	32.0	1
88	15.4	1
89	17.9	1
90	13.9	1
91	15.9	1
92	20.8	1
93	13.9	1
94	13.8	1
95	23.4	1
96	20.4	1
97	34.3	1
98	15.4	1
99	16.9	1
100	20.4	1

材料No.	含水率	過適未
101	16.6	1
102	12.6	1
103	10.9	1
104	10.2	1
105	10.0	1
106	8.6	1
107	10.8	1
108	13.9	1
109	14.5	1
110	13.1	1
111	24.3	1
112	12.7	1
113	12.2	1

この値は材1本ごとの平均含水率で、センサと製材が接触している間の含水率測定信号（常時約8回/秒出力）が平均化され出力します。この時、過乾燥材・適材・未乾燥材の区分が基準値から判断され、同時に表示されます。1回の測定で処理できる製材本数は最大、5,000本です。その他、測定後は「総合」と「3区分」別に累積本数、平均

含水率、標準偏差などの集計結果、ならびに含水率分布を示す棒グラフが得られます。これらは、水分管理上有用な情報としてメモリされ、品質管理に生かされます。

本装置の測定精度

測定試験の対象樹種は北海道における建築用材、

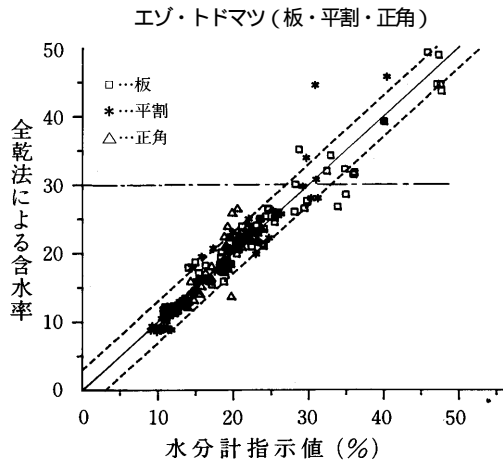


図3 連続水分測定試験結果

すなわちエゾ・トドマツの針葉樹材としました。材種は板、平割、正角材で、それぞれ厚さ25, 50, 120mmの3種類です。材幅は120および150mm, 材長は, 3,700mmです。

測定精度試験として、まず実用化ラインを想定して連続水分測定を行い、測定終了後ただちに長さ方向に等間隔で長さ2cmの試片を10片ずつ採取します。採取した試片は全乾法によって含水率を求め、材1本の平均含水率を算出し、連続水分測定によって得られた平均含水率と比較し、精度を検討しました。なお、測定環境は常温で、搬送速度は25~30m/分の間で実施しました。

試験結果は図3に示すとおりです。これは樹種・材種の区別なくまとめた測定精度を示す相関図で、横軸は水分計指示値、つまり本装置を用い連続測定で得られた平均含水率値を、縦軸は全乾法による含水率、すなわち「真の含水率」を示します。また斜めの実線はこの両者が等しい場合を、斜め破線はそれぞれ全乾法含水率に対し水分計指示値が $\pm 3\%$ の範囲を示しています。

これより計算処理の対象を乾燥材（全乾法含水率30%以下：本数220本）とすると、平均誤差は（水分計指示値 - 全乾法含水率）- 0.03%、標準偏差1.90%、相関係数0.94となり、相関性の高い良

好な結果が得られました。また、測定誤差の出現頻度を正規分布と仮定し、その平均値の信頼区間を推定した結果、信頼度95%において測定精度は $\pm 1\%$ 以内となり、十分高い精度が得られたものと認められます。ただし、高含水率材や材厚が大きくなる場合、内部水分のバラツキも大きくなるため精度は低下することが確認されました。しかし、一般建築用の乾燥材を対象とすれば、本装置は実用上十分な測定精度を有するものと判断できます。

おわりに

乾燥材の水分管理技術は木製品の品質管理上、今後ますます重要な工程に位置付けられてくるものと考えられます。これは乾燥材使用が必須条件となった今日、木材が他の工業製品と競合し生き抜くために、これから当然備わべき付帯技術と認識できるからです。事実、ここ数年前から全国各地で、水分グレーダの研究開発が積極的に進められており、市販水分計の見直し、また、含水率計の性能基準による認定事業（日本住宅・木材技術センター）が推進されるなど、まさに全国規模で水分管理技術に対し関心が集まっています。

しかし水分管理技術を、単に含水率を正確に求めるための技術開発だけに収束させたのでは、目的とする品質向上には十分には達成できないものと思われます。木材の吸放湿特性を理解した上で、製材直後から製品運搬までを一貫した水分管理工程としてとらえ、各企業の特徴を生かしながらより良い乾燥材を生産していただきたいと思います。本装置はこれで一応の完成となったわけですが、これらのことに十分配慮しながら、改良すべき点や、新たな乾燥工程として自動化技術の開発（例えば自動棧積み機）など、高品質化・作業性の改善に向け今後さらに検討を続けて行きたいと思えます。

（林産試験場 乾燥科）