

連続水分測定装置の開発

- ナラ薄板への応用 -

近藤 佳秀

はじめに

木材の含水率を把握し、必要な値に保つことは、製造後の木製品の寸法安定化をはかるうえで大変重要です。含水率の管理は原木段階から製材、乾燥、養生、加工の各工程においてきめ細やかな配慮が求められますが、とりわけ乾燥後の含水率チェックが重要です。残念ながら現在の乾燥技術では大量の木材を一度に乾燥した場合、仕上がり含水率にバラツキが出てしまいます。製品となった後の収縮・膨潤に伴うトラブルを防止するには、均質な部材を供給する必要がありますが、このためには乾燥後の含水率を全数について測定して選別しなければなりません。

全数検査を目的として、林産試験場では平成2年度に針葉樹構造材用の連続型自動水分測定装置を開発しています¹⁾。

一方、近年、住宅やオフィス、学校などの高气密化が進み、暖房事情が改善されていますが、これに伴って冬場の室内の空気は非常に乾燥した状態になっています。木製フローリング、木製家具などは条件によっては含水率が4%程度まで下がるなど、従来に比べ厳しい条件で使われることもしばしばとなっています²⁾³⁾。このような使われ方をされる木材においては収縮・膨潤に伴うトラブルが発生しやすく、製品の含水率管理をより厳しく実施する必要があります。

針葉樹構造材用の連続型自動水分測定装置でフローリング、家具などに使われる広葉樹製材の含水率を測定するには、いろいろな問題点があり、そのままでは使用できませんでした。そこで、含水率管理について最も厳しいと考えられる木製単層フローリングを測定対象と決めて問題点を洗い出し、いくつかについて解決しましたので、詳細を紹介します。

連続水分測定装置の概要

図1は連続水分測定装置の側面図です。装置は大きく三つの機能部品からできています。導入部は測定される乾燥材がセンサに対して正しい位置関係を保つように案内しながら、ベルトコンベアで材をセンサ部に送り込みます。センサ部は株式会社ケット科学研究所製高周波抵抗型水分計HG-100をベースに独自の改造を施したセンサにより材の含水率を測定します。振り分け部はセンサ部の測定結果に従って材を任意の方向に振り分けます。また、全体の動作はコンピュータにより制御されています。

連続型自動水分測定装置の問題点

針葉樹構造材用に開発された装置を広葉樹薄板に応用するうえでどのような問題点があるかを見極めるため、まずは装置を改良せずに広葉樹薄板を測定しまし

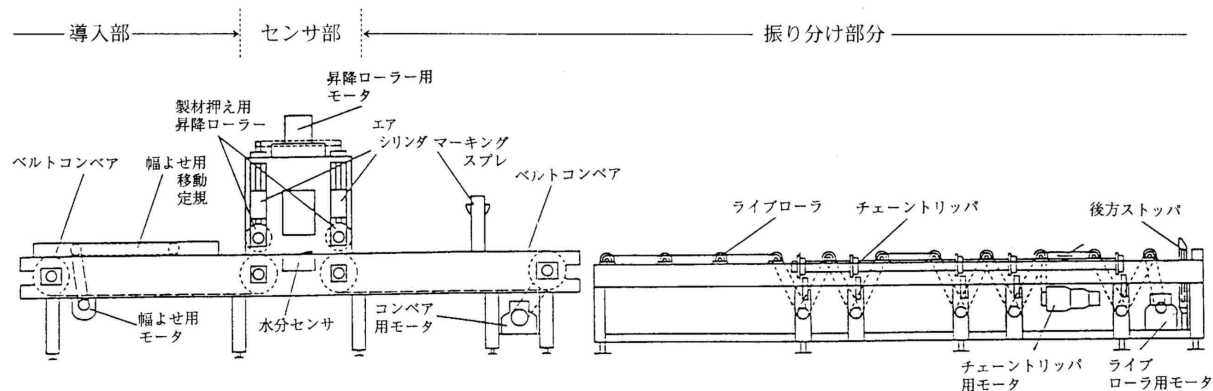


図1 連続水分測定装置の側面図

た。改良後も同じ試験を行って、改良の成果を確かめました。

試験の対象樹種は北海道の代表的な広葉樹であるミズナラとしました。薄板は、材長240cm、径級30cm以上2等のナラ丸太から板目に製材して、4種類の断面寸法10×80mm、10×160mm、20×80mm、20×160mm（いずれも製材時）に仕上げました。

仕上がり含水率を4種類の断面それぞれについて、5、10、15%の3段階に分けて乾燥しました。乾燥機から取り出した後、常温に冷ますために一晩放置しました。連続水分測定装置で計測した薄板は直ちに長手方向に5cm間隔で切断し、全乾法により長手方向の含水率分布を測定しました。連続水分測定装置で測定した含水率と全乾法による含水率を比較して連続水分測定装置の測定精度を評価しました。

この結果、次のような問題点が判明しました。連続

水分測定装置で測った含水率と全乾法で測った含水率を区別するために、前者を出力、後者を含水率と呼ぶことにします。

出力が全体に小さく、また、それぞれの板材について長手方向の含水率分布と出力分布の相関が低かった。含水率センサの陰極の形状による制約で幅80mmの板材が測定できなかった。

出力にノイズがのり、零点（板材が無いときの出力）が安定しなかった。

以下はセンサ以外の改良すべき点です。

測定開始検知用の光電スイッチが厚さ10mmの板材を正しく検知できなかった。

幅定規の制約により、幅100mm以下の板材を正確にセンサ電極に導くことができない。

ライブローラ制御アルゴリズムが不適切なため、正

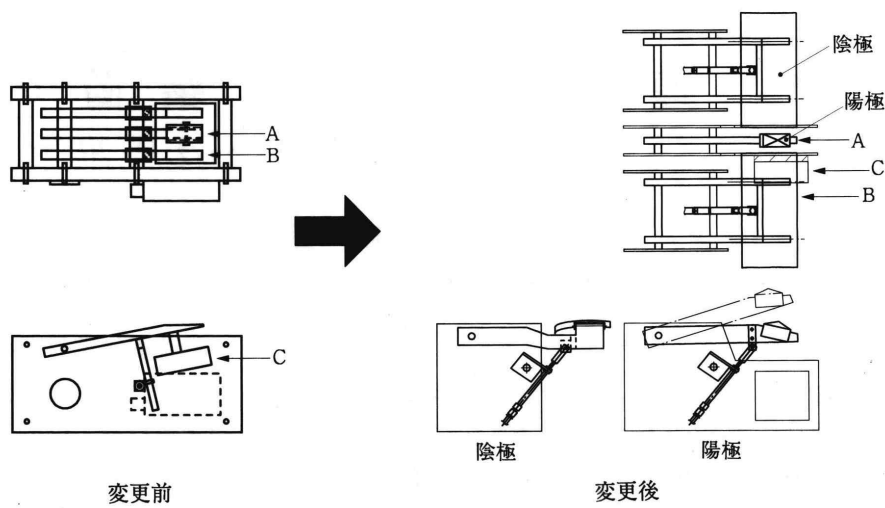


図2 水分センサ電極の変更

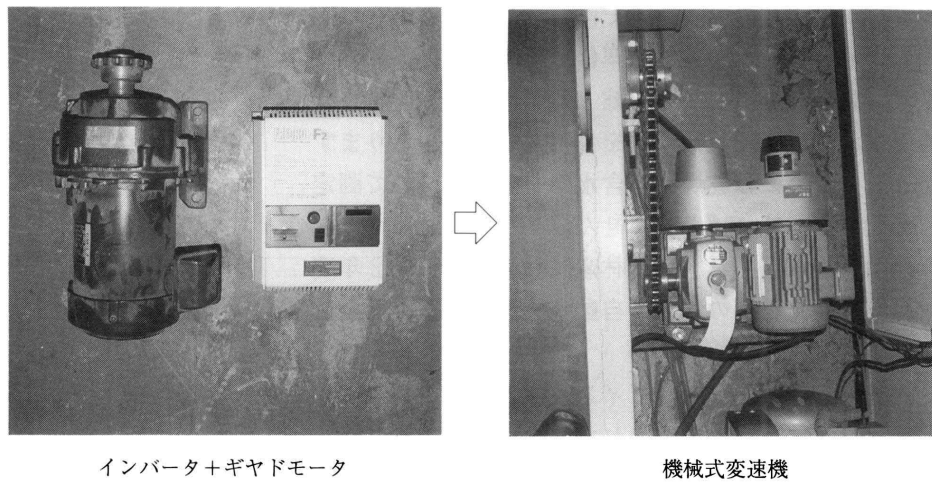


写真1 ベルトコンベヤ駆動装置の変更

しく振り分けられない。

連続水分測定装置の改良

先に述べた問題点について、次のように解決策を考えて改良を施しました。

については、材と含水率センサの陽極の接触が悪いことが主な原因と考えられました。陽極の形状を先端のとがったピラミッド状とし、エアシリンダにかける圧力を最適化することでより正確に材を追従できると考えました（図2の矢印A）。従来のスリッパ型の電極に比べ見かけの接触面積は少なくなり、出力が下がることが懸念されますが、正確に追従することを第一と考えました。接触圧が増えることで実質の接触面積は増え、かえって出力は増加すると期待しました。

については、陰極と陽極を近づけることで解決し

ますが、従来の陰極では陽極との間にできる電磁場が狭くなり、断面が大きな材の内部の水分が測りにくくなります。陰極を大きくして、陰極と陽極の間にできる電磁場を安定させ、電磁波が内部まで届くように材の端で陰極を接触させるよう考えて、図2の矢印Bのような形状としました。材の幅が変わると陽極と陰極の接触間隔が変化するので、同じ含水率であっても、材の幅で出力が変わることが懸念されました。

については、センサ基盤が、上下動する陽極に固定されていることで受ける振動と、ベルトコンベアを制御しているインバータが発生する電磁ノイズの両方が考えられました。振動を受けないようにセンサ基盤を陽極から分離して、筐体にフローティングマウントしました(図2の矢印C)。また、電磁ノイズが発生しないようにインバータ制御を止めて、プーリ式の機械制御としました(写真1)。

については、光电スイッチの配置を変え、材を斜めに横切る光で検知することにより、厚さに関わらず正しく検知できるようにしました(図3)。

については、現在検討中です。

については、図4で示したように建築用の3,650mmの材では1本目の材を振り分ける時、2本目の材はまだ測定中なので1本目の合否判定が生きており、正しく振り分けられていました。しかし、今回使用した2,400mmの材では、2本目の合否判定が終わってから1本目の振り分けが始まるので、2本目に対する判定で1本目が振り分けられてしまいました。そこで、ライブローラ制御アルゴリズムに時間遅延ループを追加して、1本目がライブローラに届いたときに1本目の合否判定が届き、正しく振り分けられるようにしました。改良により、前述した問題点のうち、
、
、
は解消しました。については、前述した理由で出力の向上は果たせませんでした。改良前と同レベルの出力が得られ、相関に関する問題点についてはほぼ解消しました。

改良後の測定精度評価

改良した装置で改良する前と同じ試験を行い、測定精度を評価しました。測定結果を図5に示します。横軸は全乾法による含水率を、縦軸はこの装置で得られた平均含水率値を示します。斜めの実線はこの両者が等しい場合で、すべての測定値がこの線上にあることが理想です。斜めの2本の破線は全乾法による含水率に対して水分計の指示値が±3%の範囲を表しています

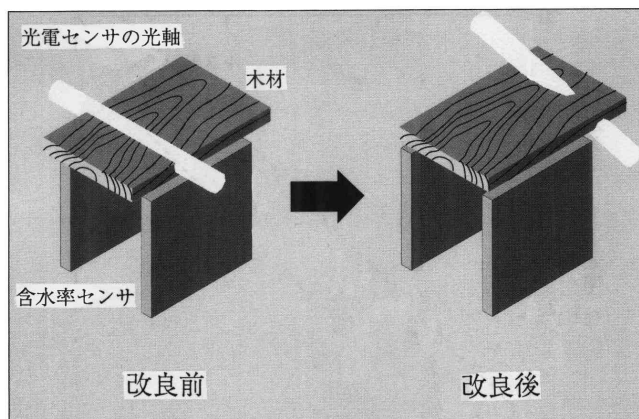


図3 光电センサの光軸の変更

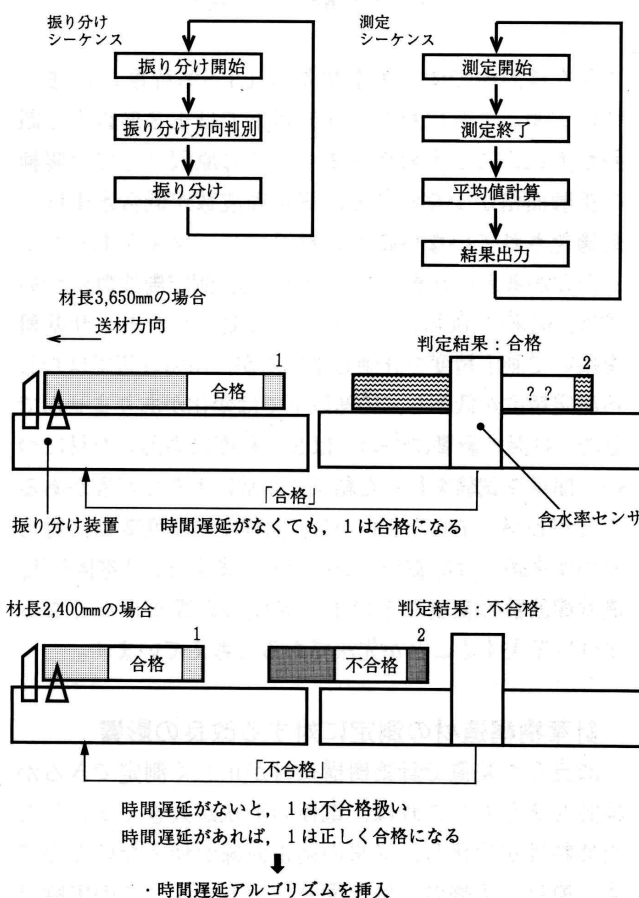


図4 振り分けシーケンスの改良

す。図には断面形状の区別無くすべての測定データを表示しています。この図から含水率15%近辺では断面形状の影響も少なく精度良く測定できることがわかります。前項で懸念した材の幅による出力の変化という問題が発生しなかったわけですが、この理由について

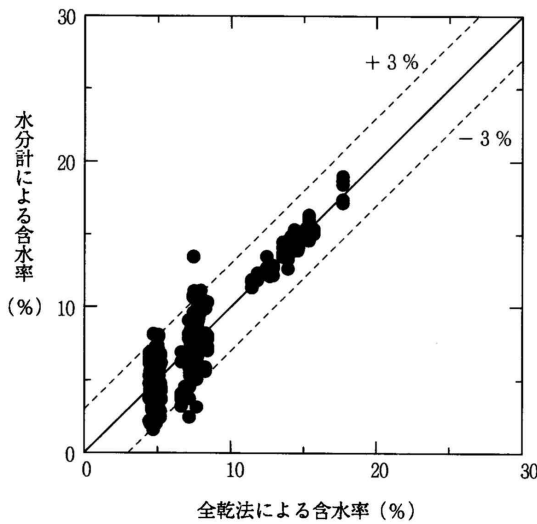


図5 ナラ薄板の測定精度

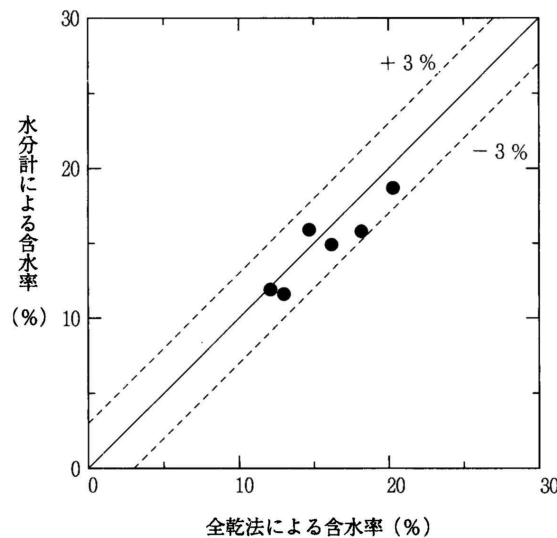


図6 トドマツ正角材の測定精度

は現在検討中です。測定誤差は $\pm 1.5\%$ 程度に収まっています。これに対して10%以下では $\pm 3\%$ 以上と誤差が大きいこともわかります。この原因としては陽極の接触面積が少ないこと、測定周波数が低含水率域に最適化されていないこと、材温にバラツキがあったことなどが考えられました。このうち、測定周波数については、従来の700kHzから1MHzに変更したセンサ基盤を用いて測定精度を評価しましたが、15%付近ではむしろ測定精度が低下し、10%以下では変化がありませんでした。材温の影響については8%程度に調湿した材について簡単な試験を行った結果、非常に大きな影響があることがわかりました。しかし、同程度の温度変動に対して15%付近では影響が少ないため、まずセンサ電極形状、測定周波数の変更などにより温度の影響が少なくなるように工夫することが先決であると考えています。

針葉樹構造材の測定に対する改良の影響

改良した装置で針葉樹構造材が正しく測定できるか検証しました。これは、電極の形状が大きく変化したため特性が変化し、従来の補正曲線が使えないためです。簡単な実験の一例を図6に示します。この実験では6本のトドマツ正角高温乾燥材について最も重要な15%付近の測定精度を確認したものです。針葉樹構造材では誤差が $\pm 3\%$ 以内であれば実用上差し支えないと考えられますので、測定精度については十分であると判断しました。ただし、補正曲線については改めて設定し直す必要があります。

おわりに

連続水分測定装置のような含水率を測定し、仕分けをする装置（水分グレーダ）はすでにいくつかの企業が製品化し、木材加工会社に納入され稼働しています。水分グレーダを購入した所では積極的に水分計のノウハウを吸収し、自社の製品の品質向上に役立てています。しかし、操作の煩雑さや、測定値に対する不安から運用を止めた所も出ています。木材の水分を測ることの難しさを感じますが、木材が他の工業製品と競合し生き抜くためには、含水率管理技術を含めた乾燥技術、木材の特性に対する知識ときめ細やかな配慮が必要です。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含水率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。これらのことに十分配慮しながら、連続水分測定装置をさらに改良していくことはもちろんですが、一歩進んでさらに精密な水分の非破壊測定技術、たとえば含水率傾斜などの非破壊測定法の開発など、高品質化・作業性の改善に向け今後さらに検討を続けていきたいと思っています。

参考資料

- 1) 中嶋 厚：林産試だより，7月号，ウッドエイジ．
- 2) 中嶋 厚：林産試だより，10月号，2-5（1997）．
- 3) 伊藤洋一：日本木材学会北海道支部講演集，第30号，19 - 21（1998）．

（林産試験場 製材乾燥科）