

熱伝導率計による木材含水率の推定

山之内 清 竜

熱伝導率計を利用した木材の含水率推定の有効性、および熱伝導率計の木材含水率センサーとしての実用性について検討を行った結果、比重・熱伝導の方向性と温度を一定にした場合、繊維飽和点以上、以下とも含水率の増加にともない熱伝導率は増加し、その時の(1)式のk値は繊維飽和点以下で0.017、繊維飽和以上では0.006となる。また、現時点での熱伝導率計の木材含水率センサーとしての実用性は低いと思われる。

1. はじめに

木材を利用する場合、使用する木材の含水率を把握することは、最も基本的かつ重要なことである。現在、木材含水率の測定法には、全乾法、抽出法、湿度による方法、電気的測定法などがあるが、一般的に学術研究では全乾法、現場では電気的測定による方法が多く使われている。¹⁾また、木材乾燥では、スケジュールサンプル材の含水率測定には全乾法、仕上がり含水率の測定には電気的測定が多く用いられている。さらに最近研究が行われている木材乾燥の自動化^{2) 3) 4) 5)}を含水率スケジュールで行う場合、乾燥中の木材の含水率経過をオンラインでより正確に把握する必要から、含水率センサーとしてロードセル⁶⁾や高周波容量式含水率計⁷⁾などが考えられる。しかし、いずれも現時点では信頼性、実用性を満足するまでには至っていない。今後、簡易にしかも正確に木材の含水率を測定できるセンサーの開発が待たれるところである。

今回は、熱伝導率計を利用した木材の含水率推定の有効性、さらに熱伝導率計の木材含水率センサーとしての実用性について検討を行った。

2. 実験方法

供試材はコジイ（全乾比重0.61）で試験材の寸法は厚30mm、幅100mm、長さ1000mm、6本である。このうち2本をサンプル材として表1の乾燥スケジュールで乾燥を

表1. 乾燥スケジュール

含水率 (%)	乾球温度 (°C)	湿球温度 (°C)
～ 60	45	42.5
60 ～ 50	45	42
50 ～ 40	45	41
40 ～ 35	45	41
35 ～ 30	50	45
30 ～ 25	50	44
25 ～ 20	55	44
20 ～ 15	60	40
15 ～	70	42

行った。乾燥中の試験材4本から厚み方向に6等分したスライス試片（厚4mm、幅30mm、長さ100mm）をそれぞれ随時採取した。採取した試片は重量測定後すぐにビニールで包み、試片の材温が約30°Cになった時点で、熱伝導率計で繊維と直角方向の熱伝導率を測定し、その後全乾法で含水率を求めた。使用した熱伝導率計は昭和電工社のShotherm QTM-D II迅速熱伝導率計（非定常熱線法、プローブ法、熱伝導率測定範囲0.002～10kcal/(m・h・°C)、測定温度範囲-10～200°C)である。

3. 結果及び考察

20°Cにおける乾燥木材の熱伝導率は、繊維方向で0.2～0.3kcal/(m・h・°C)、繊維直角方向で0.1～0.15kcal/(m・h・°C)である。これに対して空気の熱伝導率は0.02kcal/(m・h・°C)、水の熱伝導率は0.5kcal/(m・h・°C)であるため、木材の熱伝導率は木材の比重や含水率、その他熱伝導の方向性、温度などの影響を受ける。⁸⁾

そこで比重：0.61、熱伝導の方向性：繊維直角方向、温度：30°C～50°Cとこれらのパラメータを一定にしたときの熱伝導率と含水率の関係を、繊維飽和点以上について図1に、繊維飽和点以下について図2に示す。

繊維飽和点以上、以下とも含水率の増加にともない熱伝導率は増加しており、熱伝導率の把握により木材含水率を推定する一応の目安にはなるが、ばらつきがみられる。これは図3でみられるように熱伝導率センサーは被測定物のごく表面層の影響を大きく受けるのに対し、今回測定した熱伝導率は、厚み方向に水分傾斜のある試験材から採取したスライス試片の片面だけを測定したためと思われる。

一般に、木材の熱伝導率と含水率の関係は次のような実験式が示されている。

$$\lambda_2 = \lambda_1 \{1 - (k(u_1 - u_2)) \dots (1)^9\}$$

[kcal/(m・h・°C)]

ただし、 λ_1 、 λ_2 ：含水率 u_1 、 u_2 の時の熱伝導率
kの値は含水率の範囲で異なり、繊維飽和点以下では

0.007~0.018(平均0.012)、繊維飽和点以上では0.005~0.011(平均0.008)が用いられている。⁸⁾

そこで、今回得られた繊維飽和点以上および以下の

含水率と熱伝導率の回帰式から(1)式のk値を求めると繊維飽和点以下では0.017、繊維飽和点以上では0.006となる。

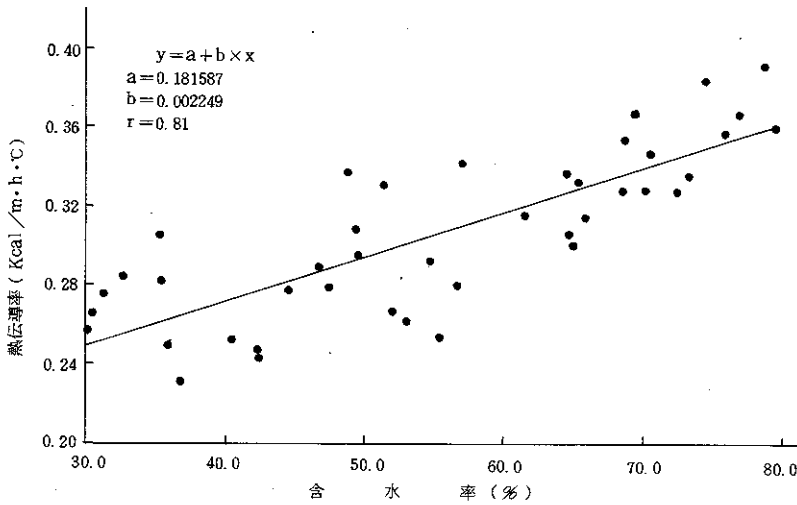


図1 繊維飽和点以上の熱伝導率と含水率の関係

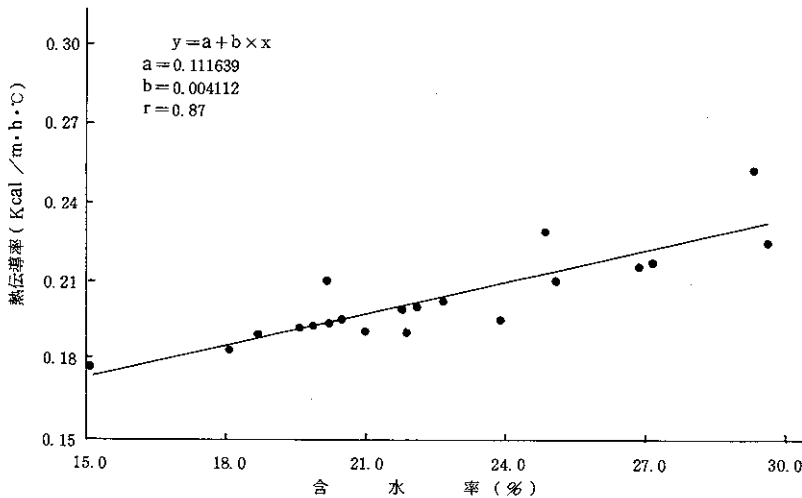


図2 繊維飽和点以下の熱伝導率と含水率の関係

4. 木材含水率センサーとしての実用性

今回使用した非定常熱線式熱伝導率計を、木材含水率センサーとして用いた場合の実用性について検討すると、以下のとおりである。

a. 木材の熱伝導率は熱伝導の方向性、温度、木材の比重などの影響を受けるため、測定が複雑で困難さを伴う。

b. 予め被測定物の熱伝導率区分けによって試料寸法が決まっているため、測定できる材厚に制限がある。

c. 今回測定した熱線式熱伝導率計では、被測定物の

ごく表面層の測定を行っているため材の内部までの測定は難しい。

d. 測定時におけるセンサー部の熱線の温度上昇が約20°Cあるため、オンラインで利用すると加熱により表面層の含水率が変化する可能性がある。

e. 装置が比較的大型で高価である。

f. 測定時間に60sec.要し、従来の電気式含水率計に比べ測定時間が長い。

以上等の問題点があり、現時点では熱伝導率計の木材含水率センサーとしての実用性は低いと思われる。

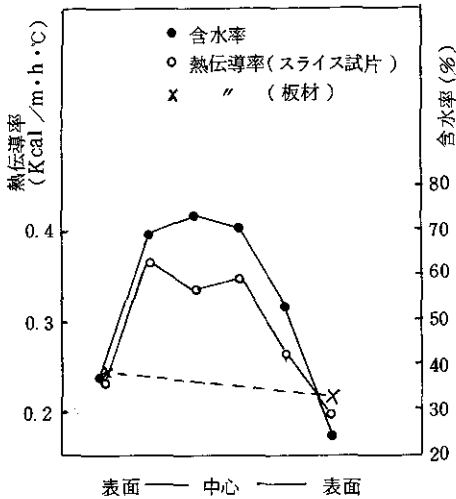


図3 板材とスライス試片の熱伝導率

5. おわりに

熱伝導率計を利用した木材の含水率推定の有効性および熱伝導率計の木材含水率センサーとしての実用性について検討を行った結果は以下のとおりである。

- 1) 比重、熱伝導の方向性、温度を一定にした場合、繊維飽和点以上、以下とも含水率の増加にともない熱伝導率は増加する。
- 2) 今回得られた繊維飽和点以上および以下での含水率と熱伝導率の回帰式から(1)式のk値を求めると繊維飽和

以下では0.017、繊維飽和点以上では0.006となる。

3) 現時点での熱伝導率計の木材含水率センサーとしての実用性は低いと思われる。

6. 文 献

- 1) 例えば日本木材学会・物理・工学編編集委員会：木材科学実験書、中外産業調査会、p113、(1985)
- 2) 久田卓興他1名：コンピュータによる木材乾燥装置の制御、第35回日本木材学会大会研究発表要旨集、p78、(1985)
- 3) 信田聡他2名：コンピュータによる乾燥の自動化（第1報）連続変化型含水率スケジュールの検討、第36回日本木材学会大会研究発表要旨集、p277、(1986)
- 4) 同上：コンピュータによる乾燥の自動化（第1報）、自動化の考え方と試作システムの概要、北海道林産試月報、No.415、p1～p11、(1986)
- 5) Robert L. Little：For. Prod.J., 36, p72-74 (1986)
- 6) 久田卓興：高周波式含水率計の測定精度調査、木材工業、41、p24-27 (1986)
- 7) 信田聡他2名：コンピュータによる乾燥の自動化（第1報）ロードセル方式による制御試験、第37回日本木材学会大会研究発表要旨集、p86、(1987)
- 8) 例えば伏谷賢美外8名：木材の物理、p199-204、文永堂 (1985)
- 9) Kollmann, F., L. Malmquist：Holz als Roh-, 14, 6 (1956)