

機関番号：82105

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21780170

研究課題名（和文） 最適な木材乾燥条件および炭化条件を決定するための新荷重計の開発

研究課題名（英文） Development of a new type load cell for wood drying and charcoal making

研究代表者

久保島 吉貴 (KUBOJIMA YOSHITAKA)

独立行政法人森林総合研究所・木材特性研究領域・主任研究員

研究者番号：40353669

研究成果の概要（和文）：

2枚の電極板を4本のコイル状のばねで支持し、電極板に設置した荷重の増減でばねが伸縮し、その結果変化する電極間距離を電気容量によって検出する方式の電気容量式荷重計を試作した。加熱温度は120℃-900℃とした。その結果、30kHz-100kHzの範囲で電気容量の交流周波数および温度依存性が小さかった。また、乾燥による試験体重量の減少に伴い電気容量が減少した。さらに、加熱初期の乾燥器および炭化炉の温度が上昇している過程においては、従来の歪みゲージ式荷重計では歪みの温度ドリフトが存在したのに対し、本荷重計では電気容量の変化があまり観察されなかった。

研究成果の概要（英文）：

A new type load cell was manufactured as an experiment. Two plates supported by four springs were used for electrodes of the load cell. The change in a weight placed on the load cell caused the change in the distance between two plates. Consequently, an electric capacitance between two plates changed. Thus, the weight could relate to the electric capacitance. The heating temperature was 120C-900C. Dependence of the electric capacitance on frequency of an alternating current and that on heating temperature were small in the range of 30kHz-100kHz. When the weight of a specimen decreased during drying, the electric capacitance decreased. In the initial stage of heating when the temperature was rising, the electric capacitance slightly changed, while strain of a traditional load cell remarkably changed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：6202

キーワード：林産学，乾燥，炭化，モニタリング

1. 研究開始当初の背景

スギ材の乾燥時間を短縮し、乾燥割れ、狂い、変色等の発生を抑えることにより

性能の保証を両立させる方法として、近年、乾燥初期の高温高圧水蒸気処理の有効性が指摘されている。すなわち温度と圧力を調

整しながら1気圧以上の不飽和水蒸気中で木材を加熱し、木材を軟化させて割れにくくすると共に、この間にある程度乾燥を促進出来ると期待されている。

しかし、適正な乾燥処理温度および圧力条件を設定するためには、この処理方法の有効性を、従来のように処理前後の木材の物性を比較して検討するだけでは不十分で、処理過程で木材に生じている現象を把握する必要がある。そこで、研究代表者は、平成12-16年度森林総合研究所交付金プロジェクト「スギ材の革新的高速乾燥システムの開発」において、同じ温度でも1気圧以上では常圧よりも木材中に水分が多く残存するために、木材が極めて軟化することが明らかとなったため、高温高圧水蒸気処理を乾燥初期に用いることの有効性が裏付けられた¹⁻³⁾。

この高温高圧条件における木材の顕著な軟化を乾燥応力の低減に利用出来るのではないかと考えて、平成17-18年度および平成19-20年度科学研究費補助金若手研究 B（課題番号 19780139 および 17780142）において、1気圧より高圧の高温水蒸気中での木材乾燥過程における乾燥応力（曲げおよび振り）の経時変化を得ている^{4,5)}。

上記の結果には高温高圧条件における木材の材温と含水率が深く関わっているので、研究代表者は小試験体⁶⁾と実大試験体⁷⁾の高温高圧条件における含水率の経時変化と各条件における平衡含水率を得ている。この測定において、含水率測定には耐熱性、耐湿性および簡便性から歪みゲージ方式の荷重計を試作したため、荷重計の温度ドリフトが改善点として残されている。

また、研究代表者は、平成18-20年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業研究「地域の竹資源を活用した環境調節機能を持つ複合建築ボードの開発」において、様々な温度、時間で炭化処理した竹炭の電気特性とガス吸着性能を測定し、建築ボードに混合するのに最適な炭化条件を検討し、重量減少しなくなった時点で上記の竹炭の物性がほぼ安定する^{8,9)}ため、炭化処理を停止するタイミングが分かれば、安定後の加熱が不要であるため実用におけるコストの面で非効率であることが分かった。

しかし、このタイミングは経験に基づき各設定時間で炭化した後の重量変化から推定しているのが現状である。よって炭化処理過程における試験体の重量変化をモニタリング炭化処理温度に耐えられる荷重計の開発が待たれる。この重量測定系は上記の木材乾燥過程にお

ける重量測定系の応用で開発出来ると考えている。炭化処理過程における試験体の重量変化が得られれば、木炭、竹炭の物性に関する研究効率が飛躍的に向上することが期待される。

今回の電気容量を用いる方式においては、温度ドリフトが改善されると考えられる。試験体重量は処理後に処理前の1/2から1/3になるので測定精度も十分期待出来る。

2. 研究の目的

以上より着想を得、本研究では温度ドリフトがほぼ無視出来る高温用の荷重計を新たに開発することを目的とする。このため、高温乾燥処理条件において試験体重量と電気容量の関係を得て、荷重計のマスターカーブを作成する。そして、高温乾燥過程における試験体の重量変化を把握する。この結果を踏まえ、炭化処理温度用の荷重計を試作する。そして、炭化処理過程における試験体の重量変化を測定し、重量が変化しなくなる炭化処理時間を決める。

3. 研究の方法

荷重計の原理

図1に電気容量式荷重計の概要を示す。上側の電極用ベースは下側の電極用ベースに立てたコイル状のばねで支えられている。電極間に交流電圧をかけることで電気容量を測定する。

一般的に電気容量 C は電極の面積 S に比例し、電極間距離 d に反比例するので、

$$C = \epsilon S / d \quad (\epsilon \text{ は空気の誘電率}) \quad (1)$$

また、 d はばね（ばね定数 k ）の自然長 l と電極に載せた錘りの重量 W （電極とベースの重量を含む）を用いて、

$$d = l - kW \quad (2)$$

と表されるので、電気容量と試験体重量（電極とベースの重量を含む）には、

$$C = \epsilon S / (l - kW) \quad (3)$$

の関係が得られ、模式的に図2のようになる。すなわち、乾燥および炭化によって試験体の重量が減少すると電極間距離が増大し、それに伴い電気容量の出力は減少することになる。

電極板の上に様々な重量の錘りを載せ、電気容量との関係を得る。そしてこの関係が(3)式に再現性良くあてはまるかどうか確認する。この作業を装置内の温度および交流周波数を変えながら行う。そして測定に最も信頼性がおける交流周波数を決める。このようにして、載せた錘りの重量-電気容量の関係を得て荷重計のマスターカーブを作成する。

このマスターカーブに基づき、高温乾燥処理過程ならびに炭化処理過程における試験体の重量変化を測定する。

実験

2枚の電極板が互いに導通しないようにす

るため、電極板（乾燥用：ステンレス製，炭化用：インコネル製）をベース（乾燥用：テフロン製，炭化用：セラミクス製）に留めることによって作製した電極部を2枚用い、上側の電極用ベースを下側の電極用ベースに立てたばねで支持し、電極間に交流電圧をかけて電気容量を測定した。まず、荷重計に試験体を設置することなく、室温から150℃および900℃に加熱した際の電気容量の周波数依存性を検討した。さらに、含水率約85%のシトカスプルス材 (*Picea sitchensis* Carr.) をこの荷重計上に設置し、交流周波数として50kHzを用い、温度120℃で乾燥処理を行い電気容量の経時変化を測定した。

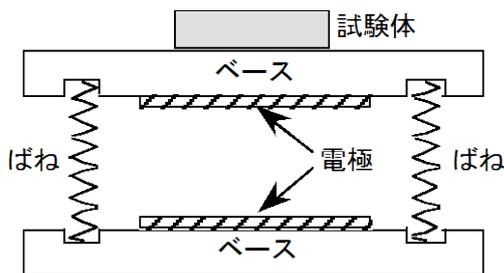


図1 電気容量式荷重計の概要

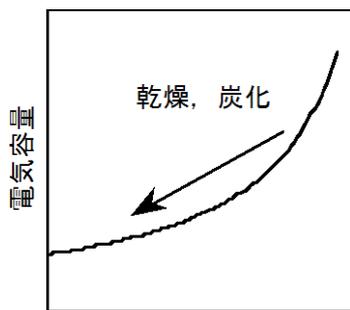


図2 電気容量の試料重量による変化

4. 研究成果

電気容量と荷重には双曲線の関係が存在した(図3)。乾燥用および炭化用の温度範囲では、電気容量は30kHz-100kHz および20kHz-100kHzの範囲でそれぞれ周波数および温度依存性が小さかった(図4, 図5)。加熱初期の乾燥器および炭化炉の温度が上昇中は、従来の歪みゲージ式荷重計では歪みの温度ドリフトが存在したのに対し、本荷重計では電気容量の変化は歪みゲ

ージ式⁹⁾よりも小さく抑えることが出来た。以上より、適切な周波数帯の交流を印加して電気容量を検出する方式の荷重計が高温条件の木材の重量変化をある程度の精度を持って測定するために有効であることが推察された。一例として120℃での乾燥過程におけるシトカスプルス材の含水率の経時変化を示す(図6)。炭化処理の温度条件での重量測定に対しては、温度ドリフトは図5と同程度でかつばね定数がより小さいばねが必要であることが分かった。

本研究では、小試験体を用いたが、本荷重計を複数用いるか大型化するかのいずれかで実大材への応用が実現可能であると考えられる。例えば、本荷重計を4個使用し、実大材を積載した金属板の四角を本荷重計で支えたり、あるいは本荷重計を大型化して、その上に実大材を積載したりすることで可能となると考えられる。また、試作した荷重計は試験体を水平な板の上に載せる方式であるので、試験体の形状を選ばない。さらに、これまで開発した荷重計⁹⁾の場合は前述のように温度ドリフトの問題があったので、設定温度、圧力条件は乾燥終了まで一条件のままとしておかざるを得なかったが、本研究の荷重計により乾燥処理過程で温度、圧力条件を変えた時の重量変化を追跡出来る可能性がある。従って、乾燥過程における重量変化をモニタリングしながら乾燥スケジュールを開発出来るようになる可能性がある。

文献

- 1) Kubojima et al.: Bull. Forestry and Forest Products Research Institute, 3(4), 335-339 (2004)
- 2) Kubojima et al.: Holzforschung, 59(4), 446-450 (2005)
- 3) 久保島吉貴: 木材工業, 60(12), 620-624 (2005)
- 4) 久保島他: 第26回日本木材加工技術協会年次大会講演要旨集, 49-50 (2008)
- 5) 久保島他: 第56回日本木材学会大会研究発表要旨集, 36 (2006)
- 6) Kubojima et al.: Holzforschung, 57(6), 634-638 (2003)
- 7) 久保島他: 木材学会誌, 55(5), 279-284 (2009)
- 8) 鈴木他: 第57回日本木材学会大会研究発表要旨集, CD-ROM PC006 (2007)

9) 鈴木他：第 58 回日本木材学会大会研究発表要旨集，CD-ROM PC008（2008）

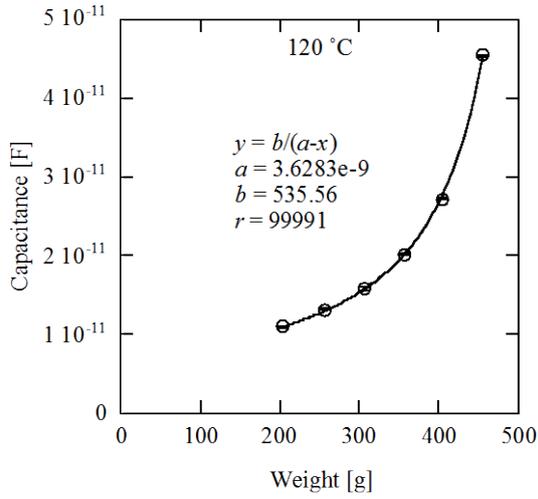


図 3 電気容量と荷重の関係

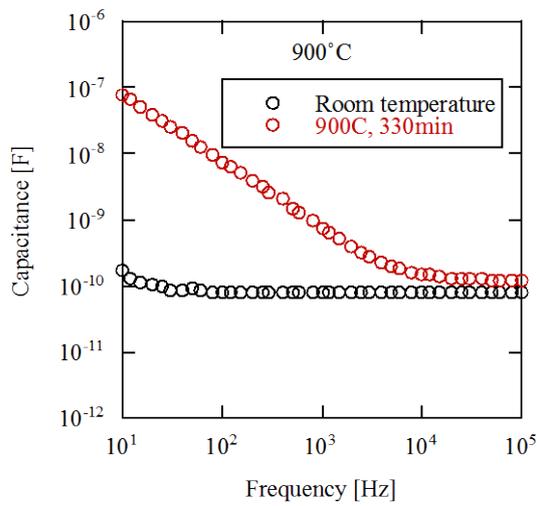
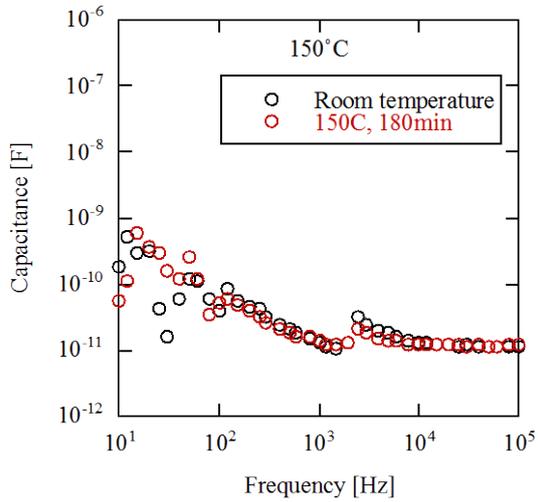


図 4 電気容量の周波数依存性

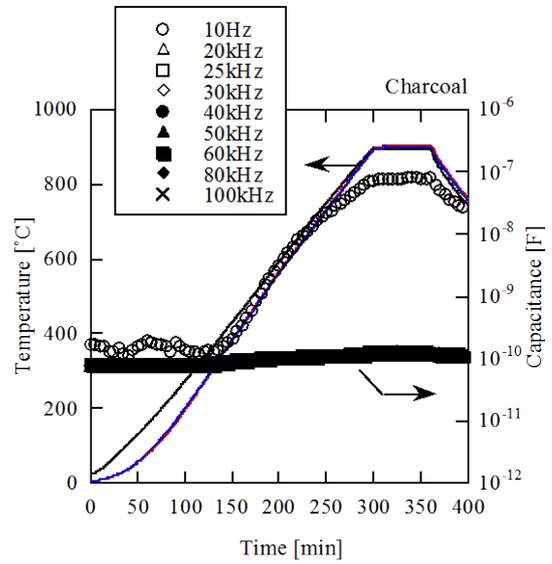
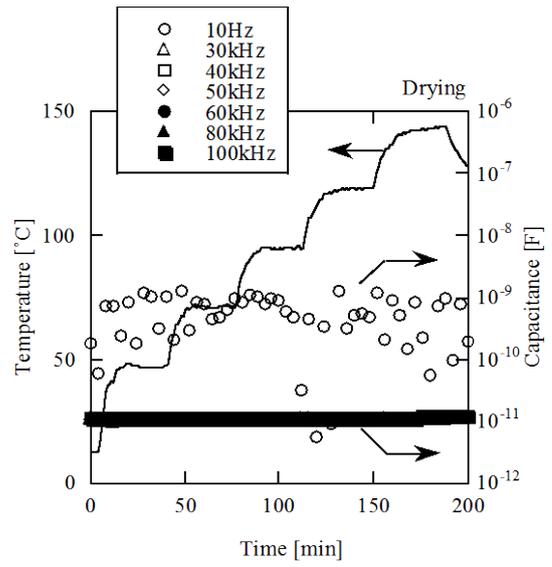


図 5 電気容量の温度依存性

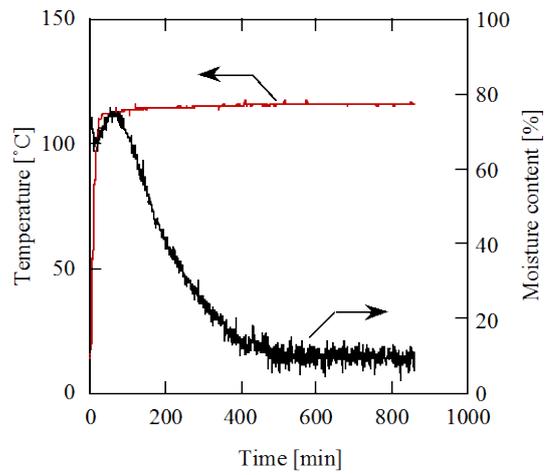


図 6 乾燥過程における木材含水率

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者
には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

久保島吉貴, 鈴木養樹, 外崎真理雄: 電気容
裏を用いた乾燥ならびに炭化過程における
木材重裏のリアルタイム測定. 第61回日本木
材学会大会, 2011年3月18-20日, 京都大学(京
都市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

久保島 吉貴 (KUBOJIMA YOSHITAKA)
独立行政法人森林総合研究所・木材特性
研究領域・主任研究員
研究者番号: 40353669