

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 10 日現在

機関番号：11101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2011～2012

課題番号：23800003

研究課題名（和文）重量測定および寸法測定による遺跡出土木製品の簡便な保存処理完了時間予測

研究課題名（英文）A simple prediction of completion time on preservation of archaeological waterlogged woods by wood dimensional and weight measurement

研究代表者

片岡 太郎 (KATAOKA TARO)

弘前大学・人文学部・特任助教

研究者番号：80610188

研究成果の概要（和文）：遺跡出土木製品の保存処理期間の短縮化と確実性向上を図った一連の研究から、資料の劣化診断の新規開発では、簡便さを追求し、客観的且つ定量的に評価可能とした。また、真空凍結乾燥処理における予備凍結時の温度 $-80^{\circ}\text{C}$ で急速に凍結させることで、従来の $-40^{\circ}\text{C}$ で凍結させるよりも良好な寸法安定性が得られることが可能となった。

研究成果の概要（英文）：In the new development of deterioration diagnosis of archaeological waterlogged woods in pursuit of simplicity, the evaluation can be objectively and quantitatively since studies of reduction and reliability improvement. Adds, it was clear that by use of rapidly frozen by setting to  $-80^{\circ}\text{C}$  (temperature of the pre-freezing) in a vacuum freeze-drying process, archaeological waterlogged woods can be good dimensional stability compared to freezing at  $-40^{\circ}\text{C}$  conventional.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2011 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：保存科学

科研費の分科・細目：文化財科学・文化財科学

キーワード：出土木材、保存処理、真空凍結乾燥、含水率、劣化診断

## 1. 研究開始当初の背景

遺跡の発掘調査では多くの木製品が発見され、日本においては、そのほとんどが湿潤な土壌環境から水浸しの状態で出土する。発掘直後では、その形状が良好に保たれているように見えるが、一旦乾燥すると、著しく収縮・変形する。そして、二度と元の形状には戻せない(図 1)。これは、長期間埋土中に、菌類の活動により樹木細胞壁が脆弱化しており、乾燥時の水分移動における引張力が細胞壁の強度よりも大となっているためであ

る。よって、発見後は乾燥を防ぐ処置として、水を張ったコンテナやプール内で一時保管する。しかし、酸素が少ない嫌気的な環境においても腐朽は確実に進行するため、早急に保存処理を行わなければ、考古学的価値、植物学的価値を損なうことになる。

このような状態にある木製品の保存処理の基礎理論が確立してから、おおよそ 40 年が経つ。この理論とは、保存処理工程は「強化剤含浸」と「乾燥工程」の 2 工程から成ることである。すなわち、脆弱化した細胞壁を

支持するために木製品に含まれる水を強化剤と置換した後（処理水溶液に所定時間浸すことによる）、残った水を乾燥する方法である。使用する強化剤の違いはあるが、国内外における全ての現行法はこれに基づく。保存処理により、木製品の形状が維持されるとともに、水分の除去が出来て、安定した状態となる。

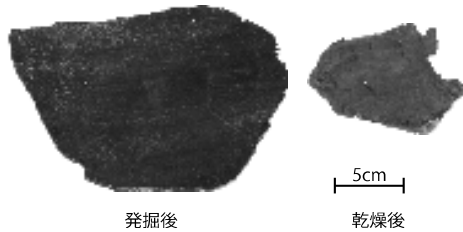


図1 遺跡出土木製品の不可逆的な変形・収縮

木製品が発見されてから展示・活用に至るまでに、最も多くの時間を必要とするのは、以上の保存処理である（図2）。そして、発見される木製品には、寸法、樹種、腐朽程度において何一つ標準的な仕様がないため、保存科学者が、処理中の寸法や重量を確認しながら、経験論的に保存処理を行っているのが現状である。

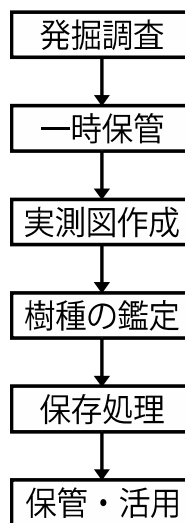


図2 遺跡出土木製品の発掘から活用までの流れ

## 2. 研究の目的

木製品管理者の視点を重視して、保存処理期間が簡単に算出できるシステムを構築することを目的とする。これにより、木製品管理者が、発見から保存処理、保管・活用までのスケジュール管理を行い易くなる。また、保存科学者は木製品管理者への説明が明確になるだけでなく、処理完了の目安も定まり、処理失敗の軽減に繋がるため、文化財保存にも貢献できるものと考えられる。

本研究では、(1)特に、保存処理期間のうち、劣化診断工程について検討した。(2)また、低湿地遺跡から大量に発見される水浸出土木材の保存処理を行う上で、処理薬剤の含浸処理後に水系における真空凍結乾燥処理を行うことが確実に効率的であるものとする。しかし、真空凍結乾燥処理における予備凍結時の水溶液の体積膨張による出土木材の寸法変化が懸念された。そこで、出土木材の凍結速度が及ぼす寸法安定性への影響を知るために、予備凍結温度を従来用いられている $-40^{\circ}\text{C}$ と $-80^{\circ}\text{C}$ に設定し、凍結前後の膨張率を比較検討した。

## 3. 研究の方法

出土木材は、秋田県大館市茂木屋敷跡より出土したスギ材 (*Cryptomeria japonica* D. Don, 平均含水率 295%) を用いた。実験は目的に応じて次の2つを行った。

(1) 同一材から約  $3\text{cm}^3$ （繊維方向×接線方向×放射方向、辺材・心材）に切り出した試料を水中に置き、減圧と常圧を繰り返して、空隙に水を満たす操作を行なった。この操作は、試料の水中重量が恒量になるまで一週間行なった。その後、ノギスを使って各方向の寸法を測定して、最大膨潤状態時の試料の見かけ体積を計算するとともに空中重量を測定した。次に空中重量および水中重量を測定して、従来法である式(1)により最大含水率（従）を計算した。

$$MMC = \left( \frac{R-d}{R} \times \frac{m_w}{m'_w} - 1 \right) \times 100 \quad \dots\dots (1)$$

ここで、MMC (%) は最大含水率、R ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) は木材細胞壁実質の密度、d ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) は測定時の水の密度、 $m_w$  (g) は空中重量、 $m'_w$  (g) は水中重量である。

次に、最大膨潤時の試料の見かけ体積と空中重量を使って、表1に示した式により、最大含水率（新）を計算した。最後に、試料を $105^{\circ}\text{C}$ のオーブンで乾燥して最大含水率（絶）を測定した（絶乾法）。なお、出土木材実質の密度は $1.5 (\text{g}/\text{cm}^3)$ とし、測定時 ( $16^{\circ}\text{C}$ ) の水の密度は $0.99894$ として計算した。

(2) 出土木材を水系にてポリエチレングリコール（平均分子量4000、PEG、和光）またはトレハロース（林原）含浸後（40%まで）、 $-40^{\circ}\text{C}$ または $-80^{\circ}\text{C}$ で凍結させた（それぞれ $N=11$ ）。凍結前後の接線・放射・繊維方向の寸法をデジタルノギスで計測して膨張率を求めた。

表 1 出土木材の簡便な最大含水率の求め方

出土木材の物理量	記号	計算式
全乾密度 (g/cm <sup>3</sup> )	r <sub>0</sub>	(A-V/D)/(V-V/(R*D))
最大膨潤状態時の 見かけ体積 (cm <sup>3</sup> )	V	測定値
木材実質の重量 (g)	W <sub>g</sub>	V*r <sub>0</sub>
木材実質の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	R	任意 (1.4~1.55)
木材実質の体積 (cm <sup>3</sup> )	W <sub>v</sub>	(V*r <sub>0</sub> )/R
空隙の体積 (cm <sup>3</sup> )	O	V-(V*r <sub>0</sub> )/R
水の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	D	任意定数
最大含水時の 水の重量 (g)	G	(V-(V*r <sub>0</sub> )/R)/D
空中重量 (g)	A	測定値
最大含水率 (%)	M	((A-V*r <sub>0</sub> )/V*r <sub>0</sub> )*100

4. 研究成果

(1) 水浸出土木材の含水率は、処理完了の目安や処理後の評価に使われる。現在、含水率は、出土木材の空中重量、水中重量の測定、および細胞壁実質の密度から計算するのが通常である。水中重量は、木製品を液中で吊るして測定する方法であるため、技術的な手間を要するだけでなく、大型の木製品には適用困難な方法である。本研究では新たに空中重量、最大膨潤時の見かけ体積、木材細胞壁実質の密度から計算する手法を模索した。ポイントは、空中重量(A) = 木材実質重量(V\*r<sub>0</sub>) + 最大膨潤状態の出土木材に含まれる水の重量((V-(V\*r<sub>0</sub>)/R)/D)として、出土木材の全乾密度(r<sub>0</sub>)を推定することである(表1)。新手法は、従来法と正の相関が認められ(図3、図4)、おおよその含水率値に見当を付けるためには簡便な方法であるものと考えられた。

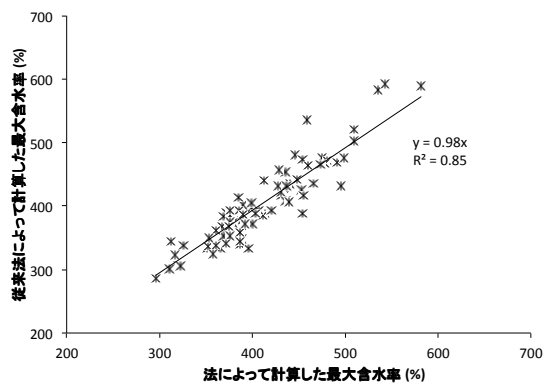


図 3 新手法と従来法によって求めた最大含水率の相関図

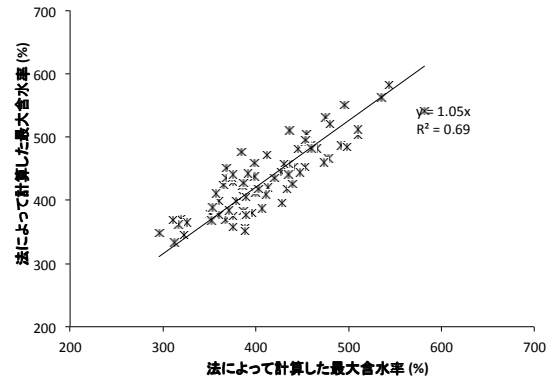


図 4 新手法と絶対乾法によって求めた最大含水率の相関図

(2) 低湿地遺跡から大量に発見される水浸出土木材の保存処理を行う上で、処理薬剤の含浸処理後に水系における真空凍結乾燥処理を行うことが確実で効率的であるものと考えられる。しかし、真空凍結乾燥処理における予備凍結時の水溶液の体積膨張による出土木材の寸法変化が懸念された。そこで、出土木材の凍結速度が及ぼす寸法安定性への影響を知るために、予備凍結温度を従来用いられている-40℃と-80℃に設定し、凍結前後の膨張率を比較検討した。結果、ポリエチレングリコール含浸後の試料において、-80℃で急速に凍結させた場合、繊維方向では膨張したが、接線方向と放射方向ではほとんど膨張せず、-40℃で凍結させた試料よりも良好な寸法安定性が得られることがわかった(図5、図6)。

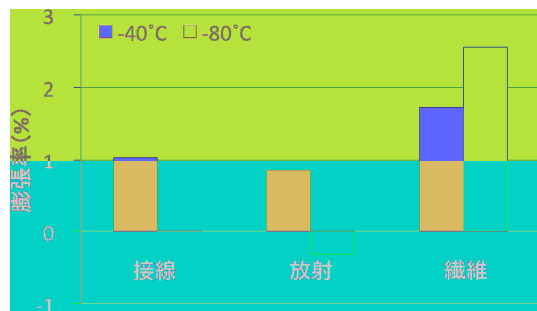


図 5 PEG 含浸後の予備凍結前後の膨張率

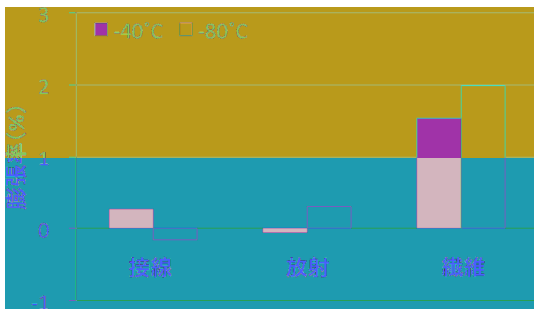


図6 トレハロース含浸後の予備凍結前後の膨張率

## 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)

〔学会発表〕(計2件)

(1) 片岡太郎、含水率を使った簡便な出土木材保存処理の評価方法の開発、日本文化財科学会、日本文化財科学会第29回大会要旨集、2011年6月23・24日(京都大学)

(2) 片岡太郎、一戸彩乃、水浸出土木材の水系における真空凍結乾燥処理に関する研究 - 凍結温度が及ぼす寸法安定性への影響 -、日本木材学会、日本木材学会第63回大会第要旨集、2013年3月27~29日(岩手大学)

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

片岡 太郎 (KATAOKA TARO)  
弘前大学・人文学部・特任助教  
研究者番号：80610188

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：