

# モンゴル国出土木製品の科学的保存処理の研究

—モンゴルの草原地帯における出土木材の特徴と保存—

メンドバザル・オユントルガ

指導教官 今津節生

## 1. はじめに

モンゴルの発掘調査の件数は、国際共同と国内発掘調査チームを含めると、年間100件を超えている。出土遺物の中には、瓦・建築材のレンガなどの特別な保存処理を施す必要のない遺物もあるが、木製品や金属製品などのように弱くて脆く短時間のうちに劣化し、崩壊してしまう遺物も多く出土している。遺物は、長い期間、土中に埋められており、現在まで残った遺物は周囲の環境と平衡状態にあったものと考えられる。それが発掘されて空気に触れたために平衡状態が崩れ、木製品は収縮・変形し、さびた金属製品遺物を目の当たりにすることが多い。出土遺物の中でも最も早急な処置が必要となるのが有機質文化財であるが、木製品は多量に出土するうえに用途も多岐にわたることから、その保存方法は一様ではなく難しい。モンゴルでは毎年多くの発掘調査が行われ、極度の乾燥や凍結などの環境下において、数千年もの間守られてきた膨大な量の木製品が出土している。しかしながら、モンゴルでは木製品の保存修復に必要な正確な知識・技術がないため、考古学者が自己流で木製品を保管しても、形状が変化してしまったり、消失してしまうことが多いのが現状である。

そこでまず、保存処理方法の基礎になる知識が必要となる。保存処理や修復では、科学的な調査分析が重要である。保存科学的な調査に必要とする出土遺物の構造・材質・劣化要因・劣化状態など出土環境や保存環境に関する情報を自然科学的に調査研究し、使用されている材料や制作技法、具体的な劣化の現状とその要因を明らかにしたうえで、出土遺物に適切な処置を施したり環境を整えていく必要がある。

### モンゴルの発掘調査の現状

ユーラシア大陸の北東部に位置するモンゴルでは、これまで幾多の遊牧国家が生まれ、東西の歴史や文化に大きな影響を与えてきた。遺跡からは現地で製作されたものだけでなく、ユーラシアの各地からもたらされた高価な品々が膨大に出土しており、遊牧国家の強大な力と広範な文化交流を物語っている。それは遺物だけでなく建物などの遺構にも技術として使用された。それらの遺物や遺構の中には、早急に保存処理を施さなければ消失してしまう木製品が多く含まれている。多くの木製品が、これまで詳細な歴史学的研究を待たずに変形や消失あるいは埋め戻されてしまっている。ユーラシアの歴史をひも解くカギを握るモンゴルの遺物を消失させ

ず、歴史学研究に生かすことで、ユーラシアの歴史をさらに詳細に復元できるはずである。さらに、歴史学的研究のさらなる発展のため、貴重な木製文化財を考古学者自らが保存修復を施し、後世に残せるようにすることが急務である。上記のことから、本研究の目的は、早急な保存処理が必要な有機質遺物、特に木製品に関して、その特徴(樹種や用途)、状態(乾燥・凍結)ごとに、日本の技術を応用してモンゴル独自の保存修復方法を確立して普及させ、木製文化財を歴史学研究に利用できるようにすることである。日本の保存処理技術を応用することが最も適していると思われるのは、同じ東アジア文化圏にあり漆器など出土遺物に共通点が見られ、最先端の木製品保存処理技術を有しているなどの理由からである。しかしながら、日本の技術をそのまま応用できるものばかりではなく、凍結や乾燥などの極端な環境下にある遺物も多いことから、日本の出土環境と異なる草原地帯で発掘した木製品を現地で保存修復する方法を考え、モンゴルの環境や保存状態に適した保存処理方法や、保存環境を確立する必要がある。モンゴルでは毎年多くの発掘調査が行われ、数千年もの間守られてきた膨大な量の木製品が出土している。出土した木製品は、すぐに草原地帯の乾燥環境の中に置かれるので、極度の乾燥によって形状が変化したり、消失してしまったりすることが多い。しかし、モンゴルでは、木製品の保存修復に必要な正確な知識・技術がないため、考古学者が自己流に管理して変形・消失させているのが現状である。

## 2. 研究目的

これまで詳細な研究が行われずに消失してしまった脆弱な木製品、中でも鮮やかな彩色木製品を発掘調査で保存することができれば、木製文化財の美術史・歴史学的研究が飛躍的に進展し、モンゴルの詳細な歴史復元が可能になるに違いない。そのためには、モンゴルの自然環境や出土木製品の特質に適した保存処理方法を確立する必要がある。

そこで、本研究の目的は、モンゴルに適した出土木材の保存方法を開発することである。具体的には、モンゴルの草原地帯で発見された出土木製品を研究対象に、草原から発見された出土木材の特質を理解し、草原地帯の極度の乾燥による収縮から木材を守り、発掘現場で安全に効率よく短時間で保存処理する方法を開発することである。

### モンゴル出土木製遺物の研究

ユーラシア大陸の北東部に位置するモンゴルでは、これまで幾多の遊牧国家が生まれた。これまでの発掘調査において、パジリク時代(BC720年～300年)からモンゴル帝国時代(AD1216年～1307年)まで、遺跡や時代の特徴を表す木製遺物が多く発見されている。

### 草原地帯で発見される出土木製遺物の特質

モンゴルの草原地帯で発見される出土木製遺物には、以下のような特質が見られる。

- 常に低温で飽和水蒸気環境が維持された場合に限って、木材細胞がバクテリアや腐朽菌によって完全に崩壊することなく、水浸出土木材と同じように形状を維持して発見されることがある。
- 日本で発見される飽水状態の木材とは異なり、飽和水蒸気で満たされた木材細胞は含水率が低く、まだ空隙が残っている。
- 飽和水蒸気環境を維持して発見された木材は、彩色などが極めて良好な状態で残存しており、世界的に見ても大変貴重である。

### 細胞の劣化状態

図1に示すように、モンゴルの草原地帯において、飽和水蒸気環境で出土した木製遺物の細胞壁(A)は、表面に近い部分は分解が進んで細胞間層だけになっている。これに対して、内部(B)は細胞間層だけでなく一次壁・二次壁も健全な状態で残っている。

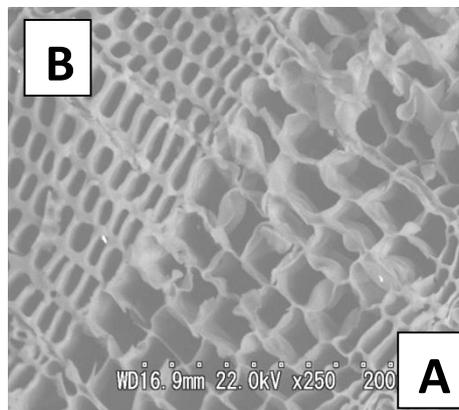


図1 モンゴルで出土した木製遺物の細胞壁

### モンゴルにおける木製遺物の埋蔵環境

遺跡において木製遺物が残るためには、木材腐朽菌やバクテリアが繁殖できない以下のような環境が必要である。

- ① 酸素が欠乏した地下水に満たされた状態
- ② 永久凍土のように極端な低温状態
- ③ 砂漠地帯のように極端な乾燥状態

モンゴルの自然環境は大まかには、3つに分けることができる。

#### ● アルタイ山脈の森林地帯

森林地帯の出土木材は上記の①のように酸欠で飽水状態の環境で発見される。飽和含水率が約300%~500%、アルタイ山脈など高度のある永久凍土や氷河のように極端な低温森林地で凍結した状態や、きわめて飽和含水率が高い埋蔵環境から発掘されるため、発掘後水漬けにして保存する必要がある。湿度が低いと組織のある良好な状態で出土されるが環境による軟腐朽菌によって水漬け木材が表面から軟化・腐食し・カビが発生する現象が多い。

#### ● 草原地帯

草原地帯で発見される出土木材は上記の②に近い低温状態にあるが、必ずしも常時凍結状態ではない。飽水状態では無く飽和水蒸気の埋蔵環境から発

掘られるので、木材の飽和含水率は約 30%以下の場合がほとんどである。木材は地下から発見された場合も形状を維持して良好な状態で発見される場合が多い。これは、草原地帯の特質として地下が低温で湿潤な環境にあり、埋蔵空間は常に零下を前後する低温で飽和水蒸気環境が維持された場合に限って、木材がバクテリアや腐朽菌によって完全に崩壊することなく、水浸出土木材のように形状を維持したままの状態で見られることが多い。しかし、飽和水蒸気環境を維持して発見された木材は水浸け状態とは異なる。

- **砂漠地帯**

砂漠地帯で見られる出土木材は上記の③のように極端な乾燥状態が維持されている。木材は極めて乾燥した環境で見られるため、飽和含水率は 5%~10%である。そのため、出土木製遺物は触るだけで崩れやすく、多くの場合は木材が変形し崩壊した状況で見られる。

本論文では、古くから東西交流の場になり、多種多様な遺跡が存在し、発掘調査も頻繁に行われる草原地帯の発掘調査で飽和水蒸気環境を維持して発見される出土木材の保存方法について提案する。

### **草原地帯で見られた出土木材**

モンゴルの出土木製品は多くの場合、飽和水蒸気に満たされた状態か乾燥状態にある。草原地帯では、地下空間で湿潤状態で発見される。木材は発掘されるまで低温で湿潤な地下空間にあり、飽和水蒸気で満たされている。飽和水蒸気に満たされて発見された木材は、草原の乾燥環境では発掘直後から乾燥が始まり短時間で劣化してしまう。草原地帯から発掘された出土木製遺物の劣化過程を検討するために、モンゴル西部・中部・東部の草原地帯で出土した木材を用いて、木材表面から内部へ 5 mm 毎に切断して木材細胞の変化を走査電子顕微鏡 (SEM) で観察した結果、表層では細胞壁を構成する 2 次壁 (S1・S2・S3) が失われて、細胞間層だけが残っている。木材の中間および中心では 2 次壁・細胞間層が共に残って健全な状態である。

### **草原地帯で出土する木材の問題点**

モンゴルの草原地帯で飽和水蒸気環境を維持して発見された木材は、日本のような水浸状態とは異なり、外気の影響を受けて短時間で乾燥して変形する。飽和水蒸気に満たされて発見された木材は、モンゴルのような乾燥環境では発掘直後から乾燥が始まり短時間で劣化してしまうため、モンゴルのような大草原で発掘する場合には、乾燥環境の中で短期間に保存処理作業ができる方法の開発が求められる。

## **3. 草原の発掘現場で実施できる保存処理方法**

糖アルコール含浸法とトレハロース含浸法は分子量が小さいため、木材細胞内に入りやすい。飽和水蒸気に満たされた木材や、乾燥木材にも入りやすい特徴がある。特に、トレハロース含浸法は、モンゴルの特徴である寒暖差の激しい乾燥した環境を利用して結晶化の促進が期待できる。

本研究の目的は、飽和水蒸気環境の地下空間で埋蔵していた出土木製遺物の保存処理方法を開発することである。草原地帯の発掘調査現場での保管、現地付近の保存処理に応用できる方法を考案することである。様々な保存方法を検討した結果、トレハロース保存法を適用することが、モンゴルの実情に最も相応しいと考えた。

なぜならば、トレハロースは、結晶性が高いので、寒暖差の激しい乾燥したモンゴルの環境を利用して結晶化の促進が期待できるからである。

本研究では、発掘調査で適用できるトレハロースを用いた保存処理法を目指して、飽和水蒸気で満たされて発見される草原地帯の出土木材を、発掘現場で安全に効率的に保存する方法を提案し、以下のような保存処理実験を行った。

- 加温した高濃度のトレハロース水溶液を用いる。
- 表面張力を下げるためにアルコールを添加する。
- アルコールを添加した高濃度トレハロース水溶液を発掘現場で洗浄瓶を使って出土木材に滴下することにより、効率よく木材細胞内部に含浸する。
- 木材細胞に浸透したトレハロースは夜間の気温低下によって一夜で結晶することにより出土木材の収縮を防止する。

トレハロース溶液を用いて洗浄瓶で滴下した結果、トレハロース 50%含浸では木材表面の 1mm~3mm 付近にトレハロースの結晶化が確認できたが、内部の細胞にはトレハロースの結晶が充填されていない部分の多いことが判明した。50%トレハロース水溶液にエタノール 5%を添加した試料は表面から 3mm~5mm にもトレハロース結晶化が観察され、内部の細胞に結晶が充填されている状況が確認された。トレハロース 70%含浸では木材表面の 1mm~3mm 付近にトレハロースが確認できたが、3mm から内部にはトレハロースの結晶化が確認できなかった。70%トレハロース水溶液にエタノール 5%添加した試料は、表面ばかりでなく 3mm~5mm にもトレハロース結晶が観察され、細胞内の全表面がトレハロースの結晶で埋められている状況が確認できた。

#### 4. 本研究の成果

モンゴルの草原では、飽和水蒸気に満たされた地下空間から発見される出土木製品が、出土直後に極度に乾燥した環境に曝されるので、発掘後短時間で変形することがある。また、モンゴルの出土木製品は、飽水状態で発見される日本の出土木製品と比較して含水量が少なく、出土後に極めて短時間で乾燥してしまうという特徴がある。

そこで、本研究では、モンゴルの草原で発掘され、飽和水蒸気環境で出土した木材に対する保存処理方法を提案した。草原で発見される木材に対して、表面張力を下げて浸透力を高めた高濃度のトレハロース水溶液を浸透させることによって、トレハロースが木材内部で結晶化することで変形やひび割れなどを防ぐ可能性が高いことが分かった。トレハロース水溶液は、木材内部に浸透し結晶化することにより木材細胞を強化する。また、現場において短時間で使用できるこの方法は、草原地帯で発見される多くの木製品に適応できる可能性がある。草原地帯の寒暖差の激しさはトレハロースの結晶化を促進するために有効であることも判明した。

以上のことから、乾燥気候や夜間の低温度下の気候のモンゴルにおいて、出土木製品を安定的に維持できる可能性が期待でき、環境にもやさしく、安価で安全に作業でき、短期間で行えるトレハロース含浸処理法が、モンゴルの環境において最も期待できる結果となった。

なお、本研究の成果はモンゴルだけでなく、ロシアやトルコ・東欧諸国などユーラシア大陸の草原地帯から飽和水蒸気環境を維持して発見される出土木材全体に適

用できると考える。今後は関係各国の研究者とも交流の輪を広げ、適用範囲を広げてゆきたい。