

令和 6 年 5 月 16 日現在

機関番号：84413

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K01114

研究課題名（和文）トレハロース含浸処理法を用いた草原地帯出土彩色木製文化財の保存研究

研究課題名（英文）Conservation Study of Painted Wooden Cultural Properties Excavated from Grassland Areas Using Trehalose Impregnation Treatment

研究代表者

藤田 浩明（FUJITA, Hiroaki）

一般財団法人大阪市文化財協会・学芸部門・室長

研究者番号：50344403

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、草原地帯で出土する有機質遺物、とりわけ彩色の施された遺物に対するトレハロース法の有効性を検証し、適正な保存処理方法の確立を目指した。さらに、現地保存科学者に技術移転を図ることも念頭に置き、研究を実施した。

出土彩色木製文化財の保存処理を行なう場合、彩色部分と木胎部分双方を同時に維持する必要がある。よって、含浸薬剤としてのトレハロースが彩色に与える影響と適切な含浸方法を検討し、その可能性を見出した。また、研究期間中に、トレハロース法に関わる手法や技術をモンゴルの保存科学担当者に移転するため、現地担当者を日本に招き、複数回にわたり研修をおこなうことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、日本では事例の少ない出土彩色木製文化財の保存が困難である状況を打破しようとする点で画期的なものである。研究対象地域となるモンゴルでは、出土する文化財の保存処理を他国の研究者に任せてしまう傾向があった。それは場当たりのもので、研究者各自の興味で扱われたために望ましい結果が得られることは殆どなかった。本研究を通じて、モンゴルの気候風土にあった保存処理方法の提案、技術の移転が実施できたことで、現地において多くの有機質遺物を救うことができるであろう。そして、現地研究者自らの手で適正かつ持続的に自国の文化財を守るといった文化財保存の礎を築くことができたと考える。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to verify the effectiveness of the trehalose method on organic objects excavated in grassland areas, especially those with coloring, and to establish an appropriate conservation treatment method. Furthermore, the research was conducted with a view to transferring the technique to local conservation scientists.

When performing conservation treatment of excavated painted wooden objects, it is necessary to maintain both the painted and wooden parts of the artifacts at the same time. Therefore, we investigated the effect of trehalose as an impregnating agent on the coloring and the appropriate impregnation method, and found its potential. During the research period, we were also able to invite local conservation scientists in charge of the trehalose method to Japan for several training sessions in order to transfer the methods and techniques related to the method to them in Mongolia.

研究分野：保存科学

キーワード：トレハロース 彩色木製文化財 草原地帯 保存処理 技術移転

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本の発掘調査で木製品が出土する場合、木の成分は土中の環境によって流失し、変わって過剰な水分を含んでいる(水浸状態)。この水分を不用意に乾燥させると収縮・亀裂を生じて原形を失ってしまう。これを防ぐために、過剰な水分を安定した物質(薬剤)に置換、固化して形状の安定を図る。

しかし、モンゴルなどの草原地帯で出土する遺物の場合は状況が異なる。

草原地帯で見つかる有機質遺物は前述のような水浸状態ではなく、地下数メートルの土中の空間内で、長期間にわたって高湿度環境に置かれることで木材成分が損なわれて腐朽し、ある程度の水分を含んでいる「半乾燥状態」である。このため出土木製品の保存処理方法として世界中で採用されてきたポリエチレングリコール含浸法等で置換することは不可能である。こういった理由から、特にモンゴルにおいては出土木製品の保存処理は行なわれることなく、そのほとんどが原形を留めないまでに変形し、崩壊して失われたものが多い(写真1)。

このような状況で、研究代表者らは過去2回にわたり、モンゴルにおいてトレハロース法を用いた半乾燥状態の木製品、漆製品に対する試験的な保存処理を行なった(JSPS15H02952 研究代表者伊藤幸司)結果、良好な処理結果を得た。しかしながら、出土遺物の中でも木材や漆の表面に彩色された顔料は非常に脆弱で、水に浸漬するだけで溶け出し、時間の経過と共に剥落が進行する。このため、多くの貴重な文化財が危機的な状況にあった。効率的かつ永続的に保存処理を進めるためには、その技術を現地保存科学者に移転する必要があった。



写真1 出土直後の彩色木製文化財(左)と同資料が変形した様子(右)

2. 研究の目的

前述したように草原地帯の発掘調査で見つかる有機質遺物は独特の状態にある。日本で扱っているものとは一線を画すもので、我々のノウハウが全てそのまま当てはまるわけではない。それ故、研究代表者らはこれまでの研究で「半乾燥状態」の出土遺物に対するトレハロース法の有効性を明らかにしてきた。本研究は、こうした成果に基づき立案されており、現地で課題となっている出土彩色木製文化財の保存が困難である状況を打破しようとする点で画期的なものである。

また、今回の研究対象地域となるモンゴルでは、出土する文化財の保存処理を他国の研究者に任せってしまう傾向があった。それは場当たりのもので、研究者各自の興味で扱われたために望ましい結果が得られることは殆どなかった。対して、本研究の根本はモンゴルの気候風土にあった保存処理方法の提案と実施、技術の移転である。トレハロース法で良好な結果が得られることは実証済みである。また、研究代表者らが保存処理を行なうことは容易だが、それは一時的な成果に過ぎないので、当地の研究者を育てていくことが最も重要だと考えた。

本研究が実施できれば、トレハロース法によって多くの有機質遺物を保存処理してきている我々の

技術・経験を現地の研究者に移転し、更に草原地帯出土遺物に特化した保存処理方法の研究を現地の保存処理研究者と共に推し進めることができる。そして、自らの手で適正かつ永続的に自国の文化財を守るといった文化財保存の礎を築くことができると考えた。

そこで本研究では、草原地帯出土彩色木製文化財を対象として、トレハロース法の有効性を検証し、適正な処理方法を提案する。具体的には以下の3点について研究を進めた。

- 1．草原地帯出土彩色木製文化財の構造調査および劣化状態の把握
- 2．トレハロース法を用いた保存処理方法の検討
- 3．保存処理技術移転

3．研究の方法

3-1 出土彩色木製文化財の構造調査と劣化状態の把握

出土彩色木製文化財の保存処理を行なう場合、彩色部分と木胎部分双方を同時に維持する必要がある。よって、含浸薬剤としてのトレハロースが彩色に与える影響と適切な含浸方法を検討するために、彩色部分の構造調査と木胎部分の状態調査を行なった。

3-2 トレハロース法の適応研究

彩色を損なうことなく、かつ木胎部分の形状を維持するために、トレハロースを用いた適正な保存処理方法を検討した。

彩色部分に及ぼすトレハロースの影響の確認試験

彩色部分の成分分析結果から判明した顔料を塗布した木材サンプルを作製した。

トレハロース水溶液を含浸させることによる彩色部分の変色等の影響の有無を確認した。

含浸手法の検討

彩色部分を損なわず、必要最小限の含浸期間で寸法安定性が得られる含浸手法を見出すことを到達目標とした。作製した木材サンプルに対し、トレハロースを用いた含浸試験を行なった。

含浸手法は浸漬法・半浸漬法の2つの方法で比較試験を行なった。

3-3 保存処理技術移転

研究期間中に行なうすべての調査、実験、保存処理については、その手法や技術を現地保存科学担当者に移転することを念頭において実施した。具体的には、トレハロース法の効果を実体験するために、現地担当者を当協会に招き、研修を行なった。

モンゴルにおける現地調査等については国立文化遺産センター、ウランバートル大学、科学アカデミー考古学研究所、国立チンギスハーン博物館、国立カラコルム博物館の研究員の協力を得た。また、研修を実施する際の現地担当者については、上記機関より若手研究者を中心に人選していただき、当協会での研修を行なった。

4．研究成果

4-1 出土彩色木製文化財の調査と劣化状態の把握

出土彩色木製文化財の保存処理をおこなう場合、彩色部分と木胎部分双方を同時に維持する必要がある。よって、含浸薬剤としてのトレハロースが彩色に与える影響と適切な含浸方法を検討するため

に、モンゴルに赴いて、出土彩色木製文化財の調査と当該資料の劣化状態の調査をおこなった。研究計画では初年度におこなう予定であったが、新型コロナウイルスの蔓延により、渡航を断念せざるを得ない状況となり、3年目に実施した。モンゴル国立文化遺産センターやウランバートル大学の協力により、モンゴル国内で出土した彩色資料を実見した。主には墳墓等から出土した棺材と考えられる遺物の彩色層や劣化状態を調査した。調査の結果、彩色のある木製品については、片面のみ彩色が施されているもの、両面に施されているものもあった。彩色層については、膜状に残存しているもの、粉状に残存しているものなど、残存状態はさまざまであり、触れるだけで剥落してしまうような状態のものがほとんどであった。また、彩色顔料の分析に供するため、可能な範囲で彩色層のサンプリングをおこなった。

4-2 トレハロース法の適応研究

彩色を損なうことなく、かつ木胎部分の形状を維持するために、トレハロースを用いた適正な保存処理方法を検討した。

4-2-1 彩色部分に及ぼすトレハロースの影響の確認試験

確認試験に使用する顔料については、出土資料に施されている顔料と同種のものが必要となる。よって、現在市販されている天然顔料について蛍光エックス線分析による成分分析をおこない、顔料の種類について確認をおこなった。比較対象資料はモンゴル鮮卑時代の墳墓より出土した彩色片等であり、先行研究による分析結果と比較検討をおこなった。検出元素の結果から、市販されている天然顔料には、これまで古代モンゴルより出土した彩色遺物顔料の構成元素と、ほぼ同様の元素を検出しており、同種の顔料であると考えられた。

次に、含浸処理を実施するにあたり、含浸薬剤としてのトレハロースが、彩色部分の変色等、悪影響を及ぼす可能性の有無を確認するために、確認試験をおこなった。確認試験では、現生材の手板に10%膠水溶液（三千本膠）、トレハロース40%Bx水溶液、PEG40%水溶液の3種の溶液と顔料を混ぜ合わせた後、手板に塗布した。1昼夜風乾後、小型分光測色計（Variable社製 Spectro1）にてL*、a*、b*を測定、膠液のみの場合と比較し、変色の程度を確認した。

使用顔料：岩群青（青）・松葉緑青（緑）・辰砂（赤）・黄土（黄）・石黄（黄）・岩胡粉（白）

JIS Z8721に基づく許容色差三級（E=2.5）を指標とし、E 2.5以上を色差有りと判断した。PEGよりもトレハロースのほうが色差は小さいが、岩群青、辰砂、岩胡粉においては色差を確認した（図1）。

	岩群青	松葉緑青	辰砂	黄土	石黄	岩胡粉
トレハ E	3.74	1.02	4.41	1.89	2.16	3.36
PEG E	4.30	1.41	10.89	8.57	0.86	2.67

図1 測色結果

4-2-2 含浸手法の検討

彩色木製文化財の保存処理を行なうためには、彩色部分の保護と木材部分の形状安定化をはかること、これらを同時に満たす必要がある。そこで土付き遺物等の処理で実績のあるトレハロース法による「半浸漬法」に着目し、通常実施している資料全体を浸漬する方法と半浸漬法の比較実験をおこなった。浸漬、半浸漬の重量変化率を比較すると、半浸漬のほうが重量増加のスピードは遅いものの、変化率に大きな差は認められなかった（図2）。このことから、半浸漬においても、資料全体を浸漬さ

せた場合と同様の含浸効果があると考えられる。

続いて、彩色部分を損なわず、必要最小限の含浸期間で寸法安定性が得られる含浸手法を見出すことを目的とし、出土サンプル材に顔料を塗布し、実資料と同様の彩色資料を作製して、半浸漬法による含浸実験をおこなった。その結果、常温処理によるカビの発生など、実作業上の課題は残ったものの、彩色部分の保護や形状安定化については大きな問題を生じることはなく、良好な結果を得ることができた。

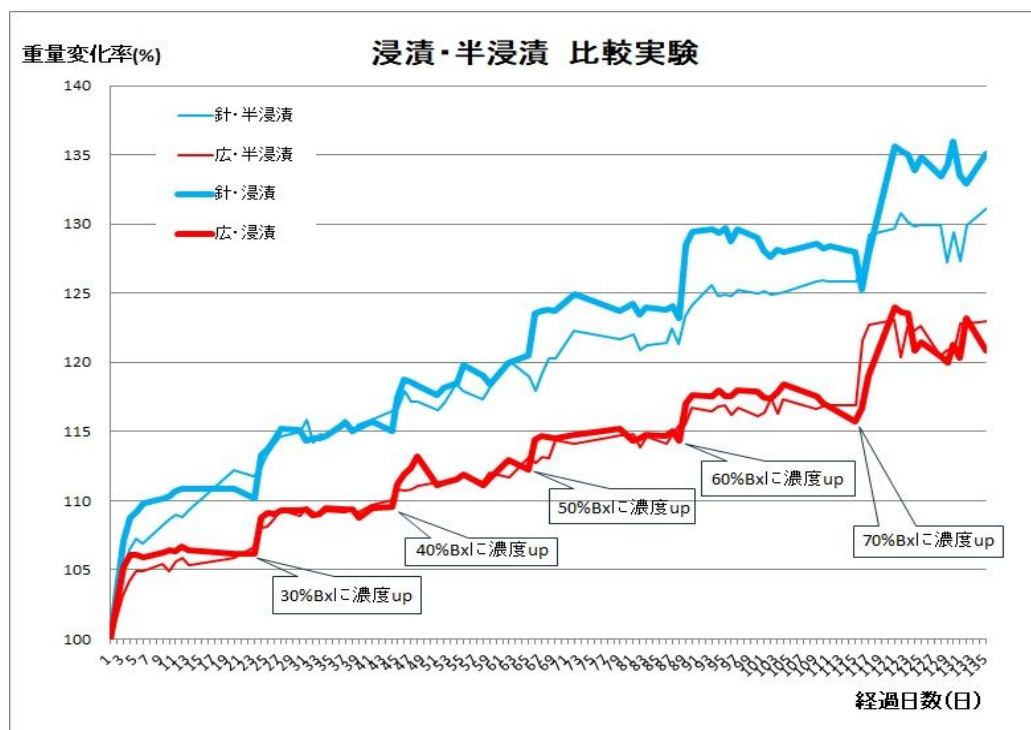


図2 浸漬・半浸漬重量変化率グラフ

4-2-3 トレハロース法を用いた保存処理技術の移転

研究期間中に行なうすべての調査、実験については、その手法や技術を現地保存科学担当者に移転することを念頭において実施した。また、トレハロース法の効果を実体験するために、現地担当者を当協会に招き、研修をおこなった。新型コロナウイルスの影響もあり、人の往来が困難だったため、研修については3年目以降の実施となった。

研修は複数回にわたり、当協会にて実施した。具体的には、2022年(令和4年)12月にモンゴル国立ウランバートル大学より1名、2023年(令和5年)8月にモンゴル国立文化遺産センター等より4名、同年12月にモンゴル国立文化遺産センター等より5名を受け入れ、出土有機質遺物の基本的な保存処理技術から当該研究における成果まで、座学だけでなく実作業をおこないながら研修を実施した。同国における若手担当者に対する研修を実施できたことで、トレハロース法によって多くの有機質遺物を保存処理してきている我々の技術・経験を現地の研究者に移転し、更に草原地帯出土遺物に特化した保存処理方法の研究を現地の保存処理研究者と共に推し進めることにつながった。今後は、自らの手で適正かつ永続的に自国の文化財を守るといった文化財保存の礎を築くことができることを期待している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 藤田浩明
2. 発表標題 An approach to colored wooden objects excavated in Mongolia
3. 学会等名 モンゴル国立文化遺産センター講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田浩明・柳成焜
2. 発表標題 トレハロース含浸処理法を用いた出土彩色木製文化財の保存研究
3. 学会等名 日本文化財科学会第40回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田浩明
2. 発表標題 彩色木製文化財の保存研究～トレハロースを用いた彩色部分の保護に関する検証～
3. 学会等名 文化財保存修復学会第46回大会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------