

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：11101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560141

研究課題名(和文)疑似埋蔵環境の創成による出土有機質遺物の長期水中保管方法の確立

研究課題名(英文) Establishment of long-term water storage of excavated organic relics by the creation of pseudo reserves environment

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：遺跡の発掘調査で発見される水浸しの状態の木製品(水浸出土木製品)は、保存処理が施されるまでは水中保管され、この間、微生物の活動等による劣化が進行し、考古資料としての価値を損なう。本研究では、水中微生物の活動を低減させる各種の方策を検討し、劣化軽減に関する研究を行った。脱酸素フィルムを使った保管では、溶存酸素量が低減したが、嫌気性菌の活動は抑えられず腐敗ガスの発生が認められた。逆に、溶存酸素量を増加させれば、腐敗ガスの発生が低減でき、作業環境の安全衛生が図られた。中長期的視野では確実に好気性微生物による木材への劣化が懸念されることから、これらへの対応策を考慮した保存処理計画が施される必要がある。

研究成果の概要(英文)：The archaeological waterlogged wood put on the water until conservation treatment. During water storage time, the waterlogged wood degradation proceeds by the action of microorganisms.

In this study, to consider a variety of measures to reduce the activity of water microorganisms, I conducted a study on the deterioration mitigation of the waterlogged wood at the time of water storage. Dissolved oxygen content by storing the wood using deoxygenated film was found to be reduced, activity of anaerobic bacteria is not suppressed, occurrence of corruption gas was observed. On the contrary, it is possible to reduce the occurrence of corruption gas is by increasing the amount of dissolved oxygen, health and safety of the working environment in the room has been achieved. Since the deterioration of the wood are concerned by aerobic microorganisms in the medium- to long-term, it is necessary to save the treatment plan that takes into account the corresponding measures to these is performed.

研究分野：文化財科学

キーワード：遺跡出土水浸出土木材 溶存酸素 脱酸素フィルム エアレーション 考古学 嫌気性菌 好気性菌

1. 研究開始当初の背景

低湿地遺跡から出土する水浸しの木製品（水浸出土木製品）は、酸素量が少ない湿潤な土壌環境においてよく遺存している。一見、製品としての形状を保っているが、乾燥してしまえば、著しく収縮・変形し、二度と元の形状には戻せない。そのため、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水中保管、水とともにフィルムで完全密閉する方法が採られている。その後、保存処理（強化剤充填による剛性の付与の後、収縮変形を引き起こさずに水分を除去すること）が施されるが、年間数万件の発掘調査により発見される水浸出土木製品の数は膨大であり、保存処理を待つ水浸出土木製品が日々蓄積され、結果として水中保管は数年にも及ぶ。しかし、水中での保管中においても微生物の活動等により劣化は確実に進行し、文化財科学分野において問題となっている。そのため、保管水に防腐剤（例えば、イソチアゾリン系やホウ酸・ホウ砂等）を添加して劣化の軽減を図り、その水溶液を1年に数回定期交換させる処置をとる。しかし、これらの防腐剤は人体に有害である報告が近年なされており、また、水溶液の交換は、脆弱な水浸出土木製品の接触回数を増加させ、人的破壊の確率を増す要因となっている。

以上の問題を解決するために、申請者は、近年の発展が目覚ましい食品関連分野の退色・風味保持技術の一つで、水中の酸素吸収機能を持つ透明なフィルム（脱酸素フィルム）を包装材料とした長期保管システムに着目した。これを用いることで、酸素量が少ない埋蔵環境を疑似的に創りだし、有機質遺物を積極的に劣化させる微生物等の活動の抑制が可能となるものと考えた。これにより、水浸出土木製品の劣化を軽減する新しい長期保管システムの構築が可能となるものと考えた。

2. 研究の目的

本研究では、水中微生物の活動を低減させる各種の方策を検討し、水中保管時の水浸出土木製品の劣化軽減に関する研究を行った。

3. 研究の方法

水中微生物は、好気的な環境下で活発な活動となる好気性微生物と酸素がない嫌気的な環境下で活動する嫌気性微生物の二種類を想定した。好気性微生物の活動を軽減する方策として、より強力な防腐剤を新規に使用するのではなく、防腐剤を使用せず、密閉フィルム自体に脱酸素機能を集約し、微生物の活動を抑制する方法を考案した（図1）。一方で、嫌気性微生物の活動を軽減する方策では、保管水槽内にエアープンプを使って溶存酸素量を増加させることを試みた。また、これらの処理前後で水浸出土木材の成分組成の変化を測定した。

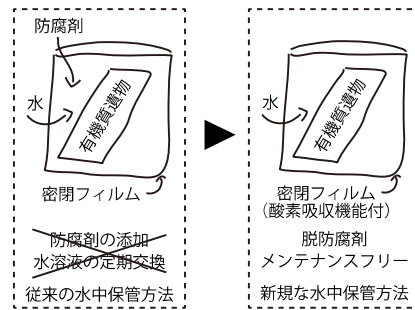


図1 メンテナンスフリーな水中保管方法

4. 研究成果

通常の高気密性フィルムに水浸出土木材を水とともに密閉した際の溶存酸素量は、密閉直後では8mg/lであったものが、ゆるやかに減少しはじめ、約50時間で5mg/lまで減少し、恒量となった（図2）。これは、水浸出土木材に含まれる好気性微生物の活動により、水中の溶存酸素が消費されたためと考えられる。一方で、高気密性フィルムに脱酸素機能が付与された場合の溶存酸素量が、40時間で4.5mg/lとなり、脱酸素効果が認められ、脱酸素機能がない通常フィルムよりも速度が早く、且つ、溶存酸素量が多く低減した（図3）。しかし、脱酸素フィルムによる脱酸素効果は微差である。これらは、脱酸素機能のない高気密性フィルムを使った水中保管においても、水浸出土木材に存在する好気性菌の活動だけで溶存酸素量の低減効果があり、好気性菌による水浸出土木材の劣化への影響は、水中保管するだけでほとんどないことを示唆するものである。ただし、すみやかに溶存酸素量を低減したい場合には、脱酸素機能のある高気密性フィルムの使用が推奨されることが提言できる。

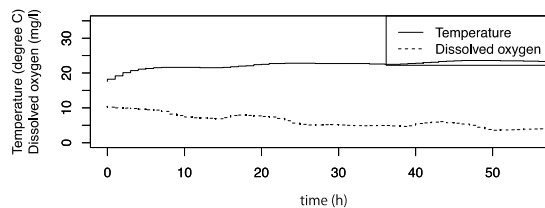


図2 水浸出土木材の水中保管中の溶存酸素量の変化

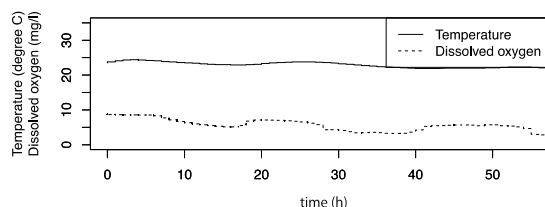


図3 水浸出土木材の脱酸素フィルムに水中保管した溶存酸素量の変化

次に、脱酸素機能の有無ごとの水浸出土木材の成分組成の変化を示す。図4はスギ現生材木粉(80メッシュ)の保管前の成分組成である。この木粉を、それぞれ脱酸素機能の無い従来の高密度フィルムと脱酸素機能があるものに脱イオン水とともに入れ、約1年半後に成分分析を行った。結果、脱酸素機能の有無にかかわらず、各成分の組成は多少の変化はあるものの、誤差範囲内であるため、本研究期間内では、組成変化はないといえる(図5、図6)。そのため、溶存酸素量の低減が及ぼす木材の劣化抑制効果は確認できなかった。これは、中長期間の保管を想定した場合、酸素の流入がない密閉状態であるならば、水中保管の開始初期に、比較的木材へダメージを与える好気性微生物が溶存酸素を消費して、好気性微生物が死滅して、その後は、より緩慢なダメージ挙動となる嫌気性微生物の活動がメインとなるためと推測した。

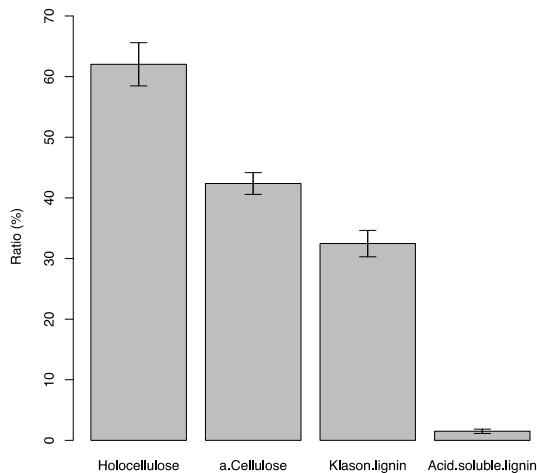


図4 スギ現生材木粉の成分組成

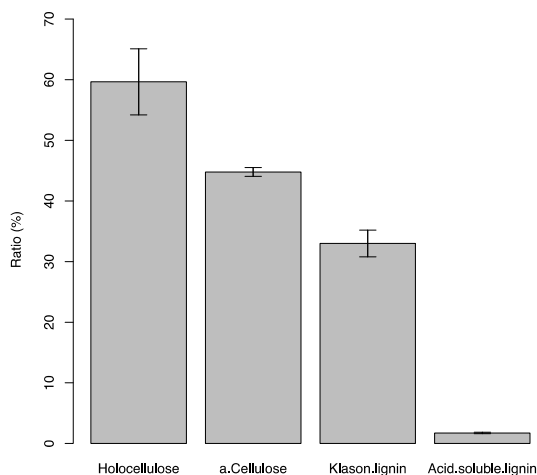


図5 脱酸素機能の無い密閉フィルムで水中保管した後のスギ現生材木粉の成分組成

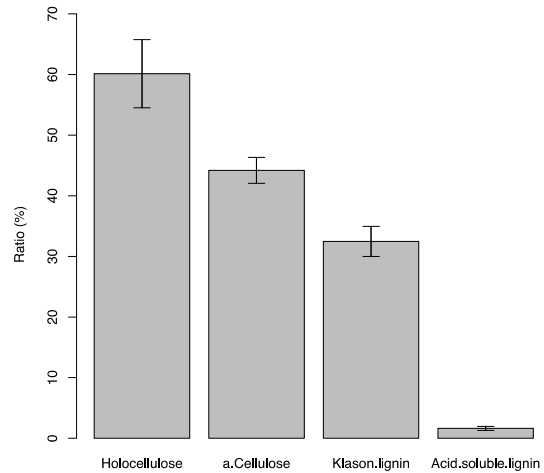


図6 脱酸素機能の有る密閉フィルムで水中保管した後のスギ現生材木粉の成分組成

溶存酸素機能の有無にかかわらず、成分組成に顕著な変化は認められなかったこと、木材を入れておけば、水中の溶存酸素低減効果に大差ないなどの基礎実験の成果を受け、実際の水浸出土木製品が保管されているフィールドで、寒冷地の室内に設置した保管水槽の作業を想定し、溶存酸素量の測定を行なった。室内に設置した水槽(内径幅85cm×長さ170cm×深さ46cm)に、深さ24cmまで5%ポリエチレングリコール4000(PEG)水溶液を保管水として投入し、直径18cm×長さ160cmのスギ丸太材(樹皮あり)を常温保管した(写真1)。5%ポリエチレングリコール4000(PEG)水溶液は、実際の保存処理薬剤として用いる高分子であり、寒冷地では、初期段階の保存処理ならびに冬期間の処理溶液の凍結を防ぐ目的で投入している。



写真1 水中保管の様子と溶存酸素の測定

実験開始から約1週間後から、腐卵臭の発生と木材表面に“ぬめり”が認められた。そこで、保管初期状態に戻し、改めて、水中保管中の臭気に関する官能検査を行って腐敗臭の発生時期を記録するとともに、水中の微生物の活動を間接的に示す溶存酸素量の測定を行ない、これらの関連性について調べた。結果、水中保管開始直後の溶存酸素量

8mg/l が直後から急激に低下し、二日目までで0mg/lとなった(図7)。これは、好気性微生物が溶存酸素を消費したことが一因と考えられる。五日目には、腐卵臭の発生と木材表面に付着した“ぬめり”が認められた。これらは二十七日目まで継続して認められた。腐卵臭は、溶存酸素の低下時期に発生したことから、同時期に好気性微生物に変わって、嫌気性微生物の活動がメインとなったことを示している。

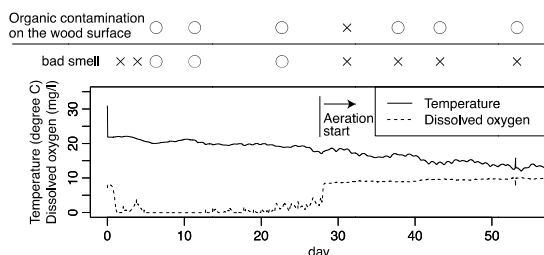


図7 図3 5%PEG 水溶液における溶存酸素の変化と臭気・木材表面のぬめり発生との関係

これらの結果は、中長期的視野では、木材への劣化は緩慢となることができ、一方で、腐卵臭の発生という作業環境の悪化が懸念された。そこで、作業環境の改善を優先した場合を想定し、二十八日目から水槽内にエアポンプを使って溶存酸素量を増加させることを試みた(写真2)。結果、溶存酸素量の増加にともなって腐卵臭は消えた。作業環境の改善を優先する場合は、エアレーションが有効であることがわかった。



写真2 エアポンプによる水中保管

エアポンプによる溶存酸素増加効果は、処理溶液の汚染改善にも現れ、エアレーション開始から二ヶ月経過後の処理溶液の色変化は、開始直後と同等であった(写真3)。溶存酸素量と水中微生物の活動が関与していると考えられるが、詳細原因は調査中である。いずれにせよ、エアレーションは、作業環境改善だけでなく、環境負荷の低減と保管水の定期交換が不必要であるため、正の効果があ

るものとする。



写真3 エアレーション前後の処理溶液の色変化(左:エアレーション前、右:後)

しかし、ぬめりはクリーニングを繰り返して行っても常に発生する状態であった。ぬめりは5%PEG4000 水溶液含浸処理中に腐敗臭の主因が好気性細菌による影響である報告(木川1994)があることから、溶存酸素量増加にともなう好気性微生物が付着したものであると推定した。

以上、本研究の成果は次のようにまとめられる。

脱酸素フィルムによる水浸出土木材の水中保管では、溶存酸素量が低減できるが、従来の脱酸素機能が無い通常の高気密性フィルムでも、好気性微生物の活動により、溶存酸素の低減する効果がある。すみやかに溶存酸素量を低減したい場合は、脱酸素機能を有する高気密性フィルムの使用が推奨されることが提言できる。

半開放型の大型のプールによる溶存酸素量の低減は、保管溶液に保存処理溶液である5%PEG4000をつかった場合においても効果が認められた。ただし、中長期的視野を考えれば、溶存酸素量低下による嫌気性水中微生物の活動がメインとなり、腐卵臭が発生し、作業環境が悪化することが想定される。この場合、保管水溶液に、エアポンプなどを使って溶存酸素量を増加させる手段により、嫌気性水中微生物の活動を緩慢とさせれば、悪臭の発生は抑制できるため、室内における作業環境の安全衛生が図られる。しかし、中長期的視野では確実に好気性微生物による木材への劣化(変色・エロージョン等)が懸念されることから、以上の対応策を相対的に考慮した保存処理計画が施される必要があると考える。

引用文献 木川りか、保存科学、33、pp.47-54 (1994)

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 1件)

〔学会発表〕(計 1件)

片岡太郎「水浸出土木材の水中保管における

腐敗臭発生の低減について」日本木材学会第
66 回大会、名古屋大学（愛知県）、2016 年 3
月 27 日

〔図書〕（計 件）

〔産業財産権〕
出願状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況（計 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

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：