

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：82620

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K13422

研究課題名（和文）木材からの化学物質放散挙動の解明と博物館における選定指標の提案

研究課題名（英文）Study of emission from wood to establish selection criteria for museum

研究代表者

古田嶋 智子 (Kotajima, Tomoko)

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・客員研究員

研究者番号：30724588

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：博物館では、収蔵庫や収納箱などに木材が用いられる。これらの木材から放散する酢酸やギ酸が、収蔵する資料に金属腐食などの有害な影響を及ぼすために深刻な問題となっている。本研究では、博物館で木材を安全に使用するために試験体とした国産のナラ、キリ、ヒノキ、スギからの酢酸とギ酸の放散挙動を明らかにした。放散試験で得た各試験体からの酢酸とギ酸の放散速度を用いて数値解析をおこない、放散挙動を考慮した木材選定指標を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、試験体とした木材からの酢酸とギ酸の放散挙動を把握し、数値解析によって選定指標を得られることを提案した。また、酢酸やギ酸が資料に及ぼす劣化のリスクを低減するための科学的根拠を示した。これらは、博物館で用いる木材の選択を最適化するアプローチであり、博物館環境の改善に対して意義あるものである。

研究成果の概要（英文）：In museum, wood is utilized for storage and storage boxes. However, the emission of acetic acid and formic acid from these woods has emerged as a significant concern due to their detrimental effects, such as the corrosion of metals and the degradation of stored artifacts. This study aims to elucidate the emission behavior of acetic acid and formic acid from various woods, specifically Japanese oak, Paulownia, Japanese cypress, and Japanese cedar, which were selected as test specimens to ensure the safe use of wood in museums. Numerical analysis was performed utilizing the emission rates obtained from emission tests, and a wood selection index that incorporates the emission behavior of these acids was proposed.

研究分野：保存科学

キーワード：酢酸 ギ酸 木材 放散 吸着 博物館環境 資料保存

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

博物館の収蔵庫や収納箱に木材が用いられているが、これら木材から放散する酢酸やギ酸といった化学物質が、収蔵する資料に金属腐食などの有害な影響を及ぼすため深刻な問題となっている。木材は、化学物質の放散があることを除けば、弾力性や加工性に富んだ優れた材料であり、博物館では替わる材料が未だに普及していない。放散する化学物質の対策として、換気や吸着剤が挙げられるが、どちらも一時的措置であり、根本的な解決が急がれる。先行研究から木材は樹種により酢酸やギ酸の放散量が異なると推測するため、放散量の小さい樹種を用いることが望まれる。しかし、木材からの酢酸やギ酸の放散は既知であるが、その挙動を追求した研究は少なく、各木材からの酢酸やギ酸の放散を相対的に比較する手段がない。また一方で、木材には化学物質を吸着し、脱離する特性がある。脱離する化学物質と放散化学物質が同一の場合は、混同しやすい。よって、木材からの酢酸などの放散挙動を正確に把握するためには、吸着脱離挙動を明らかにし、放散挙動へ与える影響を確認する必要がある。

2. 研究の目的

博物館において、木材からの酢酸およびギ酸の放散は大きな課題であり、その対策は急務である。この問題の解決に向けて、本研究では、はじめに博物館で用いる木材における酢酸およびギ酸の放散挙動と吸着脱離挙動を明らかにする。次に、博物館で木材を安全に使用するために、放散挙動を考慮した選定指標を確立し提案する。

3. 研究の方法

(1) 小型チャンバー法による木材の放散試験

試験体として国産のナラ、キリ、ヒノキ、スギ材を用いて、JIS A1901 小型チャンバー法に準じた放散試験を実施した(図1)。放散試験は約1か月間にわたり一定の間隔をあけて継続的に行った。放散試験により各試験体から放散された酢酸とギ酸は捕集液に回収し、イオンクロマトグラフにて各成分の含有量を確認した。



図1 放散試験の様子

(2) 酢酸、ギ酸放散速度の数値解析

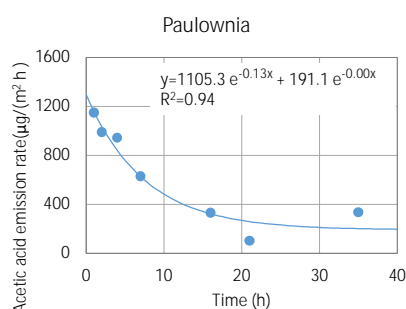
放散試験で得た各試験体からの酢酸とギ酸の放散速度を初期の大きな放散である一次減衰期と、その後小さい放散が長期的に続く二次減衰期の二つの減衰期に分け、化学物質の減衰を表す二重指数関数モデルを用いて回帰分析を行った。

(3) 窒素吸着試験

放散試験の試験体と同じ材から切り出した試験体を用いて、ガス吸着装置により窒素に対する吸脱着過程の特性を確認した。吸着試験の結果をもとに BET 法にて各試験体の比表面積を算出した。

(4) サンプルバッグを用いた吸着試験

サンプルバッグに放散試験で用いた試験体と酢酸試薬を添加してサンプルバッグを閉じ、検知管を用いて内部の酢酸濃度を確認した。試験は、一定の間隔をあけて継続的に行った。



4. 研究成果

(1) 小型チャンバー法による木材の放散試験

各試験体とも時間の経過とともに放散速度は減衰した。酢酸では、スギ、ヒノキの針葉樹よりもナラ、キリの広葉樹で放散速度が大きいことを確認した(図2)。広葉樹は酢酸の放散が大きいことが知られており、再確認する結果であった。ギ酸でも、スギ、ヒノキよりもナラ、キリのほうが大きい放散速度で推移した。

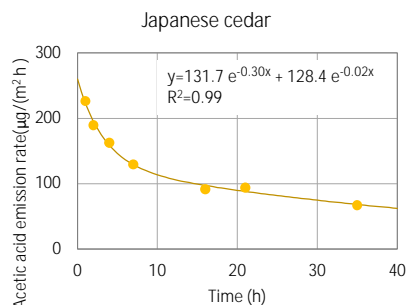


図2 酢酸実測値と二重指数関数モデルによる予測値(●:実測値、線:予測値)

回帰曲線のあてはまりがよいことを確認した(図2)。回帰分析により算出した値を用いて各減衰期で最終的に発生する酢酸の発生量を求めた結果、二次減衰酢酸発生量が総発生量の95%以上を占めることが明らかになった(図3)。これは、試験体からの酢酸の放散は、二次減衰期の放散が主たる放散であることを示している。したがって、二次減衰酢酸発生量を比較することで、木材ごとの酢酸放散量を相対的に比較することが可能となる。試験体とした各樹種では、キリ、ナラ、スギ、ヒノキの順に二次減衰酢酸発生量が大きかった¹⁾。各試験体のギ酸の放散速度の回帰は、ナラを除いて概ねあてはまりはよかった。ナラを除いた各試験体の二次減衰ギ酸発生量は、総発生量のほぼ100%を占めた。試験体では、ヒノキ、キリ、スギの順に二次減衰ギ酸発生量が大きかった。

(3) 窒素吸着試験

試験の結果、キリは他の試験体と比べて吸着量が大きいことを確認した。スギは、試験中にヤニが発生し、測定値が不安定であった。IUPACによる吸着等温線の形状分類にみる特徴では、どの試験体も木材表面と窒素の相互作用が弱いことを示していた(図4)。このことから、試験体では、ガスの吸着および脱離が容易に行われると推察された。吸着試験の結果をもとに BET 法にて各試験体の比表面積を算出した。測定値が不安定であったスギを除き、キリで $9.0\text{--}9.6 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{g}$ 、ナラで $1.4 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{g}$ 、ヒノキで $2.7 \times 10^{-1} \text{ m}^2/\text{g}$ であった。吸着試験で他の試験体より吸着量が大きかったキリの比表面積が大きいことは妥当性がある。しかし、吸着試験の結果から各試験体の吸着性は強くないと考えられるため、比表面積と吸着性能の関係は、さらに検討を重ねる必要がある。

(4) サンプリングバッグを用いた吸着試験

実施した試験では、サンプリングバッグ内の酢酸濃度が不安定となり、再現性のある挙動として捉えることが困難であった。窒素吸着試験の結果から、試験体ではガスの吸着脱離が容易に行われる可能性が示唆されたため、これらの挙動が要因である可能性も考えられた。本研究では、試験体の吸着脱離挙動を数値化し、係数としてモデル式に組み込むまでには至らなかった。

(5) まとめ

試験体とした国産のナラ、キリ、ヒノキ、スギで、酢酸とギ酸の放散を確認した。どの試験体も酢酸とギ酸の放散速度は時間の経過と共に減少し、その減衰挙動は既存の数学モデルである二重指数関数モデルに適合することを確認した。二重指数関数モデルへの回帰分析によって得た値を用いて、各試験体の相対的な比較が可能であることがわかった。これらの結果から、放散速度を用いた数値解析により得られる値は、試験体とした木材から放散する酢酸やギ酸の相対的な比較に有効であり、木材の選定指標として利用できることを見出した。

<引用文献>

- 1) Tomoko Kotajima, Selection of Wood for Museums Based on Its Trends in Chemical Emission, 15th International Conference on Indoor Air Quality in Heritage and Historic Environments, 2022.

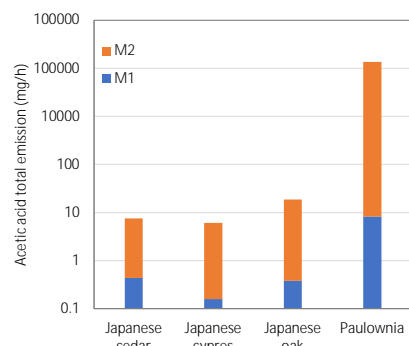


図3 酢酸総発生量 (M1:一次減衰酢酸発生量、M2:二次減衰酢酸発生量)

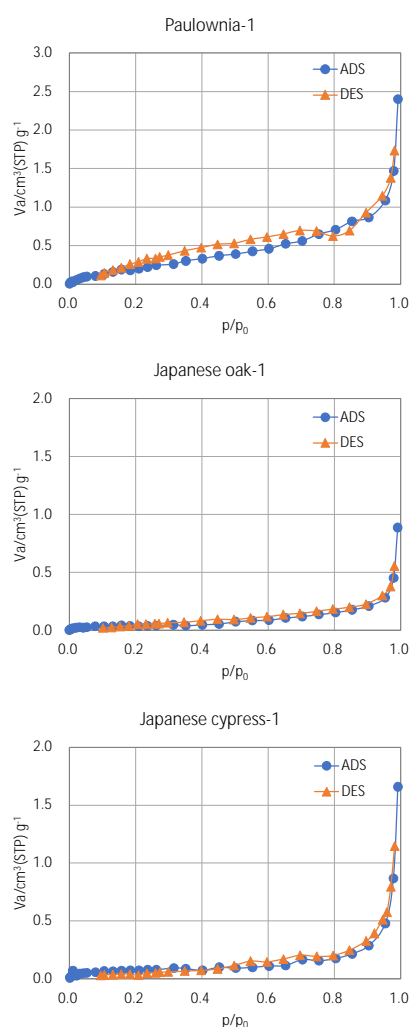


図4 吸脱着等温線

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 古田嶋智子、犬塚将英	4. 巻 59
2. 論文標題 文化財分野で用いる放散試験に向けたサンプリングバッグ洗浄効果の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 保存科学	6. 最初と最後の頁 51-59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 古田嶋智子・犬塚将英	4. 巻 58
2. 論文標題 桐箱、キリ材から放散する有機酸と鉛金属への影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 保存科学	6. 最初と最後の頁 41-53
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Tomoko Kotajima
2. 発表標題 Selection of Wood for Museums Based on Its Trends in Chemical Emission
3. 学会等名 15th International Conference on Indoor Air Quality in Heritage and Historic Environments（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古田嶋智子、犬塚将英
2. 発表標題 博物館における化学物質の放散試験方法の検討 - サンプリングバッグのブランク濃度低減方法 -
3. 学会等名 保存修復学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 古田嶋智子、犬塚将英
2. 発表標題 桐箱やキリ材からの有機酸の放散と金属に及ぼす影響
3. 学会等名 文化財保存修復学会第41回大会
4. 発表年 2019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