

## 「実験用実大展示ケースを用いた濃度予測と清浄化技術の評価」報告

2016.5.10 東京文化財研究所 保存科学研究センター

### 開催日時、場所

日時 平成 28 年 2 月 15 日（月） 13：30～17：00

場所 東京文化財研究所地下 1 階 セミナー室

### プログラム

13:30-13:35	開会挨拶	岡田健（保存修復科学センター センター長）
13:35-13:50	趣旨説明	佐野千絵（保存修復科学センター 副センター長）
13:50-14:20	実験用実大展示ケースにおける放散ガス	古田嶋智子（保存修復科学センター 客員研究員）
14:20-14:50	実験用実大展示ケースの気流性状について	須賀政晴（岡村製作所）
15:10-15:40	実験用実大展示ケースを用いた清浄化と濃度予測について	呂俊民（保存修復科学センター 客員研究員）
15:40-16:00	空気清浄化事例と清浄化手法の提案	佐野千絵
16:10-16:40	質疑応答	

### 参加者人数

当日参加者数 135（外部：127、内部：8）

### 参加者からの質問に対する回答

#### 内装材料について

- Q1. ケース内空気清浄化の為に必要な材料の具体例を教えてください。木質材料（樹種や、より数値が低い合板の種類など）。
- A1. ガスの放散が小さい材料を選ぶことが重要です。木材では、広葉樹からは酢酸が、針葉樹からはギ酸の放散があることがよく知られています。また、合板に使用される接着剤によってはガスが放散される可能性があります。たとえば、ユリア樹脂接着剤からはホルムアルデヒドやアンモニアが発生する可能性があります。十分な枯らし期間を設け、ガス放散をより小さくするなど心掛けることが重要です。
- Q2. 具体的に使っても良い木材、コーキング、クロス、フィルムなどの仕様、この原料が含まれていたらダメ、などがあれば教えてください。
- A2. コーキング剤は空気中の水分と反応して硬化するタイプでは、硬化時の脱ガスの種類より製品を選ぶことが可能です。そのため、文化財に影響を及ぼす酢酸などの脱ガスタイプは除いたほうがよいでしょう。内装材料からのガス放散は放散量と、使用される面積が空間濃度に影響を及ぼすため、使用される容積や量により、適切な判断が必要です。
- Q3. 建材からの蒸散は、どのくらいの期間から発生するのですか。
- A3. 木材からのガス放散は、長期間にわたり継続することが知られています。合板などは製作初期にはガス放散が大きく、その後、ガス放散は小さくなりますが、その状態で続きます。
- Q4. ケース内のフィルム施工に関する空気質への影響をお教えてください。
- A4. （展示ケース内外面に張られる反射防止用のガラスフィルムについての問い合わせとして）我々がおこなった試験ではポリエステル樹脂を材料とするフィルムでは、酢酸やギ酸は検出限界値以下でした。しかし、こうした内装材料は、改良のために内容物やその含有量が変化しているため注意が必要です。

Q5. 密閉式展示ケースの床板のクロスを交換したが、1年以上経ってもケース外に放置してもアルカリが出続けています。難燃クロスはアルカリが出続けるのでしょうか。2カ月程の展示期間で「安全な濃度」という言い方はできるのでしょうか。

A5. リン窒素化合物を含んだ難燃剤を使用したクロスからアンモニアが検出されましたが、試験では21日間の枯らしによって減少しました。(文献1)

Q6. 建材・部材についてJIS等の試験等による、放散速度の指針値を参考値等で示していただくことを希望します。

A6. ガス放散速度とは、ある物質からの単位面積あたりの放散量を示したもので、重要となるのはガス放散がある物質が用いられている空間中の濃度(空气中濃度)となります。空間容積に対してガス放散がある物質の使用面積割合が大きい場合、小さい放散速度でも空气中濃度は高くなります。この空气中濃度に対して「のぞましい管理基準値」が存在します。東京文化財研究所では、酢酸 $430\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ギ酸 $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、アンモニア $22\mu\text{g}/\text{m}^3$ を推奨しています。(文献2)

Q7. 古田嶋さんの発表で、配布資料に記載のない木材、接着剤、コーキング材の種類と酸、アンモニアの放出量の差異、Test1、Test2に用いた展示床材料の詳細とガス放散量のデータは入手できますか。

A7. 一部を論文、学会大会にて報告しています。ご参照ください。合板、木材：文献1、3、4。コーキング剤：文献5、6。

## エアタイトについて

Q8. ガラスケースを新調する計画があります。展示ケース内の清浄化の目的で換気ファンをつけるならば、エアタイトにする意味はあるのでしょうか。

A8. 換気ファンを常時運転するのか、今回の発表のように閉館時に運転するかに異なります。今回の例のように、展示時期には換気運転しないのであれば、展示ケース内環境維持のためにエアタイトとすべきです。常時おこなうのであれば、エアタイトにする必要がありません。

Q9. 展示ケースがエアタイトでなければ、濃度は高くないのですか。

A9. 発表資料にある、空気交換率によるケース内濃度の推移を参考にしてください。空気交換率が高いと、早く定常値になります。定常時の濃度は、式)  $C = C_0 + M/Q$  で算出できます。

Q10. エアタイトケースを用いる理由は、ケース内の湿度を一定に保ちたいためです。博物館や美術館の展示室の温湿度が望ましい数値になっているというのは理想論であり、機械上はそうであっても、実際の室内はパーテーションの設置や入館者の数によってそうなってはいません。特に湿度のコントロールは難しく、どこでも今は加湿器を使い、梅雨には除湿器のお世話になりがちです。それを補うためのエアタイトケース+調湿剤を、ケースを開放すれば、ケース内の湿度が変化してしまいます。調湿剤を入れてもケース内の湿度が調うまでに3、4日かかると言われていた中で、週1回開放し、ケース内の湿度が調わない状態が続くことがよいのか、酢酸に対策を取るべきなのでしょうか。

A10. 展示室空気による換気は、空調により所定の環境が整っているという条件でお勧めしています。指摘のような問題が考えられる場合には、内部循環による空気清浄化ユニットを利用すれば外部の影響を受けません。化学物質による変色・変質は不可逆反応なので、酢酸に対して優先して低減対策を行うことをお勧めしますが、形態変化が起きないように常時監視をお願いします。

## 測定方法

Q11. 展示ケース内空気の状態測定時の条件をお聞かせください。特に展示ケース扉閉鎖後、どれくらいの時間をとってから測定するかを教えてください。

A11. 2016年度の文化財保存修復学会大会(2016.6開催予定)で発表予定です。今回の発表にありましたように、展示ケースの空気を入れ替えた後、初期は濃度が上昇する過程にあります。定常になった状態を知る必要があるのですが、なるべく現場での測定時間などの制約を考慮して提案する予定です。

Q12. 調査のためにケースを開けることが、結果に大きく影響するということがわかっているのであれば、パッシブインジケータを使ってケース内のガス濃度の程度を調べる場合、4日・7日+調査のためにケースを開放したことによる影響分(日)とか、何日開放してから、閉めて何日というような評価条件のバリエーションが示されると助かります。

A12. パッシブインジケータは曝露している時間の積算の平均値となります。確かに開放した影響分や評価条件も関係しますが、パッシブインジケータの目的は大まかな汚染度合いを知ることなので、現在の使用方法でじゅうぶんと考えます。

Q13. 壁面ケースの有害ガス発生源の調査方法とアンモニア、ホルムアルデヒドの清浄化について教えてください。

A13. 特殊な機材を用いて精密な方法で放散速度をはかる方法もありますが、パッシブインジケータを用いて、発生源部位に検知剤への拡散孔の面を向けてセットし、変色度合いを確認することが簡易な方法です。展示室が清浄であればアンモニアとホルムアルデヒドについても展示室空気の換気は有効です。ガス吸着フィルターについて、それらのガスがとれるものを選定すれば効果があります。

Q14. ケース内汚染物質モニタリングの条件を教えてください。

A14. 配布資料をご確認ください。

Q15. 呂さん発表のP.15において、ケースと室内空気との入替時間、17時間後のファン運転など条件について、もう少し詳細を教えてください。

A15. 展示ケース内の空気入替時間は、次の実験に移る間の3時間でケースを開放状態とし扇風機でケースの空気を追い出しています。17時間後にファン運転(0.18 m<sup>3</sup>/h)し、ケース内空気を循環させます。サンプリング中もファンを運転しています。

## 清浄化について

Q16. 壁面ケースの清浄化方策として、局所排気装置は化学フィルターろ材のタッカー止めや、清浄化ユニットに比べて効果を期待できるのでしょうか。

A16. 局所排気は壁面ケースのように容積が大きい場合、換気効率が悪くなりますが、給気から排気へのルートを確保することで効率は上がります。化学フィルターろ材のタッカー止めは、発生源を裏面なども含め隙間なく封じ込めれば効果があります。施工方法によるところが大きいので、単純に比較することはできません。清浄化ユニットの効果は、ケース内の空気を処理する風量によります。

Q17. 壁面ケースの清浄化方策の経済性と所要日数について教えてください。

A17. 3週間程度の枯らし期間で材料からの放散ガスは減少しますが、微量のガス発生が継続する場合と、空気交換率によって濃度が上昇します。こまめにケース開放し、換気ファンなどによって空気を入れ換えるのが経済的ですが、展示への影響を考え総合的に判断すべきです。

Q18. 展示ケース内の清浄化の必要性について、200時間程度で行うべきとお話があったが、①エアタイトかつ換気機能のついていないケースの場合、どのような方法で行うべきか。じゅうぶんに換気されたという目安となるものはあるか。一般的な学芸員にも実現可能な方法をご教示いただきたい。②ケース内に資料を入れたままで換気する場合、ケース内の温湿度を一定に保つことと、資料の長期的保存の観点から、どちらを優先すべきか。

A18. ①展示ケースの容量が大きければ、能力の大きい換気ファンが必要ですし、給気から排気の風の通り道を造らなくてはなりません。じゅうぶんに換気されたら現場で判断する方法は、先ずケースを開けた時にある独特の臭いを確かめておき、ケース内が無臭になるまで、繰り返し換気することです。

②古田嶋さんの発表にありました酢酸に影響されやすい資料に対しては清浄化が必要です。換気の判断は資料の種類と、展示室の環境から判断すべきでしょう。温湿度変化に敏感な資料や展示室がカビの発生しやすい高湿度になっている場合、換気は避けるべきです。換気時の影響についてですが、展示室の温湿度がどの程度ケース内と異なるかによります。空調され、展示室との温度差が数度以下程度であれば換気時の影響は少ないでしょう。資料を設置した状態での換気は、粉塵などで換気時に汚染されますので展示室が空調された状態でおこなうことをおすすめします。ケース内の温湿度の変化に対して敏感な資料を除き、不可逆な化学反応を起こしてしまう高濃度の化学物質汚染への対策は優先して取り組むべきと考えます。

- Q19. 企画展示用に仮設の造作ケースを作る予定があります。造作完了から展示まで3週間程の枯らし期間を準備していますが、会期を通して仮設の造作ケースにもファン付の浄化ユニットを付けたほうがよろしいでしょうか。それとも、換気の方が現実的でしょうか。
- A19. 仮設ケースの場合、枯らし合板を使用することをお勧めします。ファン付きの浄化ユニットをつければ展示ケース内の濃度は下がりますので、展示が長期間に及ぶのであれば、何らかの浄化できる工夫があると良いでしょう。コストがかけられるのであれば、遮蔽能力の保証された三層構造の遮蔽フィルムの利用もお勧めです。
- Q20. エアタイトケースに使用する吸着剤の交換時期の判断方法について教えてください。
- A20. 展示ケースの汚染レベルがわかれば、予め吸着剤の寿命は吸着剤メーカーが推定してくれます。また、使用中の吸着剤については、取り外し吸着剤メーカーに依頼すれば、高濃度のガスの負荷を与え破過する時間から余命を判断してくれます。
- Q21. 浄化ユニットのメーカー名を頭文字だけでいいので教えてください。
- A21. フィルター単体か、ファンやダクトも含むのかにもよります。今回使用したのは一社製品ですが、公表は控えていただきます。同等の製品は多数ありますので、「酢酸を除去できる製品」と指定して情報を探してください。
- Q22. ケース内のファンから熱や振動、音などは発生しますか。また、どれくらい発生するのですか。
- A22. 風量「小」で運転した場合、発熱は約1W、振動はほとんど発生しません。発生しても展示床に伝わらないように防振ゴムで振動絶縁しています。騒音については不明です。参考までに、風量「大」でのファン単体の騒音は64dBですが、ケース下部に設置した状態での計測は行っておりませんので不明です。
- Q23. 高い気密性から濃度平衡に時間がかかることを示唆する結果となりましたが、実際の現場測定における注意点はいかがでしょうか。測定口を用意する、サンプリングにセッティングからのデレイ時間を設けるなど。濃度予測式を使う場合は空気交換率のパラメーターが必要ですが、必須となりますか。(実施は可能ですが、全量を行うには日数がかかる測定のため)
- A23. 測定口を専用で設けることは望ましいですが、現実的ではありません。サンプリングにセッティングからのデレイ時間を設けるのが現実的ですが、長時間セットしたままにしておくと、ポンプのバッテリー容量や検知管を切断してからのセットですから、その間のガスによる影響もあります。現在、空気交換率の設定も含め2016年度の文化財保存修復学会大会で測定法の提案を検討しています。
- Q24. 吹き出しと吸い込みの風速分布はありましたか。
- A24. 発表時にPIV、STREAMの結果として示しました。2016年度の文化財保存修復学会大会で発表予定です。
- Q25. 気流の動画及びシミュレーション画像等が見られるようにしてください。
- A25. 検討いたします。

## 文献

- (1) 呂俊民, 古田嶋智子, 林良典, 佐野千絵. 展示空間に用いるクロス材の放散ガスの測定と評価. 保存科学. 2013, (52), pp.207-221.
- (2) 東京文化財研究所編. 文化財の保存環境. 中央公論美術出版, 2011.
- (3) 古田嶋智子, 呂俊民, 林良典, 佐野千絵. 展示収蔵施設に用いられる木質材料の放散ガス試験. 保存科学. 2013, (52), pp.197-205.
- (4) 古田嶋智子, 佐野千絵, 勝亦京子, 稲葉政満. 展示内装材料としての合板の酢酸ガス放散挙動. 文化財保存修復学会第37回大会研究発表要旨集. 京都, 2015-6-27/28. pp.112-113.
- (5) 古田嶋智子, 呂俊民, 林良典, 佐野千絵. 展示収蔵施設で用いられるコーキング材からのガス放散速度. 平成25年度室内環境学会学術大会講演要旨集. 長崎, 2013-12-5/6. pp.134-135.
- (6) 古田嶋智子, 呂俊民, 林良典, 佐野千絵. 文化財展示収蔵施設に用いられる内装材料の空気質への影響. 文化財保存修復学会第35回大会研究発表要旨集. 宮城, 2013-7-20/21. pp.146-147.

H27年度「文化財の保存環境に関する研究会」

東京文化財研究所  
THE NATIONAL INSTITUTE OF CULTURAL PROPERTY PRESERVATION  
 National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo

# 実験用実大展示ケースにおける放散ガス

東京文化財研究所 古田嶋 智子

東京文化財研究所  
THE NATIONAL INSTITUTE OF CULTURAL PROPERTY PRESERVATION  
 National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo

## Contents

1. 展示施設における空気質の課題
2. 実験用実大展示ケース概要とケース内濃度測定法
3. ケース内濃度と予測濃度

2

東京文化財研究所  
THE NATIONAL INSTITUTE OF CULTURAL PROPERTY PRESERVATION  
 National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo

## 展示空間における主なガス発生源

コンクリート壁  
 $\text{NH}_3$  アンモニア

来場者・スタッフ  
 $\text{CO}_2$  二酸化炭素

<内装材料>  
 壁紙、合板、コーキング剤など  
 $\text{CH}_3\text{COOH}$  酢酸  
 $\text{CHCOOH}$  甲酸

展示ケース  
 $\text{HCHO}$ ,  $\text{CH}_3\text{CHO}$  などアルデヒド類  
 $\text{NH}_3$

3

東京文化財研究所  
THE NATIONAL INSTITUTE OF CULTURAL PROPERTY PRESERVATION  
 National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo

## 密閉空間における汚染ガス発生の要因

- ・気密性が高い（空気交換率：0.1～0.5回/日程度）
- ・密閉空間内における汚染ガス発生源の存在
- ・製作から展示までの期間が限られる
- ・密閉状態の継続（2～3ヵ月程度）

図：http://www.okamura.co.jp/public/museum/

4

東京文化財研究所  
THE NATIONAL INSTITUTE OF CULTURAL PROPERTY PRESERVATION  
 National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo

## ガス濃度と鉛の腐食生成（酢酸）

400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ～  
 腐食が急速に進行

NOAEL: 400

Acetic acid concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

Weight gain per surface area ( $\text{g}/\text{m}^2$ )

months: 12

汚染ガスによる被害を受けた作品類  
 図：http://www.getty.edu/conservation/publications\_resources/pdf\_publications/pdf/monitoring.pdf

酢酸ガス暴露試験による鉛表面の腐食生成量（Tétreault J. (2003)）  
 [54%RH for 12 months at average acetic acid concentrations ranging from 0.060 to 36mg  $\text{m}^{-3}$ ]

5

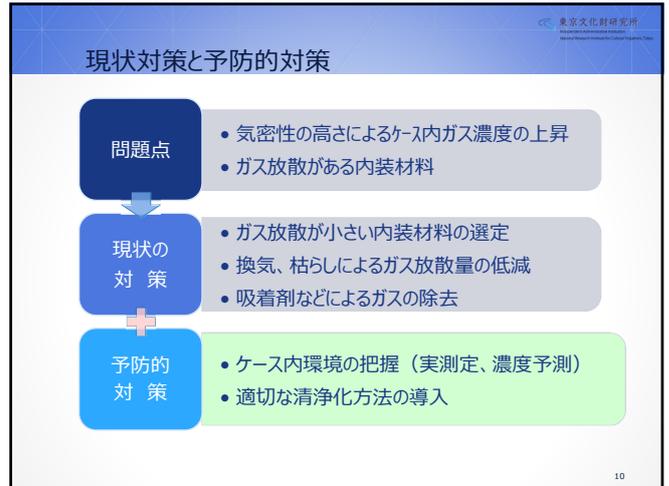
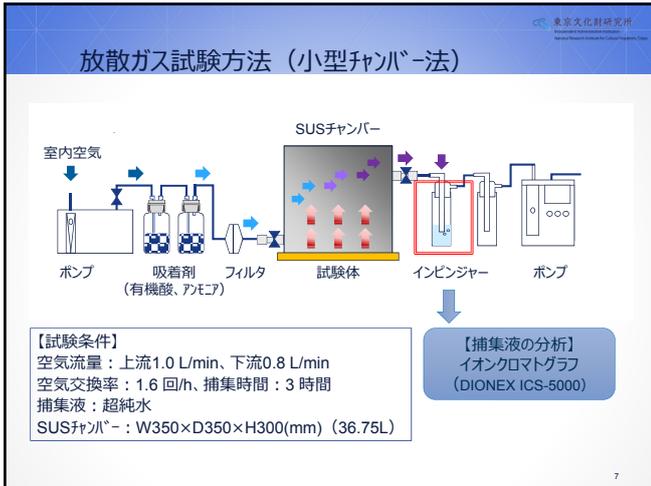
東京文化財研究所  
THE NATIONAL INSTITUTE OF CULTURAL PROPERTY PRESERVATION  
 National Research Institute for Cultural Properties, Tokyo

## 空気汚染物質濃度指針値（文化財）

空気汚染物質	Canadian Conservation Institute (2003)	Getty (grade: In general)* (2006)	東京文化財研究所* (2010)
酢酸	400	98-684	430
甲酸	20	9-38	20
アンモニア	—	—	22
ホルムアルデヒド	150	12-23	100
アセトアルデヒド	—	—	48

\*conversion from ppb (22°C, 1atm)

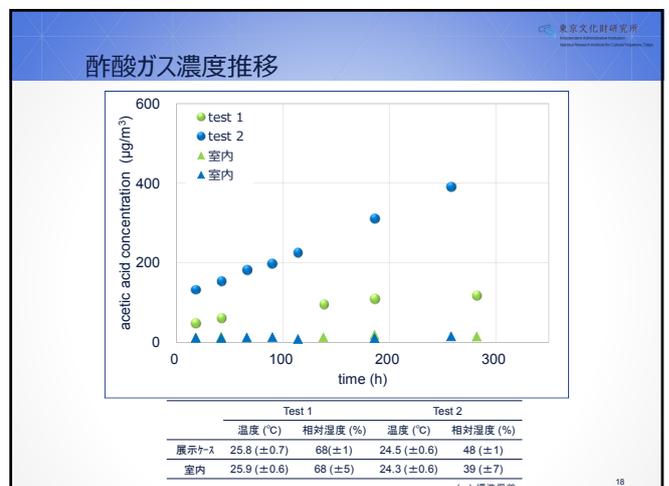
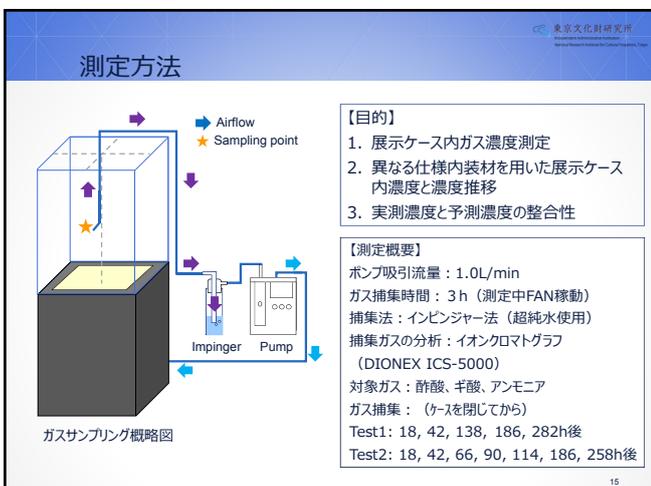
6

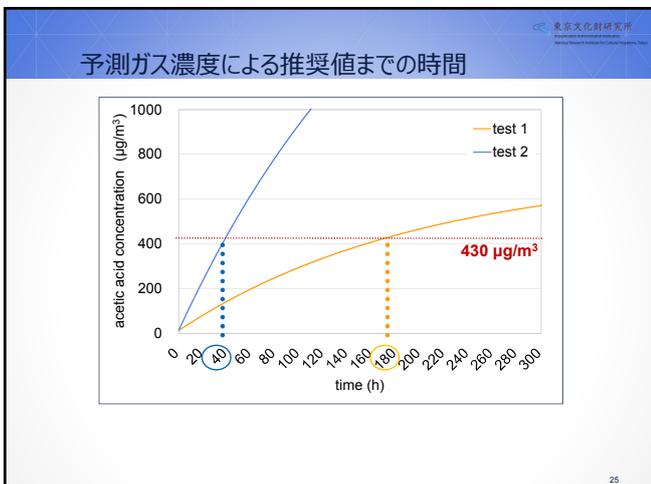
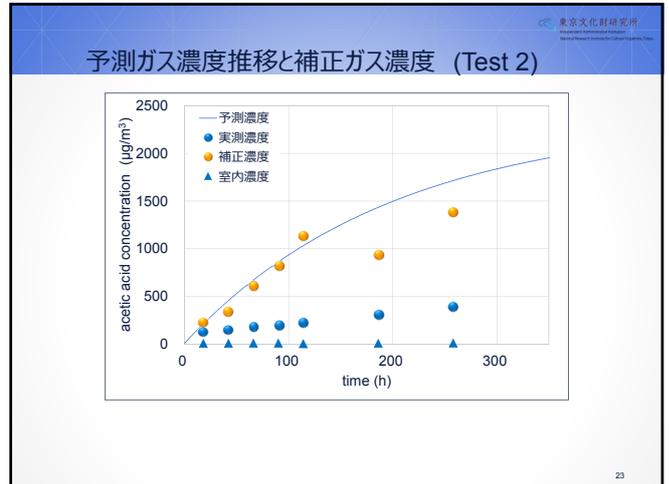
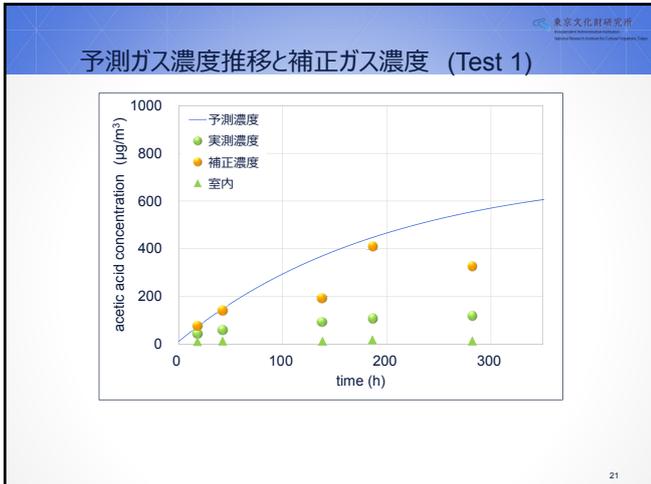
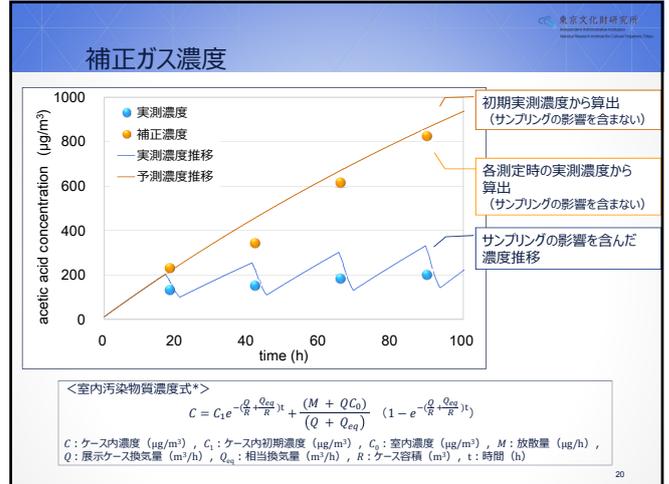
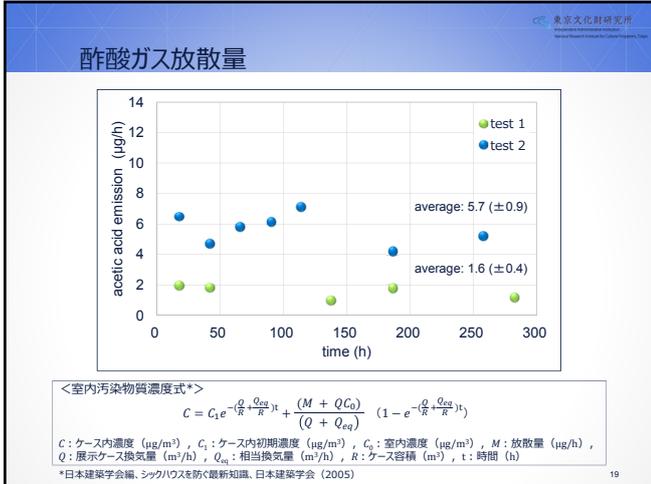


- ### 展示ケース内ガス濃度測定の問題
- 展示ケースを閉じた状態での継続的ガス捕集  
 →測定機器の出し入れにより空気が交換されてしまう。
  - 空気交換率測定など展示ケース性能の把握  
 →1 台ごとに詳細を確認することができない。
  - 測定事例数の不足  
 →データの比較、傾向把握を困難とする。

### 実験用実大展示ケース概要

サイズ	0.75 m×0.75 m H 1.92 m 【ガラスケース】 0.73 m×0.73 m H 0.97 m (0.55 m³)
空気交換率	0.12 回/日 (FAN運転時：4.6 回/日)
換気量	0.0028 m³/h (0.107 m³/h)
機能	ファン、吸着フィルタ、換気用ダンパ、調湿剤ボックス
内装材料	展示床、コーキング剤（オキシムタイプ）、ガラス（内外面に反射防止フィルム貼）





### まとめ

- ▶ 展示ケース内において、展示床が放散源と考えられ、その放散量はおおむね一定であった。
- ▶ 予測濃度は実測濃度を補正した濃度と近い傾向を示した。  
→ 任意の時間におけるケース内濃度の試算を可能とする。
- ▶ 枯らした合板と同程度の放散速度をもつ内装材料を用いても、本展示ケースでは200時間程度で推奨濃度(430µg/m<sup>3</sup>)を超えることを確認した。  
→ 展示期間中における展示ケース内清浄化の必要性。

【今後の課題】

- 放散量のばらつきに対する検討。
- 汚染ガスの存在を見据えた抑制、清浄化の検討。

東京文化財研究所  
Tokyo National Research Institute for Cultural Properties

## 謝辞



本研究を進めるにあたり、  
多大なるご協力を賜りました。

株式会社 キーテック  
江間忠木材 株式会社

研究にご協力頂いた皆さまに、  
心より感謝申し上げます。

**ご清聴ありがとうございました。**

27

東京文化財研究所  
Tokyo National Research Institute for Cultural Properties

## Reference

- ・『博物館資料保存論—文化財と空気汚染』、佐野千絵他、みみずく舎（2010）
- ・『文化財の保存環境』、東京文化財研究所編、中央公論美術出版（2011）
- ・『Airborn Pollutants in Museums, Galleries, and Archives』、Jean Tétéault,CCI（2003）
- ・『Monitoring for Gaseous Pollutants in Museum Environment』、Grzywacz, C. M., Getty Publications（2006）
- ・JIS A1901:2009『建築材料の揮発性有機化合物(VOC)、ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法—小型チャンバー法』
- ・『試験用実大展示ケースを用いたケース内ガス濃度の解析』、古田嶋智子他、保存科学, 54（2014）
- ・『展示空間に用いるクロス材の放散ガスの測定と評価』、呂俊民他、保存科学, 52（2013）
- ・『展示収蔵施設に用いられる木質材料の放散ガス試験』、古田嶋智子他、保存科学, 52（2013）
- ・『シックハウスを防ぐ最新知識』、日本建築学会編、日本建築学会（2005）
- ・『Airborne Pollutants in Museum Showcases: Material Emissions, Influences, Impact on Artworks.』、Schieweck, Alexandra（2009）
- ・『WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants』、WHO Regional Office for Europe（2010）

28

# 実験用実大展示ケースの 気流性状について

株式会社岡村製作所  
 須賀 政晴

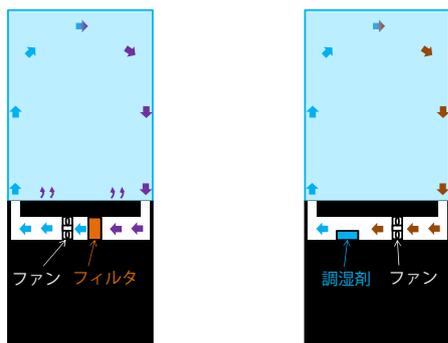
2016/2/15 「文化財の保存環境」に関する研究会

## Topics

1. 清浄化機能付き展示ケースの気流デザイン
2. 気流分布の測定
3. 熱気流シミュレーション
4. まとめ、今後の課題

## 1. 清浄化機能付き展示ケースの気流デザイン

ファン付き展示ケースの例



有害ガスの清浄化

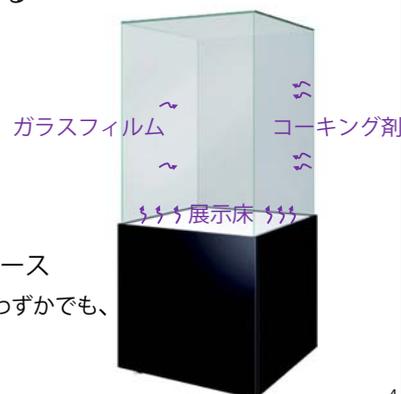
調湿効果の促進

## 有害ガスの清浄化

### ●内装材から発生する

有害ガス

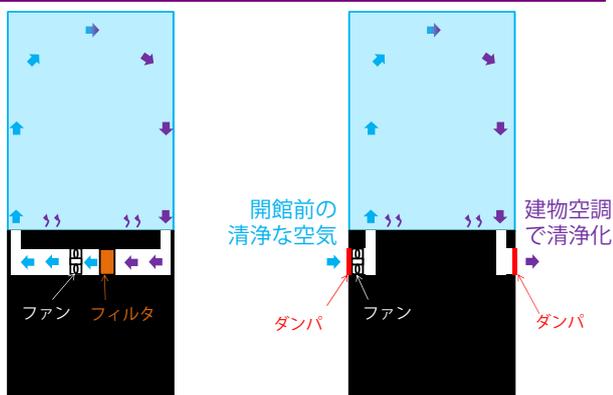
- ・酢酸
- ・ギ酸
- ・アンモニア
- など



### ●エアタイト展示ケース

発生する有害ガスがわずかでも、  
 ケース内にこもる

## 清浄化の方式



吸着フィルタ方式

換気方式

## 気流デザイン

### ■予想されるリスク

- ・展示物が風に煽られる
- ・展示物表面の保湿層が奪われ、乾燥する
- ・展示物の劣化

### ■気流デザイン

- ・必要風量の確保
- ・展示物に当たる風速 < 0.03 m/s\*
- ・淀みがない

従来はカンと経験で設計

\*文部科学省「カビ対策マニュアル」より

### 実験用実大展示ケースの仕様

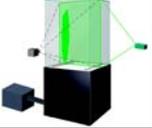
- ・展示ケース： 清浄化機能付き行灯型5面ガラスケース
- ・サイズ： W750mm×D750mm×H1920mm  
 (展示台高さ950mm、容積0.55m<sup>3</sup>)
- ・空気交換率： 0.3回/day 以下
- ・清浄化機能： 吸着フィルタ方式（循環）、  
 換気方式の両方を実現
- ・風量設定： 4段階 実測値（フィルタあり）  
 「大」： 1.40 [m<sup>3</sup>/min]  
 「中」： 0.22 [m<sup>3</sup>/min]  
 「小」： 0.18 [m<sup>3</sup>/min]  
 「弱」： 0.07 [m<sup>3</sup>/min]
- ・流速： 0.03 m/s 以下（展示物付近）
- ・淀みが少ない



7

### 2. 気流の測定

#### 気流測定方法

	熱線式風速計	超音波式風速計	粒子画像流速測定法 (PIV)
外観			
計測範囲 [m/s]*	0.05 ~	0 ~	カメラの空間分解能とフレームレートによる
表示分解能 [m/s]*	0.01	0.005	
風向	×	○	○

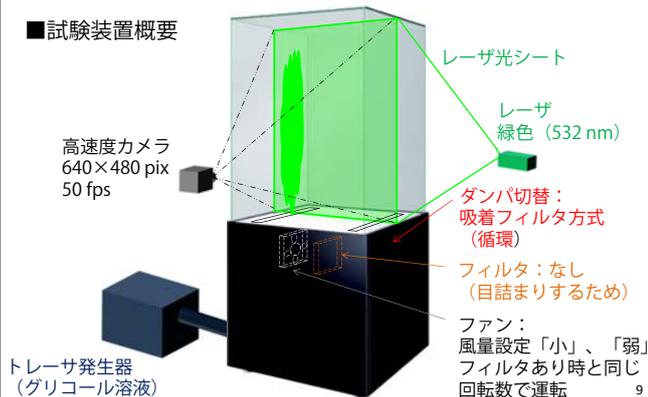
数値は代表的な計測器の例

8

### 粒子画像流速測定法 (PIV) による気流測定

#### 粒子画像流速測定法 (PIV Particle Image Velocimetry)

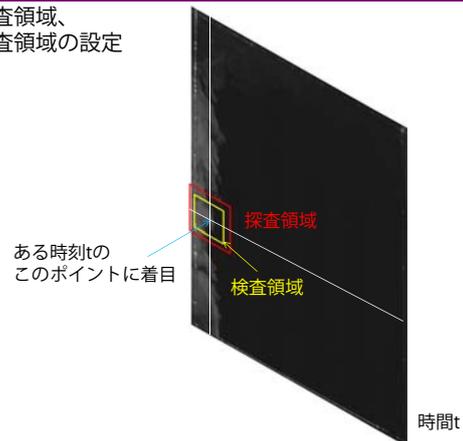
##### ■ 試験装置概要



9

### PIV画像解析方法①

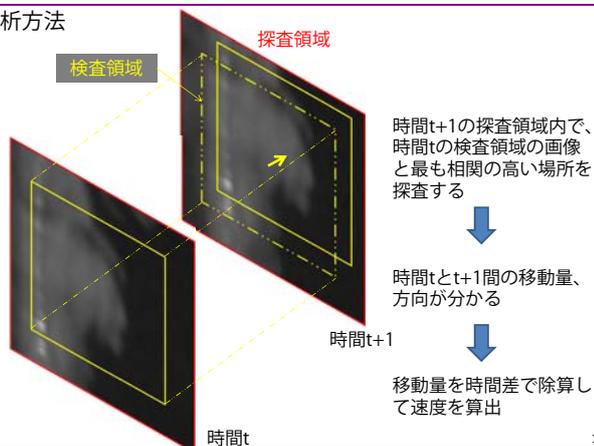
#### 検査領域、 探査領域の設定



10

### PIV画像解析方法②

#### 解析方法



11

### 3. 熱流体シミュレーション

#### ■ 使用ソフト： STREAM® Ver.8

(ソフトウェアクレイドル社)

- 設定条件：
  - ・ 風量： フィルタあり時の風量（実測値）を設定  
 「小」 (0.18 m<sup>3</sup>/min)  
 「弱」 (0.07 m<sup>3</sup>/min)
  - ・ ダンパ切替： 吸着フィルタ方式（循環）
  - ・ リークを考慮（換気量： 0.107m<sup>3</sup>/h）
  - ・ ファンの発熱を考慮

12

#### 4. まとめ

- ・ 清浄化機能付き実験用展示ケースを製作
- ・ PIVによる気流分布の測定
  - 気流の方向、流速が測定できた
  - 淀みが少なくケース内全体を清浄化できた
- ・ 熱流体シミュレーション
  - 気流の方向はPIVとおおよそ一致
  - 流速の大きさはPIVの実験結果の方が大きい  
…フィルタの有無により風量が変わったため

13

#### 今後の課題

- ・ PIVとシミュレーションとの流速の整合性を高める
- ・ シミュレーションを用いた清浄化機能付き展示ケースの設計手法の確立
- ・ 他のタイプの展示ケース（覗き、壁面）への展開
- ・ 展示物が入ったときの気流分布の確認

14

#### 参考文献

- ・ 間瀬創, 久岡伸功, 林良典, 犬塚将英, "LED照明を用いた展示ケースにおける温湿度分布とその要因について", 保存科学, 54, pp.193-203
- ・ 古田嶋智子, 呂俊民, 林良典, 須賀政晴, 佐野千絵, "試験用実大展示ケースを用いたケース内ガス濃度の解析", 保存科学, 54, pp.205-213
- ・ 佐野千絵, 呂俊民, 吉田直人, 三浦定俊, "博物館資料保存論", みみずく舎
- ・ 文部科学省, "カビ対策マニュアル"
- ・ 可視化情報学会編, "PIVハンドブック", 森北出版

15

# 実験用実大展示ケースを用いた 清浄化と濃度予測について



2016.2.15  
 東京文化財研究所  
 呂 俊民

文化財の保存環境に関する研究会

1

## はじめに

実験用展示ケースを用い、ケース内の濃度推移の実測と予測の比較をおこなった。気密性が高く、放散ガスの少ない内装材を使用しても濃度が高くなる。

↓

清浄化をはかるため、実験用展示ケースに循環ファンを設け、気流性状を確認した。

↓

吸着フィルタと換気による清浄化の効果を確し、展示ケースの濃度推移を予測する。



2

## 背景 美術館・博物館の展示環境

空調した美術館・博物館の展示室の空気は開館してから清浄となるが、展示ケース内は汚れている。

3

## 実測データでは

美術館・博物館の実測データを解析すると、展示ケースの有機酸濃度が高い

出典 呂他：展示・保存環境の酸性雰囲気改善のための研究-実測データに基づく解析, 文化財保存修復学会研究発表要旨集150-151 (2008.5)

4

## 展示ケースの清浄化

現状

エアタイト

実験用展示ケースにもたせる機能

展示ケースの清浄化

吸着フィルタ

機械換気

5

## 居住環境に例えると

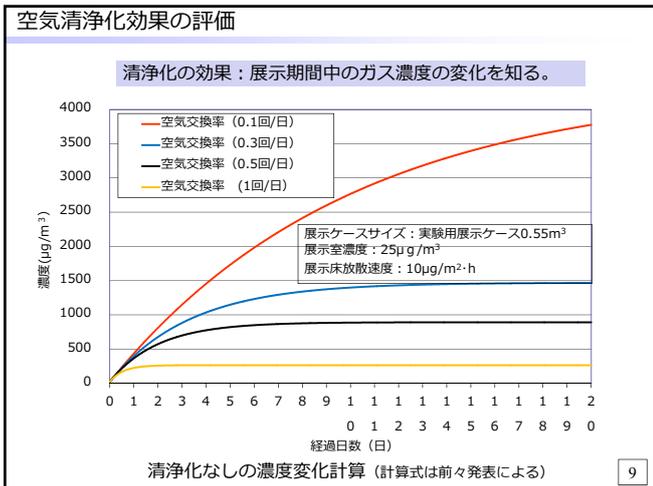
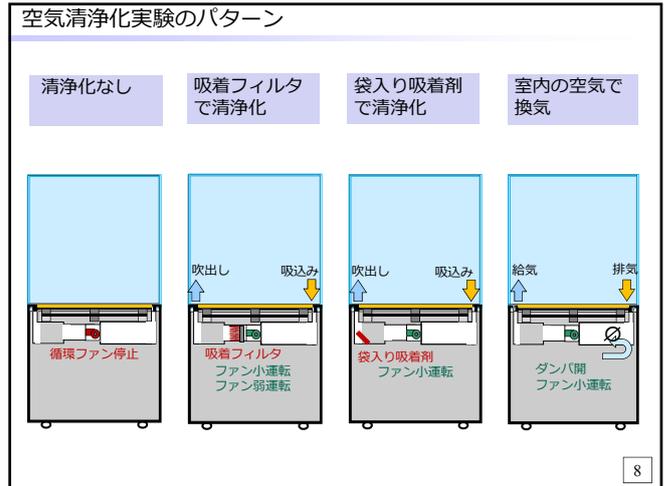
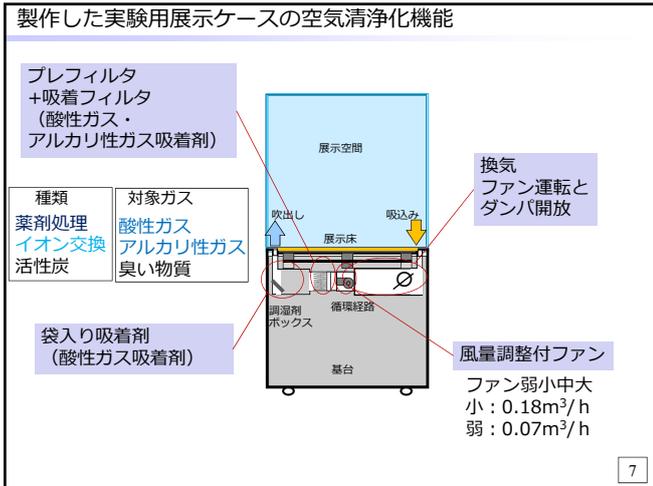
室内に空気清浄機

空気清浄機

新鮮外気による換気

換気扇

6



### 清浄化効果を相当換気量で評価

濃度変化を表す式

$$C = C_1 e^{-nt} + (C_0 + \frac{M}{Q})(1 - e^{-nt})$$

長時間経過すると一定濃度になる  $C = C_0 + \frac{M}{Q}$   $n = \frac{R}{Q}$

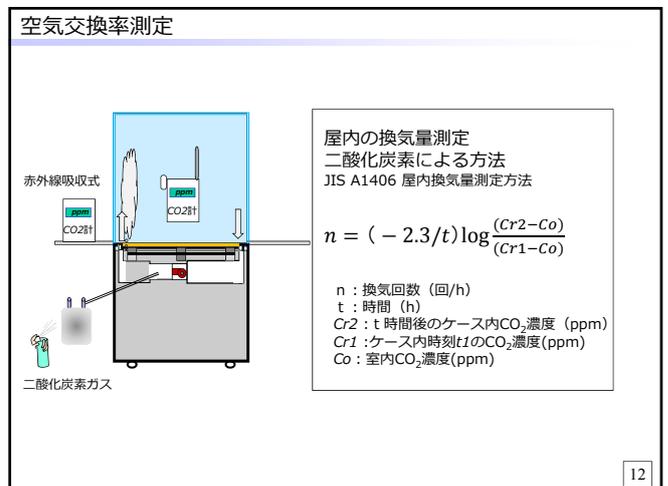
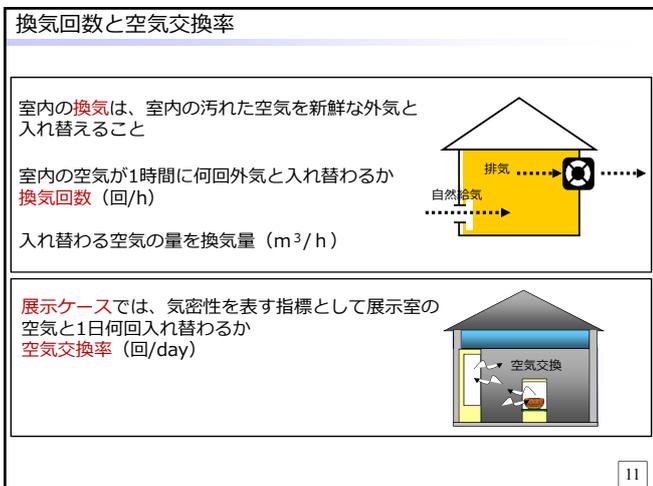
清浄化 換気に相当させた値を加える

$$C = C_1 e^{-(n+neq)t} + (C_0 + \frac{M}{Q + Qeq})(1 - e^{-(n+neq)t})$$

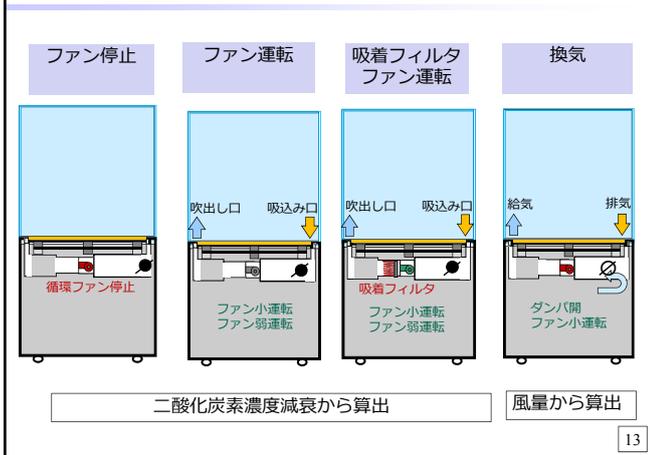
C: 展示ケース内濃度 (µg/m<sup>3</sup>)  
 C<sub>0</sub>: 展示室濃度 (µg/m<sup>3</sup>)  
 C<sub>1</sub>: 展示ケース内初期濃度 (µg/m<sup>3</sup>)  
 M: ガス放散量 (µg/h)  
 Q: 展示ケース換気量 (m<sup>3</sup>/h)  
 Q<sub>eq</sub>: 相当換気量 (m<sup>3</sup>/h)  
 R: 展示ケースの容積 (m<sup>3</sup>)  
 n: 換気回数 (回/h)  
 n<sub>eq</sub>: 相当換気回数 (回/h)

参考文献：日本建築学会編：シックハウスを防ぐ最新知識 日本建築学会 (2005)

10

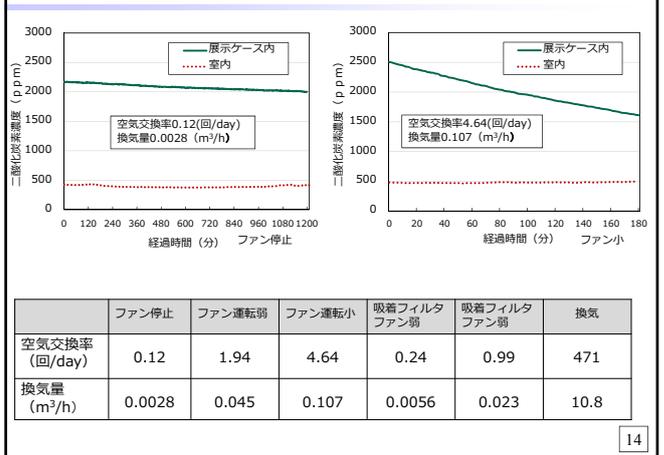


空気交換率測定のパターン



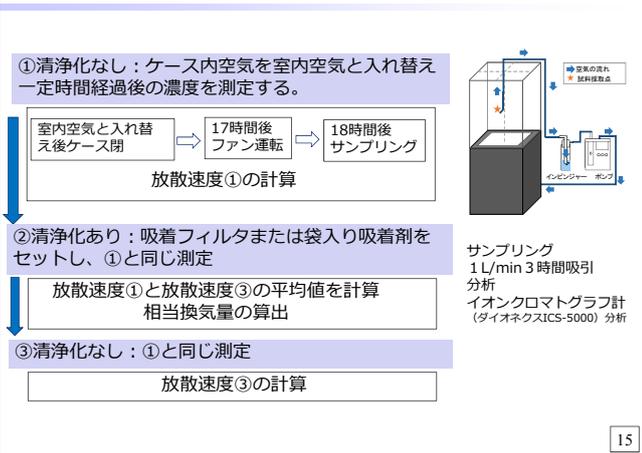
13

空気交換率測定結果



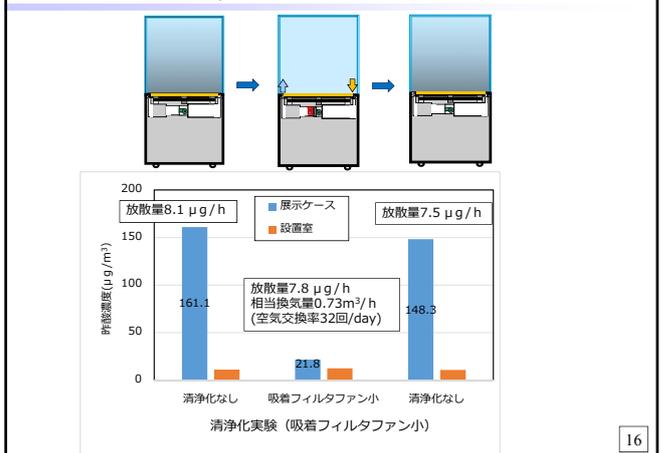
14

ガス濃度の測定と清浄化時の相当換気量の計算



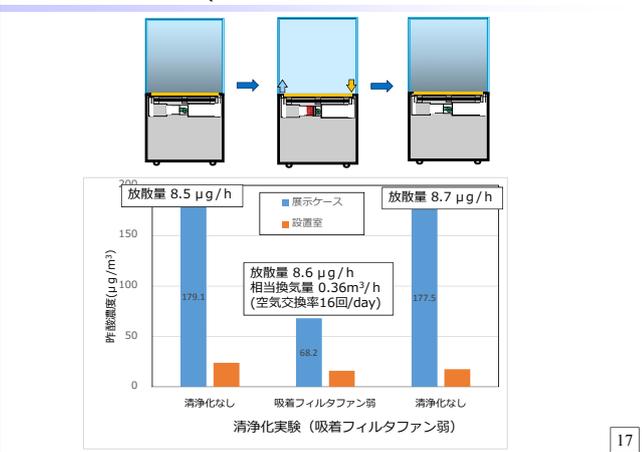
15

ガス濃度の測定結果(吸着フィルタファン小)



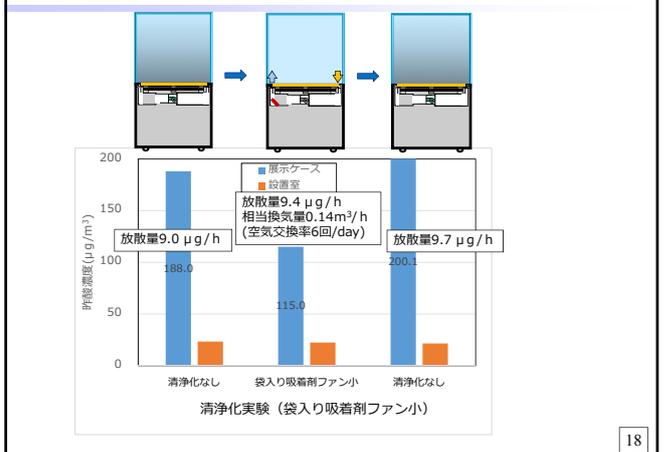
16

ガス濃度の測定結果(吸着フィルタファン弱)



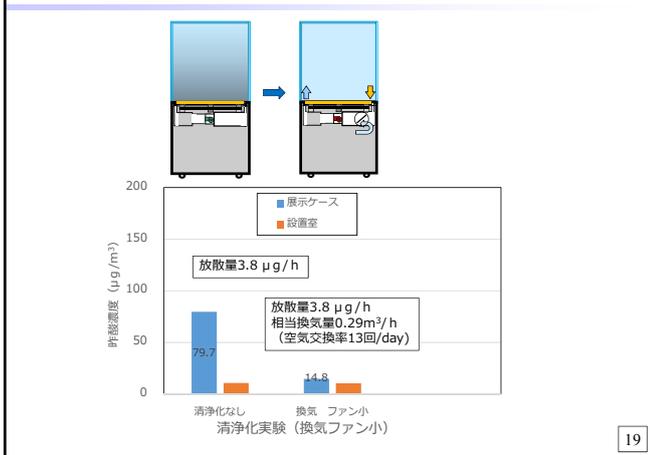
17

ガス濃度の測定結果 (袋入り吸着剤)



18

ガス濃度の測定結果（換気）



19

空気清浄化の効果 展示を想定して評価

開館前に清浄化のためにファンを運転する。  
展示室は空調運転されている。  
展示ケース内放散量10μg/h一定 室内濃度25μg/m³一定

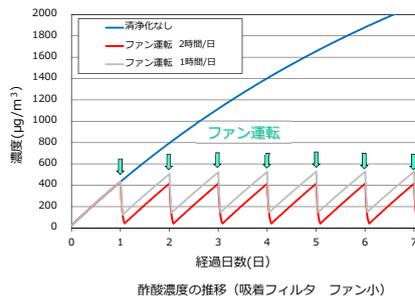
空気清浄化のパターン

吸着フィルタ ファン 小	吸着フィルタ ファン弱	袋入り吸着剤 ファン小	換気 ファン小
1日1時間	1日1時間	1日1時間	1日1時間
1日2時間	1日2時間	1日4時間	1日2時間
清浄化なし	清浄化なし	清浄化なし	清浄化なし

20

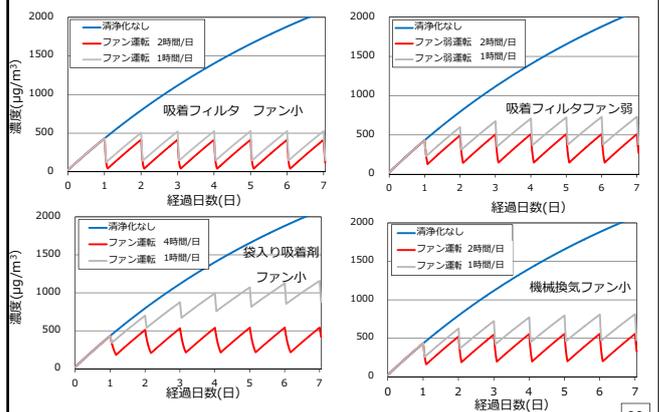
吸着フィルタファン小運転による清浄化予測

- 清浄化なしでは、1日で酢酸管理目標値の430μg/m³を越え、7日で2000μg/m³を超える。
- 1時間運転でファン運転前では530μg/m³以下に、2時間運転で430μg/m³以下に抑えられる。



21

酢酸濃度の推移予測



22

まとめ 本展示ケースの濃度推移予測の結果より

- 気密性の高い展示ケースでは、時間経過とともに高濃度になる。
- 吸着フィルタをとりつけ循環ファンを適宜運転することで、展示ケース内の酢酸ガスの清浄化がはかれる。
- 展示室の空気が清浄であれば、ケースの扉を開けずに換気により清浄化がはかれる。
- 空気交換率、内装材放散量、相当換気量からケース内濃度を予測し、適切な清浄化対策がおこなえる。

23

保存環境づくりにかす

- 清浄化機能を有した展示ケースで**回避**する
- 事前に予測し**回避**の手段を講じる  
材料の選定と枯らし 空気交換率
- 高い気密性は汚染の**回避**にはならない
- 展示室の空気の清浄化を図り、展示ケース周囲の汚染を**遮断**する（換気ができる）
- 長期間展示時の展示ケース内の濃度を**監視**する
- 換気し展示室の空気と入れ替え**対処**する  
小型空気清浄機を設置する  
吸着剤をおく(ファンで空気を動かす)  
遮蔽材を使う

24

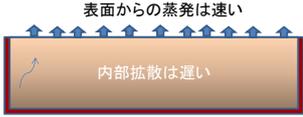
# 空気清浄化事例と清浄化手法の提案

佐野千絵  
 保存修復科学センター

## 建材からのVOC放散現象

①建材内部に含まれるVOCの放散速度に依存するタイプ  
 木材、合板類が相当

②表面からの物質伝達率に依存するタイプ  
 ペイント類が相当



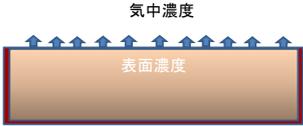
木材、合板類からのガス放散は長く続く

## 建材表面からの蒸散

建材表面から気中への放散量は、  
 建材表面濃度と気中濃度との濃度差に比例する  
 (フィックスの拡散第一法則)

$$Q = K(C_{\text{surface}} - C_{\text{air}})$$

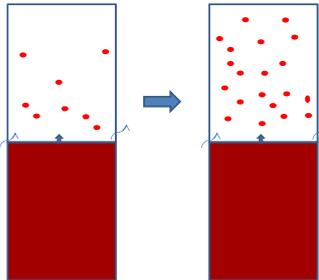
濃度差に比例



新築当初の「枯らし」では、清浄空気を表面に多量に流すことが重要  
 展示ケース扉を閉めたままでは「枯れない」

## 展示替えの頻度

- 木材内部の物質拡散は遅いので、ゆっくり長い期間、化学物質が放散する



開けてあげて

- 展示替えをする (換気にも気を配る)
- 常設の場合、時々扉を開ける

## 展示ケースを新たに製作する

内装材料からのガス放散を減らす

放散ガスを除去する

ガス放散の少ない材料で製作する

下地材に遮シートを貼る  
工事なしにくい

下地材に吸シートを貼る  
**未検証**

ファン付清浄化ユニットを付ける

## 既存ケースの清浄化を図る

空間のガスを除去する

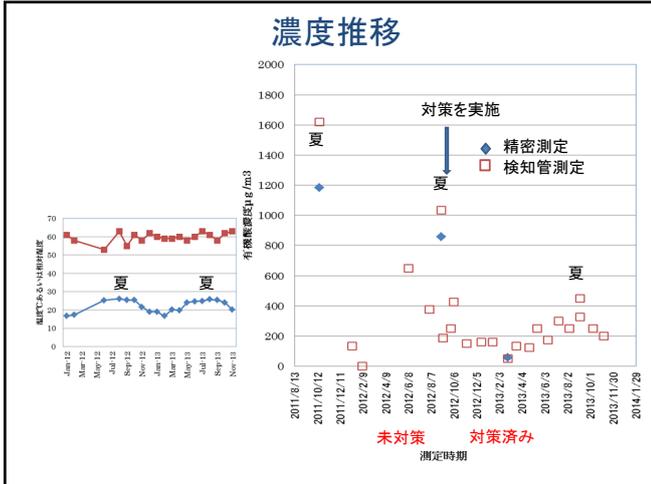
発生源を封じ込める

ファン付清浄化ユニットを付ける

吸着剤を設置する

① 表面に吸着シートを貼る

表面に遮蔽材を貼る



### 処置の様子

- 天井から床面まで、すべて酢酸吸着能力のあるシートで覆う
- 接触させて表面に吸着した酢酸を除去する

### 化学フィルターろ材・吸着剤の利用

ガス吸着シート

吸着剤

置き型吸着剤は汚染ガスとの接触面積が小さく、清浄化までに時間がかかる

### 清浄化ユニットを追加設置

酢酸(あるいは)アンモニアを吸着するケミカルフィルターを装着した空気清浄機

展示ケース全域の汚染ガスを処理できるかは、大風量や送風機との組み合わせが必要稼働時には効果を見込める

### 耐酢酸性の高い材料を選択する

- 加水分解を起こしにくい材料  
主鎖に-O-、-COO-、-CONH-がないもの
- 溶解性が小さい材料  
プラスチックと溶剤の極性が近くないもの
- しなやか
- 廉価

ポリエチレン(低密度)は使える？

### 美術館での遮蔽材の効果検証

組み立て式展示台を展示ケース内で使用している美術館で試験を実施遮蔽シートで覆い、粘着テープでシールした

6台使いの場合の展開図

35 mm

666 + α mm

112 mm

