

〔報告〕 展示ケース内有機酸濃度への展示台の寄与

佐野 千絵・古田嶋 智子・呂 俊民

1. はじめに

展示ケース内の有機酸濃度は、汚染ガスの放散速度が温度に依存することから、ケース内温度に季節変動がある場合には一般的に夏に上昇し冬に低減する。ある美術館で展示ケース内濃度を毎月1回測定したところ、展示ケース内の温度変化に伴い展示ケース内の酢酸濃度が変化した¹⁾。この濃度推移が当日の温度、直近の最高温度あるいは平均温度のいずれに依存しているのか検討した例はなく、展示ケース内温度と展示ケース内濃度の相関について新たに検討した。また展示ケース内濃度推移は温度変化だけでは説明できないほど増加することがあり、展示台を使用した展覧会で高濃度になるのではないかという仮説を立て、検討したので報告する。

2. 展示ケースと展示台について

試験対象とした展示ケースは同じ展示室内にある2台の壁付ケースで、南北方向に配置する展示ケース1のサイズは698cm × 80cm × h348cm (床面積 5.58m², 表面積約36.0m², 容積19.4m³)、東西方向に配置する展示ケース2のサイズは597cm × 80cm × h348cm (床面積4.78m², 表面積 約31.3m², 容積 16.6m³)で、展示ケース1の方がやや横幅が大きい。搬入扉は壁付ケース側面の1か所のみである。展示ケースの壁は五層構造で、外側から鋼板、ベニヤ板(厚さ24mm)、ケイ酸カルシウムを含む不織紙(厚さ5mm)、穴あきベニヤボード(厚さ8mm)にクロス(紙ベースに布貼り)であった²⁾。

この展示ケース内では展示内容に応じて、組み立て式の展示台(斜台)にポリエステル布で目隠しをして使用することもあり、平成26(2014)年には同型の展示台を使用していた。組み立て時の様子とその展開図を図1に示す。組み立て式の展示台は、資料を載せる板はコルク板で、その他の部品は等級の不明のベニヤ板である。使用しない時には四角の部品と台形の部品にばらして、温湿度管理されていない倉庫で、エアキャップで保護されて収納されていた。そのため、展示台を利用する際には内部でカビが生えないよう、組み立てた内部空間に除湿剤を入れた。またこの内部空間で酢酸がこもり、ケースに漏れ出すことが少なくなることを期待して、酢酸吸着剤を設置した。

もっとも多く展示台を利用した場合、いずれの展示ケースも6台展示台を使うことができるよう、横幅が展示ケース1と展示ケース2では異なっている。各6台使用した場合の模式図を図2に示す。平成26(2014)年サンプリング日での展示台使用台数と、台数から算出した展示ケース内に露出した表面積は、表1のとおりである。展示の際に展示台を利用する順などは決まっておらず、各パーツを判別するような記号もないため、使用履歴はランダムで枯らしは同じ程度、と考えるのが妥当と思われる。

有機酸濃度は、2012年11月から約1か月に1回、北川式ガス検知管 有機酸 博物館美術館用 No.910を用いて、所定のポンプ(エアーサンプラー S-27 柴田製, 吸引速度0.2mL/分)で、夏季には30分、それ以外では60分採取し、取り扱い説明書に則り気中濃度(単位 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)を求め、サンプリング時の温度から温度補正した。

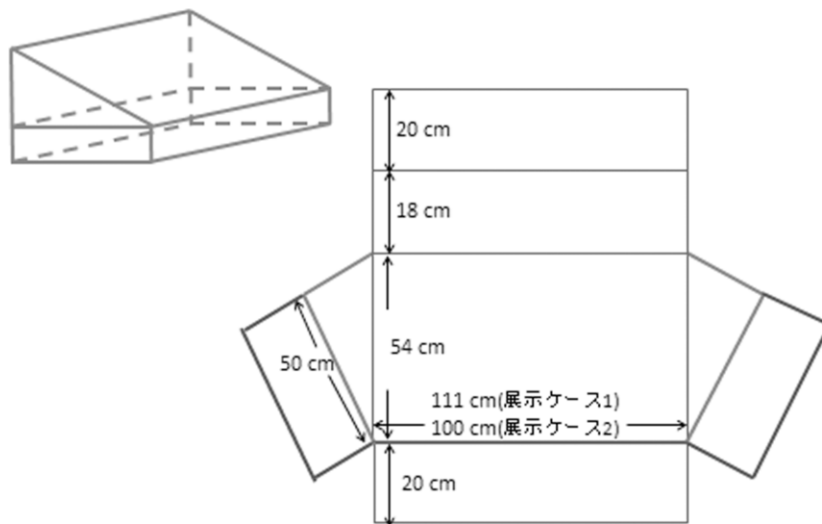


図1 展示台組み立て時の様子とその展開図，各部品サイズ

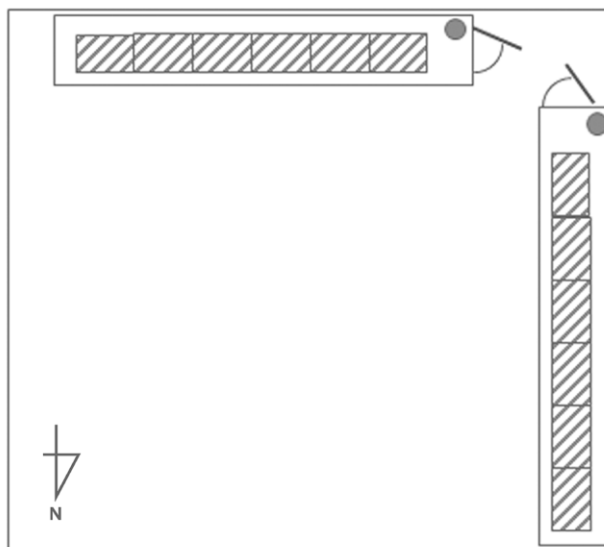


図2 組み立て式展示台を6台使用した場合の模式図
データロガー設置場所

試験対象とした展示ケース内の酢酸濃度は、夏に濃度が上昇し冬に濃度が下がる傾向が見られた。この展示ケースの施工年は平成9（1997）年で平成26（2014）年時点で17年経過しており、展示ケース内装材料から放散が続いている可能性も否定しないが、温度上下と濃度の上下が追随する様子は、内装材料（不織紙、穴あきベニヤボード、クロス）に酢酸が吸脱着している可能性もある。

3年間36回の計測のうち、展示台を使った展示中にケース内の酢酸濃度を計測した回を、塗りつぶしなし◇マークで示した(図3)。展示台を使った展示の回数は濃度計測データのある3

表1 平成26(2014)年の濃度測定日と展示台使用状況

濃度測定日	展示ケース1(表面積36.0m ²) 展示台の数/展示台表面積/ ケース床面積に占める割合	展示ケース2(表面積31.3m ²) 展示台の数/展示台表面積/ ケース床面積に占める割合
1月22日	6台/3.89m ² /64.4%	なし
2月19日	なし	なし
3月19日	なし	なし
4月22日	なし	5台/2.99m ² /56.5%
5月14日	なし	5台/2.99m ² /56.5%
6月11日	4台/2.69m ² /42.9%	4台/2.45m ² /45.2%
7月9日	なし	なし
8月6日	なし	なし
9月3日	なし	4台/2.45m ² /45.2%
10月1日	なし	4台/2.45m ² /45.2%
11月5日	6台/3.89m ² /64.4%	5台/2.99m ² /56.5%

年間では、展示ケース1では8回、展示ケース2では12回であった。平成25(2013)年末までの濃度測定結果から、展示台を利用している時に計測した酢酸濃度が高くなる傾向があるように見られ、平成26(2014)年には検証なしで、酢酸濃度を下げる目的で、耐薬品性のうち酢酸に対して良好とされているプラスチック袋等で展示台を包んだ。

展示台は酢酸発生源の一つと疑われたが、展示台の有無と酢酸濃度の上昇に関連があるのか検証が必要である。そのため展示台がない場合の展示ケース内温度と酢酸濃度の相関を求め、展示台がある場合の濃度実測値との関係について検討した。

また酢酸の発生源のひとつとしてキャプションなどパネルからの放散もあるが、この展示ケース内では作品名を示す小さなパネルしか用いておらず、ケースの容積に対して濃度上昇を起こすほどの寄与はないと考えられたので、今回は考慮していない。

3. 温度測定および解析

温湿度計測はデータロガー(HOBO U10-003, Onset社)を、2台の壁付ケースの搬入口近傍に設置し5分間隔で計測した。ケース内温湿度についてはこれまで自記温湿度記録計を用いて管理されており、今回はじめてデータロガーを用いて計測された(2013年12月末～)もので、以前の利用できるデータはない。

週平均温度、週最高温度は、各測定時点から以前の7日分のデータの平均値と最高値から得た。当日温度とは、当日サンプリング時にデータロガー表示部の温度データをその場で書き留めた値で、サンプリング開始からおよそ5分以内の値である。

4. 結果と考察

試験対象とした展示ケース内の温度計測結果(2013年12月末～2014年末)を図4に示す。展示ケース1と展示ケース2の温湿度はほぼ同じ推移であったので、代表して展示ケース1の年間推移を示した。年末年始の長い休館日に空調を停止するため温度が低下し、空調を稼働すると設定温度に到達するが、夜間は空調を停止するため日変動が大きいことがわかった。7月下旬から8月の温度データが欠落しているので最高温度については今後も計測が必要であるが、

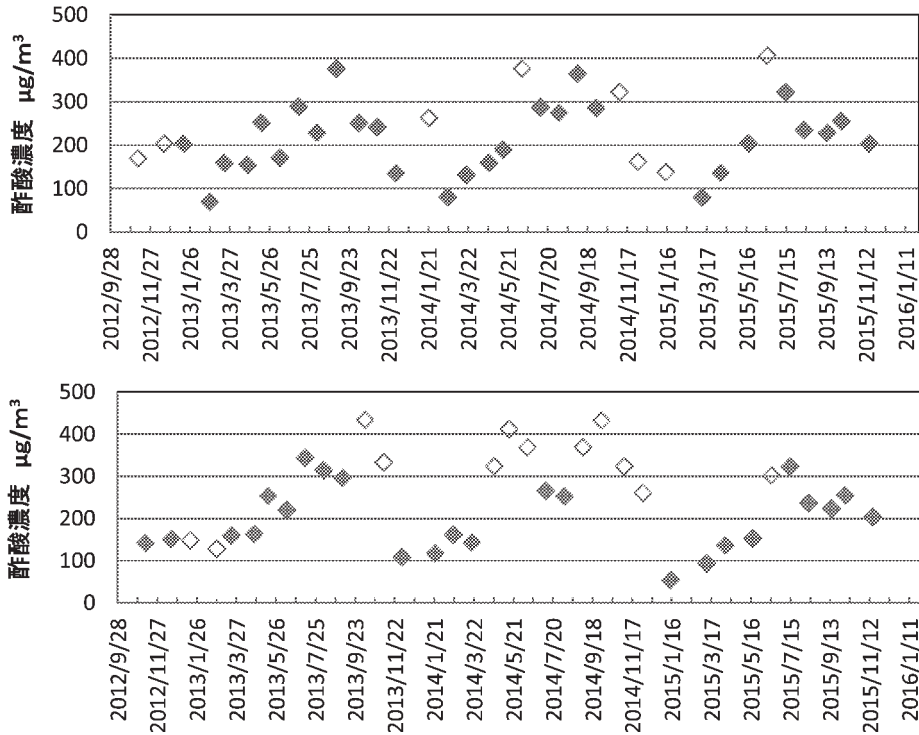


図3 濃度計測したデータのある3年間(2012年11月～2015年11月)の濃度推移
上：展示ケース1 下：展示ケース2 ◆：展示台なし ◇：展示台あり

年末年始を除いておよそ13°C～27°Cで推移していた。

展示ケース内有機酸濃度の放散速度は絶対温度(K)に依存する。気密性の高い展示ケースの場合、放散速度の積分値である濃度と温度に相関が生じ、最終的に、展示ケース内有機酸濃度の対数と絶対温度の逆数が比例関係となる²⁾。展示台を使用していない時の実測濃度とその時点のケース内温度との関係を求めたところ、表2の結果が得られた。展示ケース1、2ともに相関係数は0.7を超え、高い相関性が認められた。表2の予測式から各温度での展示ケース内濃度を算出したのが図5である。

表2の予測式を利用し、展示ケース1、2で実測した温度から酢酸濃度予測値を求めた。サンプリング時のケース内温度(以後、当日温度と呼ぶ)がすぐに酢酸濃度と相関すると仮定すると図6(a)、サンプリング時までの7日間の最高温度(以後、週最高温度と呼ぶ)と相関すると仮定すると図6(b)、サンプリング時までの1週間の平均温度(以後、週平均温度)と相関すると仮定すると図6(c)となる。いずれのグラフにも、サンプリングにより得られた濃度実測値を重ねて示した。当日温度、週平均温度、週最高温度それぞれからの予測値と濃度実測値の差分の総和を求めると、差分は小さい順に、週平均温度48.0<当日温度68.3<週最高温度78.0であり、週平均温度が展示ケース内濃度の濃度実測値と良く合っていると判断した。図7に展示ケース2について、当日温度と実測濃度のグラフを示す。

図6、7から、展示台を使用した展覧会会期中のケース内酢酸濃度は、ケース内温度から予測される酢酸濃度に比較して高い数値を示し、展示ケース内の酢酸濃度に対して、展示台から酢酸放散の寄与のあることが明確になった。

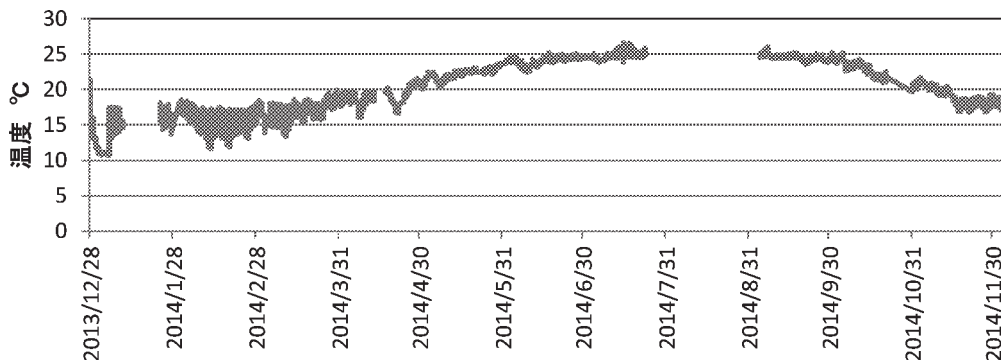


図4 展示ケース1の温度推移（2013年12月末～2014年11月末）
（7月下旬～8月の温度データは欠落）

表2 展示ケース内濃度の温度依存性から得た濃度の予測式

	事例数	予測式	相関係数
展示ケース1 （展示台なし）	28	$\log(\text{濃度 } \mu\text{g}/\text{m}^3) = -4455.9/\text{絶対温度(K)} + 17.38$	0.73
展示ケース2 （展示台なし）	24	$\log(\text{濃度 } \mu\text{g}/\text{m}^3) = -4557.6 / \text{絶対温度(K)} + 17.71$	0.70

展示台がある状態での各展示ケースの濃度と温度の相関を表3にまとめる。展示台数が異なるためか、また事例数が少ないためか、あるいは展示台を各回ごとに異なるプラスチック袋等で覆うなどの条件の違いが現れたのか、展示台なし（表2）に比較して相関係数はやや小さくなったものの、展示台がある条件でも温度とケース内酢酸濃度の間には相関関係が認められた。

表3の予測式に基づいて、展示ケース内濃度を予測した結果を図8に示す。約28°Cで展示ケース1、2内はほぼ同じ濃度となると予測された。原因は不明であるが、展示台の表面積は展示ケースの表面積に対しておよそ1割であり、また展示台は展示床面積のおよそ半分を占めているに過ぎず、大容積の壁付展示ケース内の酢酸濃度は展示ケース内装材料からの影響が支配的になることも原因のひとつかと思われる。

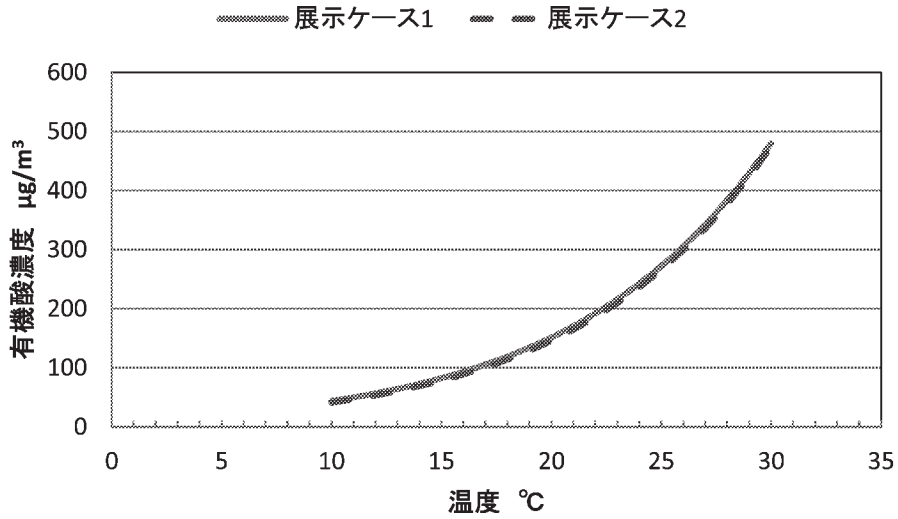


図5 各展示ケースの温度からの酢酸濃度予測値

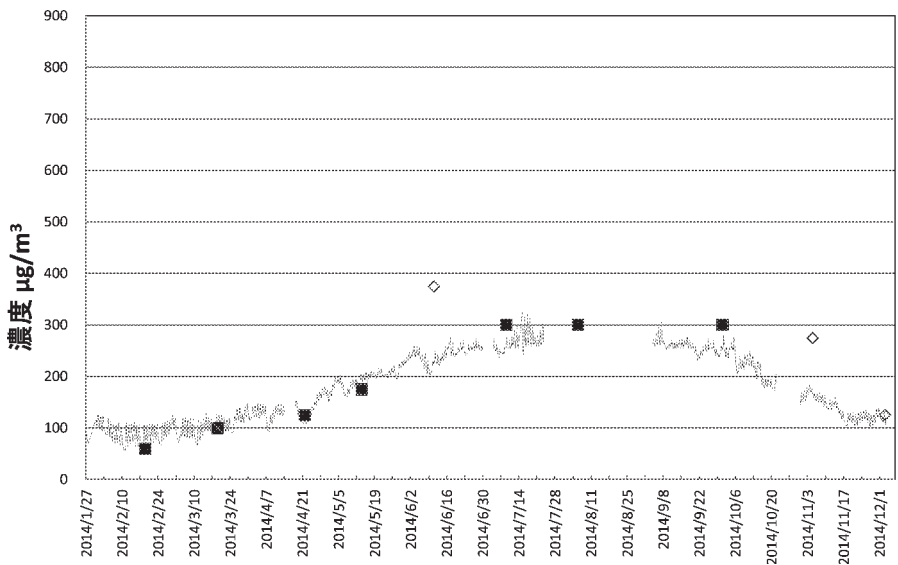


図6 (a) 展示ケース1の当日温度から算出した酢酸濃度予測値と濃度実測値
 実線: 予測値 ■: 展示台未使用の展覧会 ◇: 展示台使用の展覧会

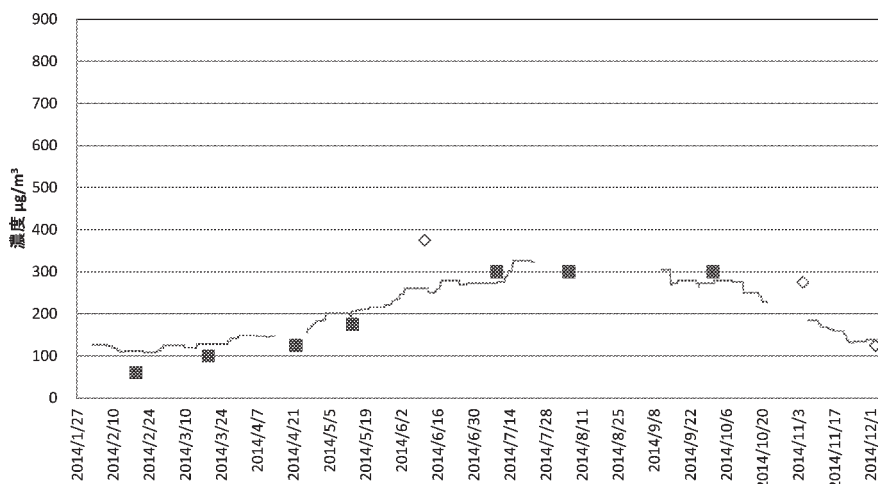


図6 (b) 展示ケース1の週最高温度から算出した酢酸濃度予測値と濃度実測値
 実線：予測値 ■：展示台未使用の展覧会 ◇：展示台使用の展覧会

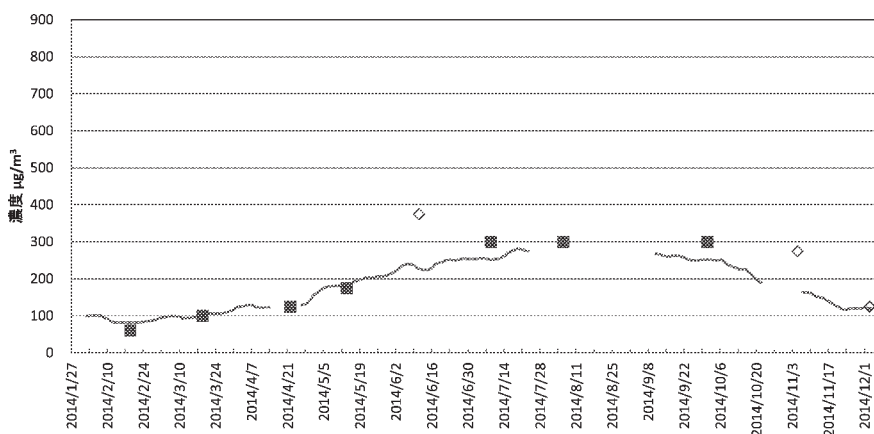


図6 (c) 展示ケース1の週平均温度から算出した酢酸濃度予測値と濃度実測値
 実線：予測値 ■：展示台未使用の展覧会 ◇：展示台使用の展覧会

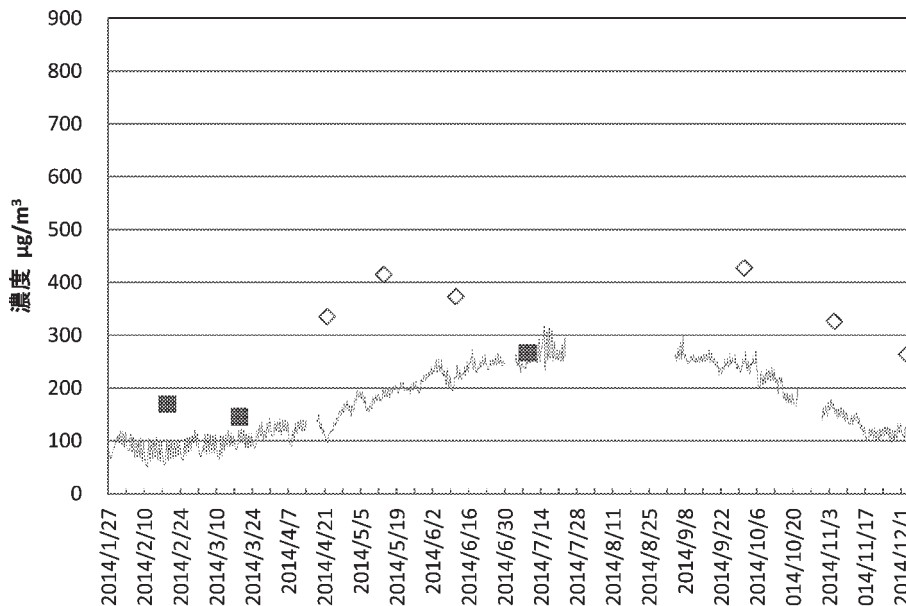


図7 展示ケース2の当日温度から算出した酢酸濃度予測値と濃度実測値
 実線：予測値 ■：展示台未使用の展覧会 ◇：展示台使用の展覧会

表3 展示ケース内濃度の温度依存性から得た濃度の予測式

	事例数	予測式	相関係数
展示ケース1 (展示台あり)	8	$\log(\text{濃度 } \mu\text{g}/\text{m}^3) = -4353.5/\text{絶対温度(K)} + 17.21$	0.59
展示ケース2 (展示台あり)	12	$\log(\text{濃度 } \mu\text{g}/\text{m}^3) = -3735.9/\text{絶対温度(K)} + 15.16$	0.56

5. まとめ

展示ケース内有機酸濃度を温度から予測する方法を検討したところ、サンプリングまでの1週間の最高温度、サンプリング当日の温度よりも、サンプリングまでの1週間の平均温度からの予測値がケース内濃度の実測値との対応が良好であった。

展示台のない状態でのケース内酢酸濃度とケース内温度の関係から濃度予測を行ったところ、展示台が汚染源として寄与していること、低温において寄与が大きくなることが明らかになった。

対象とした展示ケース内温度は年間で13~27℃の変化があり、まず室内温度の安定を図るための空調稼働時間の延長、もし可能なら建物の断熱補強が必要と思われる。展示台の枯らしは、展示ケース内の酢酸濃度を低減できるであろう。もっとも効果的な対策は展示ケースの更新であり、酢酸発生源になりえる材料を使用しない、あるいは使用量を減らすことで、作品をより安全に守ることのできる空間を作れると思われる。ケース更新工事はすぐには実行できないと思われるため、まずは展示台からの酢酸の遮へいに有効な材料を探すなども検討する必要がある。

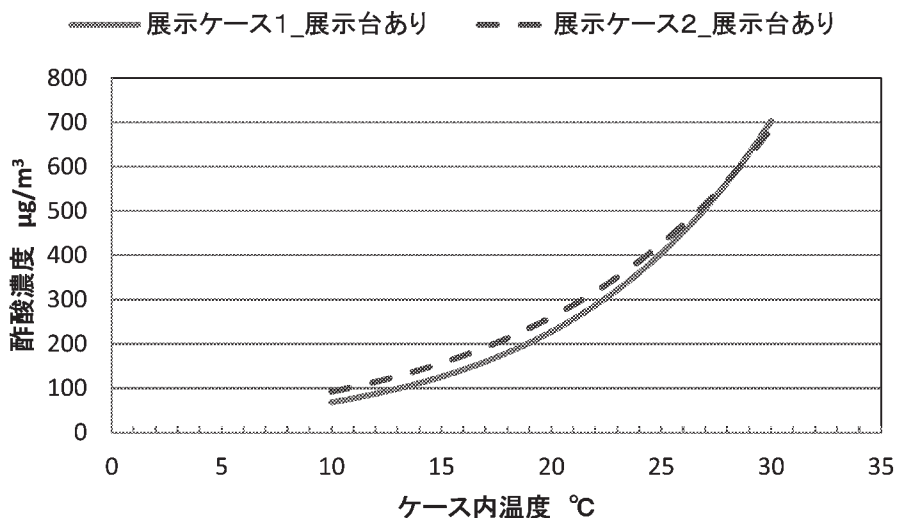


図8 展示台がある場合の展示ケース内濃度の予測値

と思われる。また、展示ケース内の酢酸吸着がどこで主に起こるのかを検討するため、展示ケース内外の温度計測を詳細に行う予定である。

<引用文献>

- 1) 佐野千絵、古田嶋智子、呂俊民：展示ケース内有機酸の低減対策の評価法、保存科学、53、33-43 (2014)
- 2) 佐野千絵、古田嶋智子、呂俊民：有機酸放散量の多い展示ケース内の改善対策事例、保存科学、52、181-195 (2013)

キーワード：酢酸 (acetic acid)；展示台 (a wooden box for display)；予測濃度 (predicted concentration)；平均温度 (average temperature)

Estimation of Acetic Acid Quantity from Temporarily-Used Wooden Boxes for Display

Chie SANO, Tomoko KOTAJIMA and Toshitami RO

Changes of acetic acid concentration was observed in display cases in a museum where temperature changes occur depending on the season. It was thought that there was a release of acetic acid from the temporarily-used wooden boxes for display. Changes in the concentration of acetic acid were in good agreement with the predicted values calculated from a one-week average of temperature in display cases when wooden boxes were not in use. Obtaining the difference between the predicted values from the measured values, it was revealed that acetic acid is released from the wooden boxes.