

# 〔報告〕 プレハブ式高気密高断熱収蔵庫における アセトアルデヒドの放散挙動の把握と換気量による低減

水谷 悦子・中尾 真梨子\*・秋山 純子・芳賀 文絵・佐野 千絵\*\*

## 1. はじめに

温湿度環境の安定性のため断熱気密化が図られるようになるにつれて、空気質汚染の問題が顕在化するようになってきている。本報で対象とする高気密高断熱のコンセプトで新設された鉄骨プレハブ式収蔵庫においても、湿度の安定性が確保された一方で、厚生労働省の室内濃度指針値 ( $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>1)</sup> を超えるアセトアルデヒドの発生が問題となっており、健康被害への懸念から施設運用上の課題となっている。

アセトアルデヒド<sup>注1)</sup>はホルムアルデヒドやトルエン、キシレン等のその他の代表的な室内空気汚染物質と比較すると経年による低減効果が小さく、長期的な問題になりやすい化学物質として知られている<sup>2)</sup>。本報で対象にするプレハブ式収蔵庫2棟は2022年3月で竣工から7年経過するが、現在も依然として高い濃度を維持している状況である。空気質汚染に対する抜本的な対策は放散源を特定し、その材を除去することであるが、実際には発生源の特定、除去が困難な場合が多く、十分な換気により基準濃度以下に低減させることが基本的な対策としてとられる。一方で、収蔵庫では文化財を安定した環境で保存することが求められるため、単純に換気量を増やせば良いわけではなく、空気質の改善と温湿度環境の維持の両方を担保できるように換気方法を最適化することが求められる。室内の化学物質の濃度は放散源となっている材の種類、空間の容積、温湿度、換気量、経年変化などの影響を受けるため、時期に応じて適切な換気量、換気時間を考える必要がある。

本報では、文化財にとって良好な環境を構築するため、温湿度環境とアセトアルデヒド気中濃度の関係を明らかにし、それにより適切な換気方法を提案することを目的とし、以下の検討を行った。まず高速液体クロマトグラフ (HPLC) 法による精密分析に基づいてアセトアルデヒドの存在を確認したうえで、より簡便な方法として検知管を用いた月1回の定期的な空気質測定と温度、相対湿度のモニタリングを行った。さらに測定結果をもとに容積基準の見かけの放散速度を求め、気中濃度の年変動に関する簡易的な計算を行い、換気の時期や量が年間の気中濃度の変動に与える影響を検討した。

本報では、これらの結果およびそれに基づき、適切な施設の活用方法について報告する。なお上記のアセトアルデヒドの指針は人体への影響の観点で決められたものである。文化財に対するアセトアルデヒドの影響は現在までに明らかになってはいないが、酸化性を有するため、少なくとも写真資料等を保管する環境では望ましくないと考えられる。

## 2. 対象プレハブ式収蔵庫の概要と過去の空気質調査

### 2-1. プレハブ式収蔵庫の概要

本研究で対象にするのは福島県文化財センター白河館に建設されたプレハブ式収蔵庫の4棟

\*福島県文化財センター白河館、\*\*東京文化財研究所 名誉研究員

のうち工期が同じであるC棟とD棟の2棟である。

プレハブ式収蔵庫は、設計および運用によって温湿度の安定性が大きく異なることが指摘されているが<sup>3)</sup>、対象収蔵庫は建築本体の環境維持性能を高めて、必要に応じて補助的機械空調で施設内環境を制御するいわゆる「高気密高断熱・機械空調補助方式」<sup>4)</sup>が採用されており、設計段階から温湿度の安定性を意識した仕様になっている。

図1に収蔵庫の平面図を示す。壁体は二重壁構造を有し四方に点検口が設けられており、直接外気が収蔵庫内に流入するのを防ぐために緩衝空間として前室が設置されている。また温湿度の安定のため、壁面にはウレタンフォームを50 mm 吹付け、屋根の折版内部にはグラスウール100 mm が施工されている。加えて湿度の変動を緩和するために、四方の壁面には調湿建材が使用されている。上記の建物本体の工夫に加え、機械空調としてエアコン、外気を庫内の空気と潜熱、顕熱交換をしたうえで庫内に導入する換気設備である全熱交換器、コンプレッサー方式の除湿器が導入されており、これらをうまく併用することで温湿度の安定性を保つ仕様となっている。ここでは建物の特徴を簡単に述べるに留めるが、詳細は佐野ら<sup>5)</sup>が報告している。

## 2-2. 2019年までの空気質調査の経緯と結果

本研究において定期的な空気質と温湿度の調査を開始するに至った経緯を簡単にまとめる。そもそも建設当初はホルムアルデヒドが問題となったが、これに関しては棚からの発生が確認され棚をすべて交換することで低減することが確認された。このホルムアルデヒドへの対応を行う過程でHPLC法によるアルデヒド類の精密分析を行った結果、アセトアルデヒドに関しても厚生労働省の室内濃度指針値 ( $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) を超える量が存在することが発覚した。アセトアルデヒドの沸点は $20.1^\circ\text{C}$ 、蒸気圧 $101 \text{ kPa}$  ( $20^\circ\text{C}$ ) であり、揮発性の高い物質<sup>6)</sup>であることから、当初は経年に伴う濃度の低減を期待し、年1、2回程度 (2015年9月21日、2016年7月20日、2016年9月、2017年7月、2019年5月) 精密分析を外部機関に依頼し、その推移を確認してきた。図2に2019年5月のアルデヒド類の分析結果を示す。この測定時点で竣工から約4年経過しているが、二重壁内、収蔵庫内の双方において依然として基準を超えるアセトアルデヒドが存在していることが確認された。また検出されたアルデヒド類の65~66%はアセトアルデヒドであった。

これまで実施した精密分析によりアセトアルデヒドは長期間にわたって高濃度を維持し続け

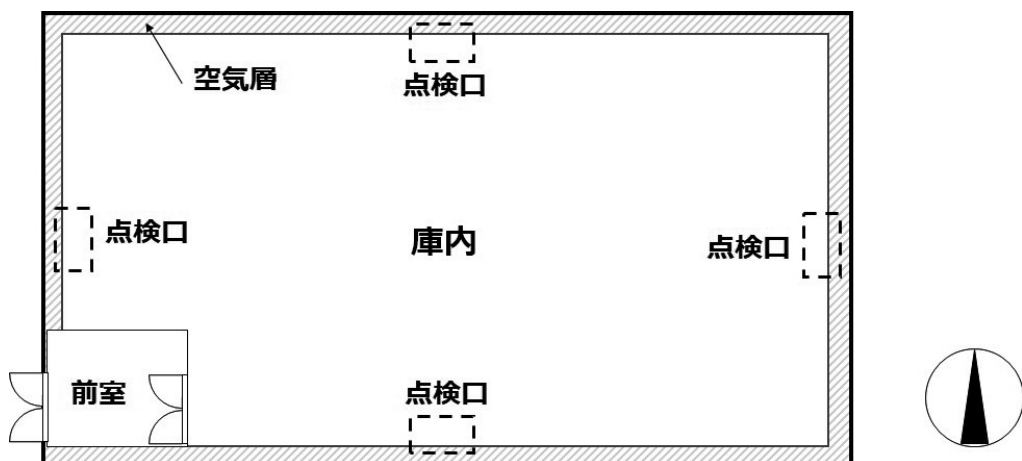


図1 収蔵庫の平面図

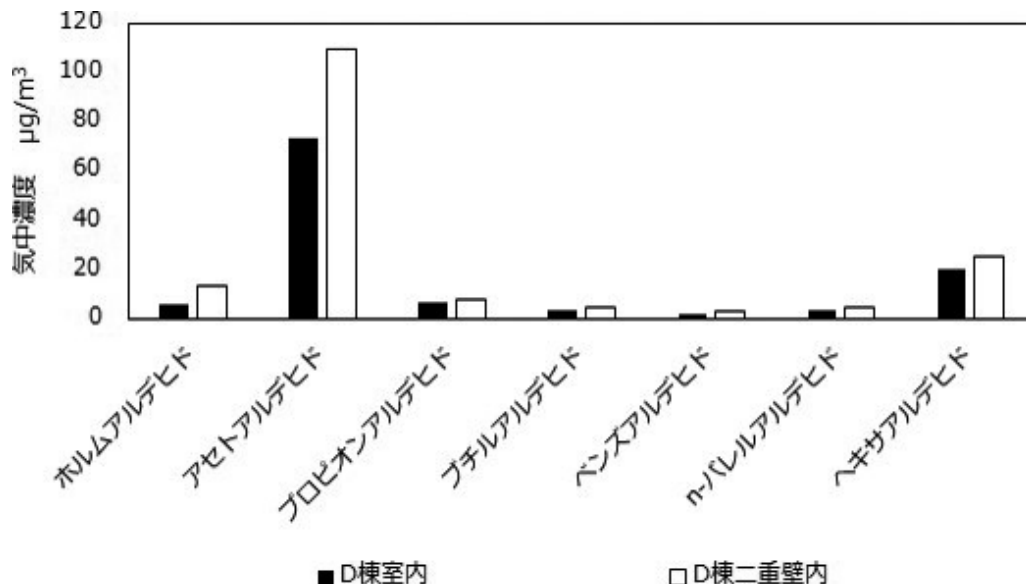


図2 HPLC法によるアルデヒド類の分析結果（2019年5月）

ていることから、経年による低減効果は小さく、対象収蔵庫における空気質改善には積極的なアプローチが不可欠であり、放散源の特定および適切な換気方法を模索する必要があるという結論に至った。現在放散源の特定に向けた検討も進めているが、本報では、適切な換気方法の提言を目的に実施した検討に主眼を置き報じることとする。

### 3. 空気質と温湿度のモニタリングによる放散挙動の把握

#### 3-1. 測定概要

アセトアルデヒドの気中濃度を基準値範囲内に低減させることと、温湿度の変動を最低限に抑えることの双方を両立させるには、まずはアセトアルデヒドの放散挙動とそれに伴う気中濃度の変化を把握して、適切な時期に適切な量の換気を行うことが重要である。そこで、気中濃度の年間の変動を把握するため、月1回の定期的な空気質調査と温湿度の計測を行うことにした。

HPLC法は汚染物質の種類と量を定量的に把握するうえで非常に有用であるが、本報ではより簡便に空気質を測定できる方法として、アルデヒド類と反応する北川式ホルムアルデヒド検知管710型を用いた測定により、季節的な気中濃度変化を把握することにした。なお本報では、図2に示したHPLC法により得られたアルデヒド類の総量とアセトアルデヒドの関係から、検知管で測定されたアルデヒド類の内65%をアセトアルデヒドと見なすことにした。

上述の通り収蔵庫には二重壁内の点検用に東西南北4か所に点検口が設けられている。空気質の測定は施工時期が同じC棟とD棟の2棟において、東西南北の点検口の収蔵庫側と二重壁内の計8か所で各月末に1回の測定を実施した。なお測定はD棟が先行して2020年9月から開始し、C棟は2021年3月より遅れて開始した。

また一般に化学物質の放散速度は温湿度に依存することから<sup>7,8)</sup>、空気質の測定時に上記8か所において校正済みの温湿度計（T&D THA-3001, 保証精度：温度 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $\pm 5.0\%$ ）を用いて温度、相対湿度の記録を行った。

この測定期間中の2棟の全熱交換器の状況は異なっており、C棟は全熱交換器を停止、D棟は2021年5月までは入室時のみ全熱交換器を運転、6月以降は常時運転していた。

### 3-2. 測定結果

#### 3-2-1. アセトアルデヒドの空間内分布と季節変動

図3に2021年3月から8月のC棟のアセトアルデヒドの濃度、図4に2020年9月から2021年8月のD棟のアセトアルデヒドの濃度を示す。

図3より積極的な換気を行っていないC棟では収蔵庫内、二重壁内のどちらも5月末にはすべての測定点で室内濃度指針値を超え、6月末以降には急激に濃度が上昇しているのが見て取れる。また5月の気中濃度は収蔵庫内より二重壁内の方が高く、二重壁内が先行的に高濃度になることが分かる。二重壁内と収蔵庫間の対流の影響は小さく、物質は一般的に濃度の高いところから低いところに拡散することを踏まえると、この測定結果から、二重壁内で発生したアセトアルデヒドが庫内に流入した、もしくは二重壁内と収蔵庫内の両方に放散源が存在するが濃度が上昇しやすくかつ空間の容積の小さな二重壁内の方が先に高濃度になった場合の2つのパターンが想定される。

図4に示す通り、D棟のアセトアルデヒドの濃度はC棟より低く、5月末から8月末の期間はC棟の約3分の1程度の50~100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で推移した。またC棟の庫内は方位による有意差が存在しないのに対し、D棟の庫内の気中濃度は北側がその他の方位に比べ低濃度であることが確認できる。収蔵庫の北側には全熱交換器の吹き出し口が存在することから、換気の効果により濃度が低減しやすいことが影響しているものと考えられる。現状放散源が特定できていないためC棟、D棟で放散源やその量が異なる可能性は否定できないが、放散源が同じであると仮定すると、適切な換気をすることで、指針値に近い値まで低減できる可能性が高いことが分かる。

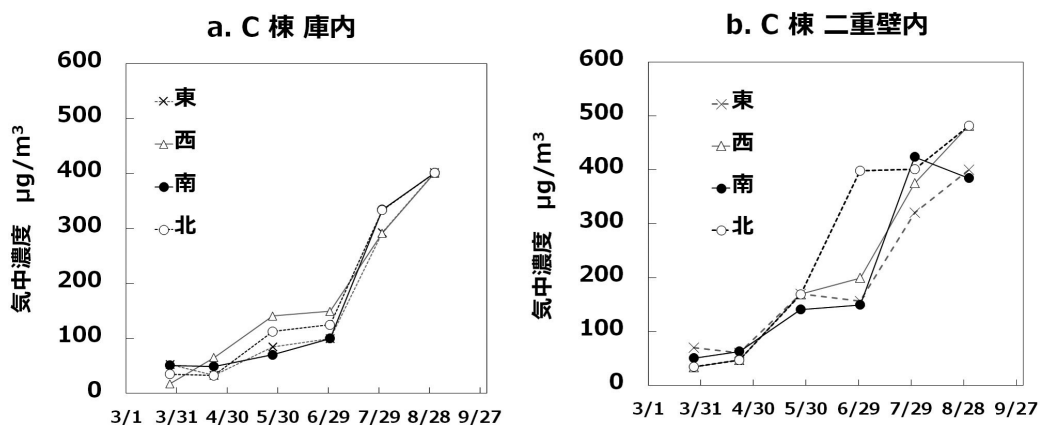


図3 2021年のC棟におけるアルデヒド類の気中濃度の推移  
(全熱交換機不使用：2021年3月～2021年8月)

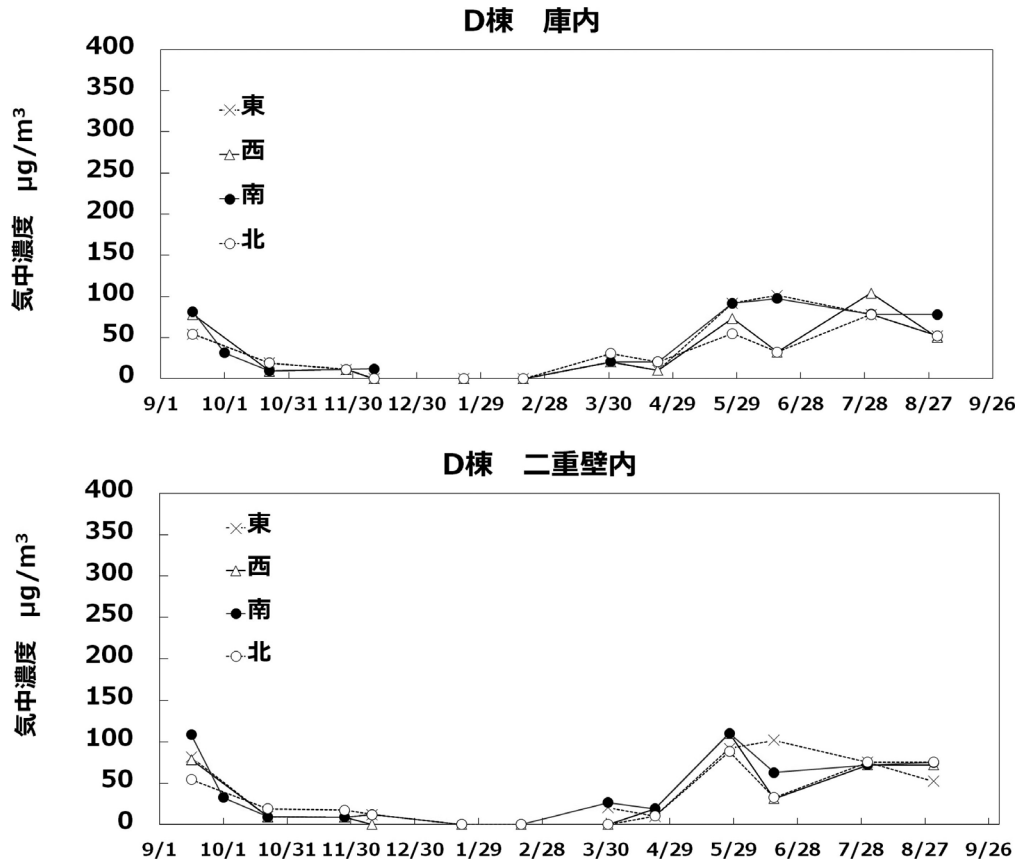


図4 D棟におけるアルデヒド類の気中濃度の推移  
(6月以降全熱交換器を運転：2020年9月～2021年8月)

### 3-2-2. 温度と気中濃度の関係

次に温度と気中濃度の相関関係を検討する。図5、図6にそれぞれC棟およびD棟の2021年3月から2021年8月の期間の温度と気中濃度の関係を示した。

図5、6より17℃を超すと気中濃度が指針値を超過する。また図5より全熱交換機を運転していないC棟では、特に20℃を超えると温度の上昇に伴い指数関数的に気中濃度が増加しており、気中濃度の変化は温度変化に大きく依存することが明確に見て取れる。なおアセトアルデヒドの沸点が20.1℃であることを踏まえると妥当な結果といえる。

## 4. 簡易な気中濃度予測による温湿度および空調の運用が与える影響の検討

### 4-1. 見かけの放散濃度の同定と気中濃度の計算方法

前章より適切に換気を行うことにより、気中濃度を低減できる可能性があることが分かった。そこで現在全熱交換器を運転していないC棟を対象に、気中濃度の予測を行い、適切な換気方法を検討することにした。

放散速度は、放散源の種類、温度、相対湿度、気中濃度、放散履歴、対流によって変化し、既にこれらの影響を考慮し、材料内での物質の輸送も含めて、精度よく気中濃度を予測可能な物理モデルがいくつか提案されている<sup>9,10)</sup>。しかしながら、これらのモデルの利用には材料独

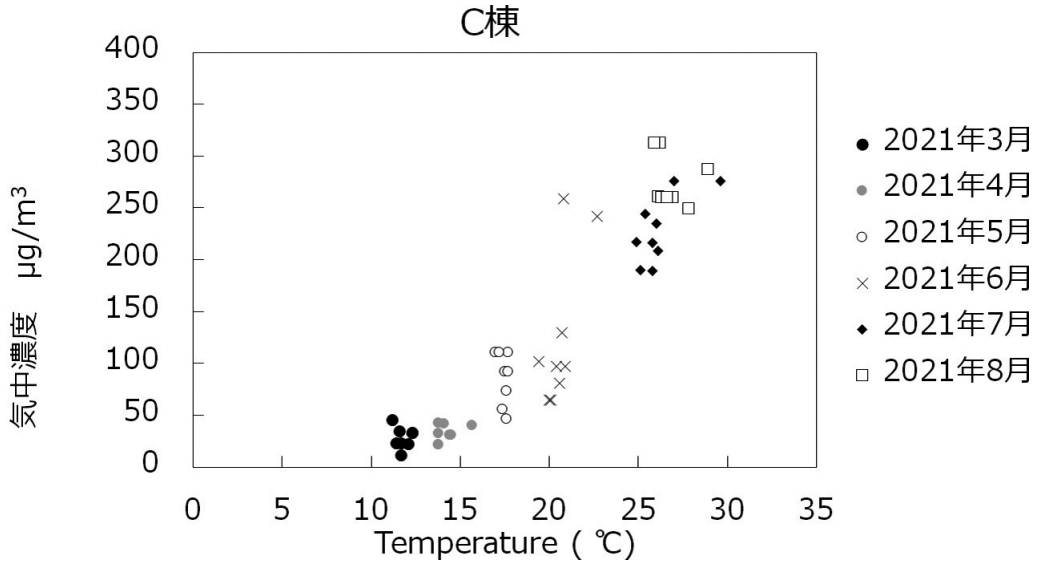


図5 C棟における温度と気中濃度の関係（全熱交換器を不使用）

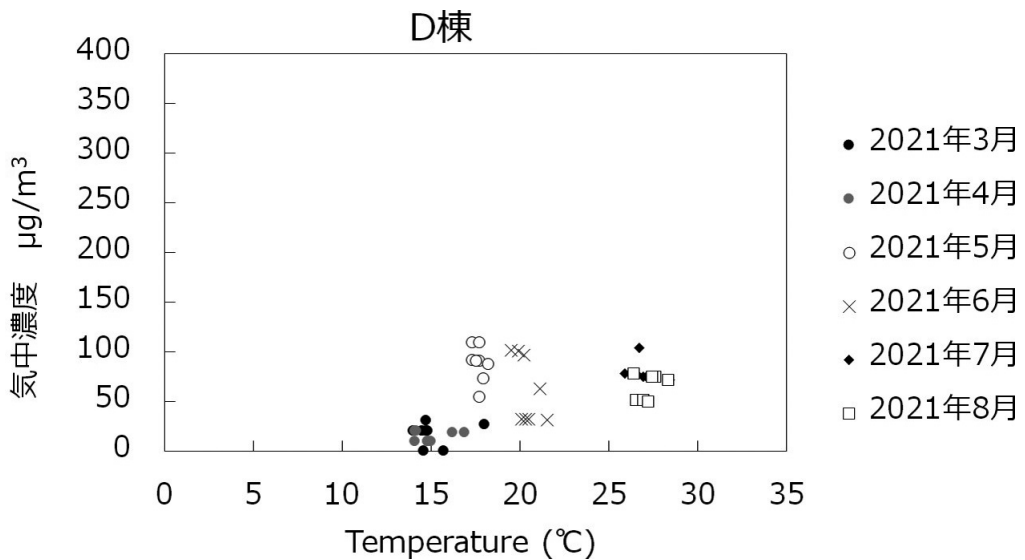


図6 D棟における温度と気中濃度の関係（6月以降全熱交換器を運転）

自の放散速度を特徴づけるパラメータを実験的に求める必要があるため、放散源の特定に至っていない今回のような場合には利用することができない。そこで、本報においては前章で示したアセトアルデヒドの気中濃度の測定結果をもとに、放散速度の経験式から見かけの放散速度を同定することで、収蔵庫内のアセトアルデヒドの気中濃度を簡易的に予測することにした。

放散速度は式1に示す温度・相対湿度、気中濃度の影響を考慮した井上の経験式<sup>11)</sup>を用いる。この式は木造住宅のアセトアルデヒドの放散速度の検証にも用いられている<sup>8)</sup>。本来であれば、放散速度は単位面積あたりの量として定義されるが、本報では放散面の表面積が不明なた

め、単位容積当たりの見掛けの放散速度として  $EF_{ap,v}$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ] を定義することにした。

$$EF_{ap,v} = EF_{28,v} a^{(T-28)} \frac{50+rh}{100} - \beta C \quad (1)$$

ここで  $EF_{28,v}$  は基準温湿度 (28°C, 50% rh) における容積基準の見掛けの放散速度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ],  $T$  は温度 [°C],  $RH$  は相対湿度 [%],  $C$  は室内のアセトアルデヒド濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] である。放散速度の計算には2019年9月1日から2020年8月30日の期間に温湿度ロガー (HOBO UX100-003, 保証精度: 温度 $\pm 0.21^\circ\text{C}$ , 相対湿度 $\pm 3.5\%$  rh, 15分間隔) で測定した取蔵庫内の温度, 相対湿度を用い, 測定値と計算値が合うように温度に対する応答性を表す係数  $a$  および放散速度の気中濃度依存性を表す係数  $\beta$  を求めた。

容積基準の見掛けの放散速度  $EF_{ap,v}$  を用いて, 非定常の気中濃度の変化を式2に示す収支式で計算する。ここで  $Q$  は換気回数 [1/h],  $C$  は室内のアセトアルデヒド濃度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ], 屋外のアセトアルデヒド濃度  $C_o$  [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] であるが, 屋外での空気質の測定により屋外のアセトアルデヒド類は検出下限以下であったことから  $C_o=0$  として時間刻み15分で周期定常に至るまで計算を行った。

$$\frac{dC}{dt} = EF_{ap,v} - Q(C - C_o) \quad (2)$$

図7に放散速度の計算に用いた取蔵庫内の温度と相対湿度の測定結果と容積基準の見かけの放散速度を示す。取蔵庫内の温度は外気の変動に応じて年間で3.0~29.7°Cの範囲で推移し, 相対湿度は, 調湿建材と夏季の除湿器の運用により概ね55 $\pm$ 5%の理想的な条件にある。容積基準の見かけの放散速度は図より11月半ばから4月にかけては放散量がほぼ横ばいで極めて少なく, 5月以降急激に上昇することが分かるが, 取蔵庫内の相対湿度が安定していることを考慮するとこれはほぼ温度に依存する変化といえる。またこの結果から放散量が増加する5月から10月にかけては積極的な換気が必要であることが予想される。

図8にC棟の取蔵庫内の気中濃度の測定結果と計算結果を示す。両者は十分に一致しており, 放散速度の温度依存性に関する係数  $a$  と取蔵庫の換気回数  $Q$  を適切に与えることにより, 取蔵庫内の気中濃度を十分予測可能であることが分かる。

## 4-2. 空調の運転状況が気中濃度に及ぼす影響

### 4-2-1. 計算条件 (換気条件)

上記の予測モデルを用いて換気の方法と年間の気中濃度の変動の関係を検討する。計算条件を表1にまとめる。全熱交換器を使用していない現状のC棟を基準の計算条件: Case 0とした。まず取蔵庫に設置されている全熱交換器の運転による気中濃度低減効果を検証するため, Case 1では年間「弱」運転を行った場合, Case 2では年間「強」運転を実施した場合を想定して計算を行う。それぞれの換気回数は, 設置されている全熱交換器の流量 (「弱」運転時95  $\text{m}^3/\text{h}$ , 「強」運転時150  $\text{m}^3/\text{h}$ ) と室容積 (465.6  $\text{m}^3$ ) から概算し, それに自然換気による換気量を合算することにより求めた。Case 3では年間通じて指針値以下に濃度を低減させるために, 送風機等を用いて直接外気を取り入れ強制換気を行った場合を想定し, 換気回数を  $Q = 2$  (1/h) とした。Case 4では気中濃度の高い8月に1週間強制換気を行った場合の計算を行った。

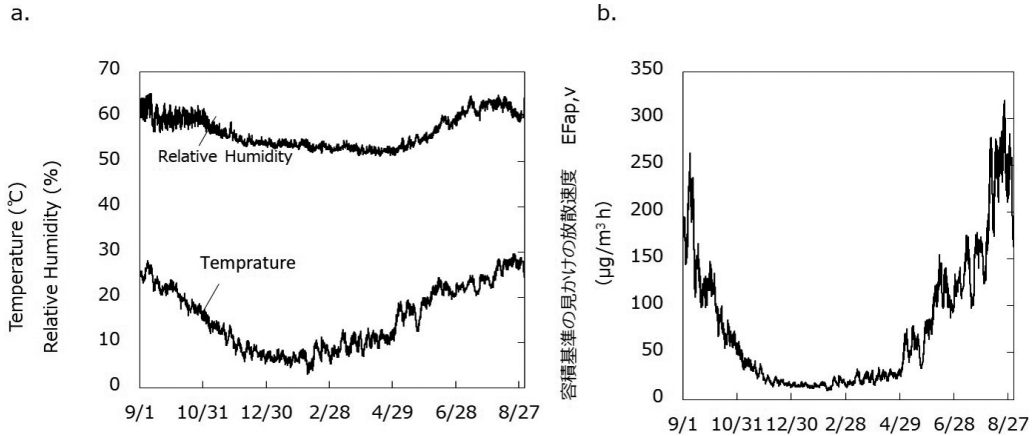


図7 収蔵庫内の年間の温湿度の変動 (a) と容積基準の見掛けの放散速度 (b)

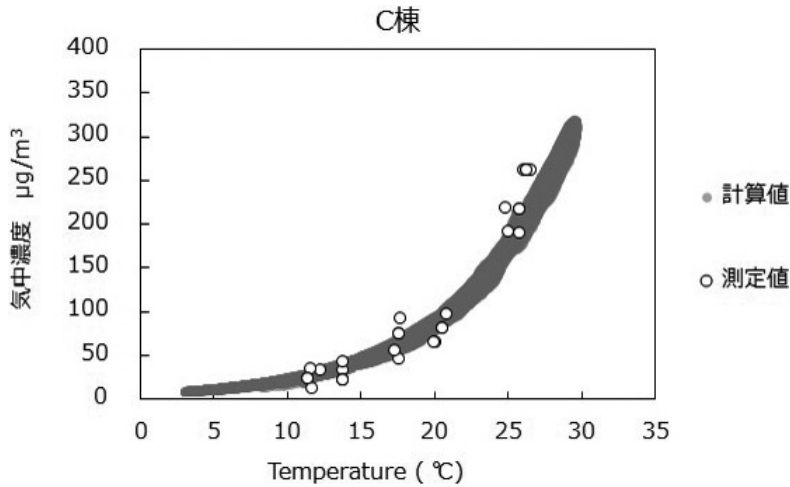


図8 C棟の収蔵庫の気中濃度の測定値と計算値の比較

表1 計算条件

	想定する換気条件	換気回数 [1/h]
Case 0	現状のC棟を想定 換気なし：全熱交換器不使用	$Q = 0.12$
Case 1	通年全熱交換器を「弱」運転	$Q = 0.32$
Case 2	通年全熱交換器を「強」運転	$Q = 0.44$
Case 3	強制換気を行う	$Q = 2$
Case 4	8/11 12:00~8/18 12:00 の期間に強制換気を実施	8/11 12:00~8/18 12:00 の期間のみ $Q = 2$



#### 4-2-2. 計算結果と考察

図9に Case 0～3の年間の気中濃度変動の計算結果を示す。11月後半から4月にかけては気中濃度が低いため、積極的な換気をしていない Case 0とその他の解析ケースと差がほとんどなく、この時期に積極的な換気を行う必要がないことが分かる。放散量が増加する5月から10月にかけての気中濃度は当然だが換気回数が多くなるほど低減し、Case 2の「強」運転時には積極的な換気を行っていない Case 0の約半分まで気中濃度が低下した。放散源の特定も含めて結果の解釈には注意が必要だが、Case 2の「強」運転時の7月と8月の気中濃度は $50\sim 150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲で推移しており図4で示したD棟の測定結果に近い値となった。10月と5月は換気をしない Case 0では指針値を超過するが「強」運転することで指針値以下に低減させることができることが分かった。一方、6月から9月にかけては「強」運転を実施しても、指針値以下まで低減させることはできず、換気によって指針値以下に抑制しようと思うと Case 3の換気回数  $Q = 2$  (1/h) まで換気量を増やす必要があることが分かる。

図10に積極的な換気を行っていない Case 0と8/11 12:00～8/18 12:00の期間のみ強制換気を実施した Case 4の気中濃度の変化を示す。強制換気開始から3時間後には換気量と放散速度の関係から期待される最大限まで気中濃度が低下する。一方、換気終了から12時間後には、積極的な換気を行っていない Case 0と同程度まで再び気中濃度が増加する。

上記の結果を踏まえ、対象取蔵庫における適切な換気方法について考察する。

数値解析により、全熱交換器の運転によりアセトアルデヒドの気中濃度を指針値以下に維持できる期間を延ばすことができることが分かった。全熱交換器は外気を直接取り入れるより比較的温湿度の乱れを少なく換気が可能な設備であるが、温湿度の安定性を考えると最小限の使用にとどめるのが望ましい。その観点で言うと、気中濃度が上昇する5月から11月半ばまでの時期のみ「強」運転することが適切と考えられる。なお現場の運用にあたっては全熱交換器を運転した際にどの程度温湿度の変動があるか注意をしながら実施する必要がある。また現在設置されている全熱交換器の運転だけでは、通年通してアセトアルデヒド濃度を指針値以下にす

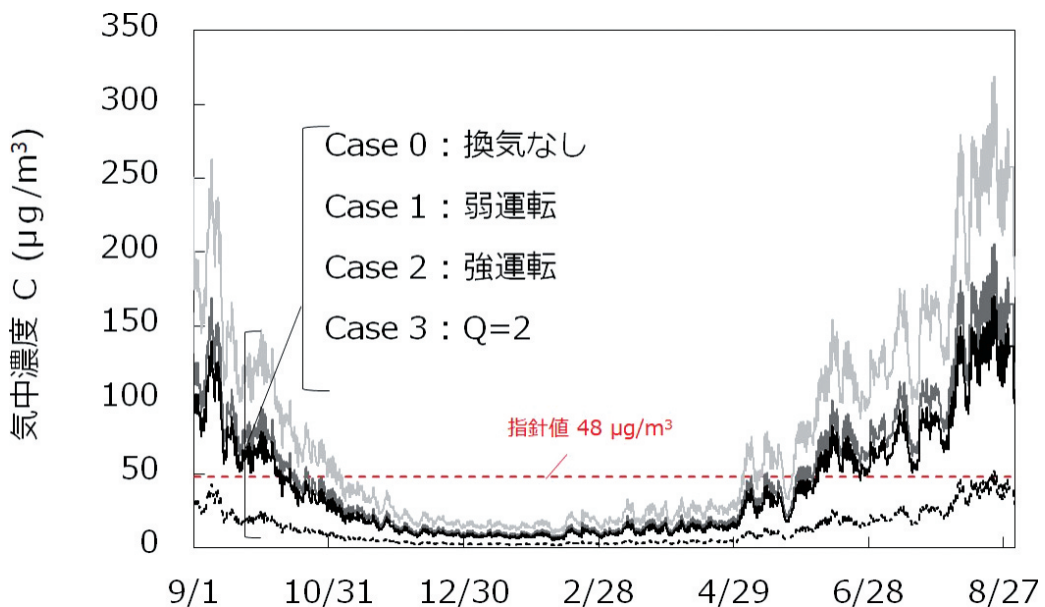


図9 換気方法と年間の気中濃度の推移 (計算値)

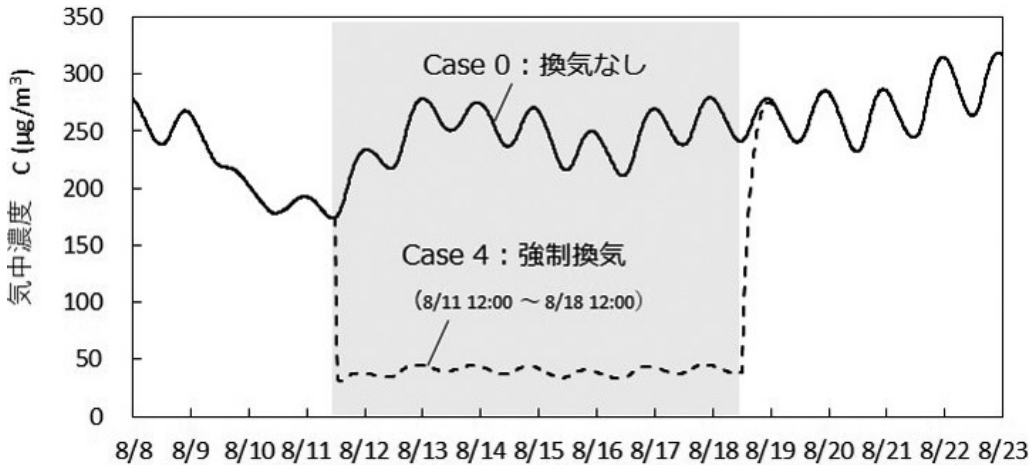


図10 8月の強制換気に伴う気中濃度の変化  
(網掛けの期間は強制換気を実施した期間を表す)

ることはできないと想定されるが、吸着シートを併用することなどでさらなる低減を期待できる。

空気質の対策として送風機等を用いて強制的に外気導入して気中濃度を低減させる方法が採られることがあるが、図10に示した結果を踏まえると対象収蔵庫の場合は夏季の放散速度が非常に大きいため強制換気停止後の気中濃度の上昇が速く、強制的な外気導入による低減効果は一過性のものにすぎない。虫の侵入や温湿度の乱れを助長する可能性が高いことを考慮すると、控えるべきと考えられる。

以上、気中濃度の推移と導入されている設備の仕様を踏まえ、対象収蔵庫における適切な換気方法をまとめたが、こうした対応は問題となっている化学物質や放散源の種類、導入されている設備、保存されている文化財の種類によって異なるため、現場に応じて適切な方法を検討する必要がある。そのためにもまずは問題となっている化学物質を特定し、その放散挙動を把握することが最重要と考えられる。

## 5. まとめ

本報では、指針値を超えるアセトアルデヒドの放散が問題になっている高気密なプレハブ式収蔵庫を対象に、文化財にとって良好な保存環境を構築するために、定期的な空気質、温度、相対湿度の測定と数値解析による空気濃度の予測を行った。また測定結果と数値解析の結果を元に、アセトアルデヒドの濃度を低減させるのに適切な換気方法について検討した。得られた結論を以下に示す。

- 検知管を用いた月1回の定期的な空気質と温度、相対湿度のモニタリングにより、アセトアルデヒド濃度と温度の相関関係を確認した。
- 気中濃度の測定結果から温度依存性を考慮した見かけの容積基準の放散速度を同定し、それにより換気量による年間の気中濃度の推移の関係が予測可能になった。積極的な換気を行わない場合は5月から11月の半ばにかけては気中濃度が指針値を超えるため、この時期に積極的な換気が必要である。
- 数値解析により、夏季は放散速度が速いため全熱交換器停止後約半日で換気を実施してい

ない場合と同程度まで気中濃度が回復することが明らかになった。この結果は対象取蔵庫においては送風機等での強制的な外気導入の効果は一過性である可能性が高いことを示唆する。

今回対象にしたプレハブ式取蔵庫では、エアコンと除湿器が導入されているため、これらの空調設備の運用によりある程度温度、相対湿度の制御が可能であることを前提に気中濃度のみ計算対象とした。しかしながら、こうした空気調和設備が導入されていない取蔵庫においてはより厳密に気中濃度と温湿度のバランスを含めて検討する必要がある、そのためには温湿度も連成可能なモデルの構築が必要である。その点は今後の課題である。

**謝辞** 本研究は福島県教育庁文化財課渡部雅広氏および福島県文化財センター白河館の皆さまのご理解、ご協力のもと実施できた。検知管による測定に関しては、光明理化学工業株式会社の山崎正彦氏に指導、助言いただいた。ここに記して感謝いたします。

## 注

注1) アセトアルデヒドは一般には自然材や集成材からの放散量が多く、本報で対象とする鉄骨プレハブ工法より、木造住宅（木造軸組工法、枠組壁工法、木質系プレハブ工法）で濃度が高い傾向であることが報告されている<sup>1,2)</sup>。

## 参考文献

- 1) 日本建築学会：アセトアルデヒドによる室内空気汚染防止に関する濃度等規準・同解説、日本建築学会環境基準 AIJES-A004-2010
- 2) 「平成17年度 室内空気に関する実態調査報告書 概要版」、h17\_juutaku.pdf (chord.or.jp)、(2021年11月5日参照)
- 3) 及川 規：東日本大震災と東北歴史博物館—これまでの経過と現状の取り組み—、文化財の虫菌害77号、3-7、2019年6月
- 4) 文化庁文化財部美術学芸課：文化財（美術工芸品）保存施設、保存活用施設 設置・管理ハンドブック、17p、平成27年3月
- 5) 佐野 千絵・山本 友紀：福島県文化財センター白河館「まほろん」に設置された被災文化財仮保管施設内の保存環境、保存科学54号、59-73、2015
- 6) 厚生労働省 HP：職場のあんぜんサイト：化学物質：アセトアルデヒド (mhlw.go.jp)、(2021年11月25日参照)
- 7) 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号、181-194、2013
- 8) 山田裕巳、田辺真一、林基哉：実験住宅を用いたアセトアルデヒド気中濃度に関する研究、日本建築学会環境系論文集、第604号、39-44、2006
- 9) 村上周三、加藤信介、伊藤一秀：床材からの内部拡散支配型物質放散に対する材料温度の影響と換気除去効果：CFD 解析による室内の化学物質空気汚染の解明 第1報、日本建築学会計画系論文集、第523号、63-69、1999
- 10) 藤村淳一、村上周三、加藤信介、近藤靖史、田所祐人：多孔質固体内部における物質拡散のモデル化とマイクロ-マクロモデルによる室内 VOCs 濃度予測：揮発性有機化合物 (VOCs) の吸脱着・

放散現象のモデル化とその数値予測（その2）、日本建築学会計画系論文集、第542号、57-61、2001

- 11) 井上明生：ホルムアルデヒド気中濃度のガイドライン対策、木材工業、Vol. 52、No. 1、pp.9-14、1997

## Acetaldehyde Emission Behavior and Its Reduction by Ventilation in a Prefabricated, Highly Airtight and Insulated Storage

Etsuko MIZUTANI, Mariko NAKAO\*, Junko AKIYAMA,  
Ayae HAGA and Chie SANO\*\*

The long-term measurement of air quality temperature and humidity and the prediction of air concentrations by numerical analysis were carried out to construct a favorable conservation environment for cultural properties in a highly airtight prefabricated storage where the air concentration of acetaldehyde exceeds the health guidelines ( $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Monthly measurements of air quality showed high correlation between the acetaldehyde concentration and temperature. The apparent volumetric emission rate considering temperature dependence was identified from the measured values of acetaldehyde concentrations, and the prediction of annual change of acetaldehyde concentrations was conducted to estimate the effects of ventilation. The calculated results show that the acetaldehyde concentrations exceeded the guideline values from May to mid-November only with passive ventilation, indicating that active ventilation is necessary during this period. The numerical analysis showed that the acetaldehyde concentration recovered to the same values as without ventilation in less than half a day after the total heat exchanger was stopped due to the fast emission rate in summer. In summary, it was shown that characterizing problematic chemicals and understanding their emission behavior can be used to propose appropriate ventilation methods.

---

\*Fukushima Cultural Property Center Shirakawa Branch

\*\*Researcher Emeritus, Tokyo National Research Institute for Cultural Properties