

冷房時の凝縮水によるホルムアルデヒド除去に関する研究

正会員 桑沢 保夫¹
同 大澤 元毅²
同 岡部 実³

凝縮水 冷房 ホルムアルデヒド
除去 実験 相当換気量

1. はじめに

室内で冷房を運転しているときには、通常は凝縮水が排出されている。ホルムアルデヒドは水に溶けやすいため、室内空気中のホルムアルデヒドがこの凝縮水に溶け込んで排出されることが考えられる。そこで本報では実大の実験住宅を用いて、室内での加湿量、ホルムアルデヒド放散源の量、換気量と、凝縮水に溶け込んで排出されるホルムアルデヒドの関係を調べる基礎的な実験を行い、それらの関係を検討した。

2. 実験方法

2.1 場所、日程 (財)ベターリビング筑波建築試験センター内にある材料実験棟¹⁾の一室(床面積12.1m²、室容積29m³)を用いて、2002年10月に実施した。

2.2 測定項目、測定方法 表1参照。

2.3 設定条件 表2参照。加熱源の台数、放散源の枚数、換気扇による換気量をパラメータとして計画した。なお、放散源としたパーティクルボードは、入手後常温で半年程度保管したものである。

2.4 実験手順 加湿源として水を満たした金属製容器を加熱源(電気ストーブ)のそばに、また放散源を室内にそれぞれ設置、エアコンを冷房モードの自動運転として実験を開始する。24時間後に室中央で室内空気をサンプリング、容器からの蒸発水量と凝縮水量の測定、さらに凝縮水のホルムアルデヒド濃度の分析を行う。なお、湿度は成り行きである。

表1 主な測定項目、測定方法

測定項目	測定場所	測定方法
気温	室中央、屋外	T型熱電対
相対湿度	室中央、屋外	静電容量式
ホルムアルデヒド濃度	室中央 凝縮水	DNPH/HPLC 分光光度計

室内空気中のホルムアルデヒド濃度はDNPHカートリッジに約1L/minで30L通気して溶媒抽出後HPLCにて分析。(ダブルサンプリング)

表2 設定条件

No.	加熱源	放散源	換気量	気温
1	2台	0枚	0 m ³ /h	28
2	2台	4枚	0 m ³ /h	28
3	2台	8枚	0 m ³ /h	28
4	2台	8枚	14.5m ³ /h	28
5	4台	8枚	14.5m ³ /h	28

加熱源：電気ストーブ(800W)

放散源：E1パーティクルボード(1.82×0.91m)
側面はアルミテープでシールした。

3. 結果および考察(表3参照)

3.1 気温、湿度 実験No.1,3,4はやや低めの気温となり、No.5のみやや高めの値となった。これは10月に実施した実験であったため、冷房負荷が比較的小さかった点とNo.5のみ加熱源を4台用いていたことによると考えられる。一方相対湿度はNo.5のみ低めの値となった。これは加熱源を多くしたため冷房負荷が大きくなり、エアコンの運転頻度が上がって、より除湿されたことによると考えられる。

3.2 水分の収支 室内にセットした金属製容器からの蒸発水量と、エアコンの凝縮水量の差は、その多くが換気によるものと考えられる。実験No.1,2,3ではその差がほとんどなく、換気量の少なかったことがわかる。実験No.4では凝縮水量が0となったが、これは換気で負荷が小さくなり冷房運転が少なくなったことと、蒸発した水分のほとんどが換気に伴う排気で室外に排出されたことを示すと考えられる。これに対して実験No.5では蒸発水量を凝縮水量が大きく上回っており、室内で蒸発した水分のほかに換気によって取り入れられた外気中の水分も凝縮水として捕集されたと考えられる。

3.3 ホルムアルデヒド濃度(室中央) 室中央での気中濃度を比較してみると、放散源を置かない実験No.1でも換気を行っていないためか、100 μg/m³のガイドライン値に近い値となった。放散源を設置したNo.2,3ではどちらもこれに比べて4倍近い値を示した。No.4とNo.5の比較ではNo.5のみ凝縮水を得られた点から、主に凝縮水による気中濃度の低減効果を示していると考えられる。気温と相対湿度が異なるため、井上の式²⁾を参考にした以下の式でNo.4の濃度をNo.5の条件に換算するとC' = 236[μg/m³]となり、凝縮水により排出することで3/4程度の濃度に低減できたことになる。

$$C' = C \times 1.09^{(t_1 - t_0)} \times \frac{(55 + rh_1)}{(55 + rh_0)} \times \frac{(273.15 + t_0)}{(273.15 + t_1)} \quad (1)$$

C' 換算後の濃度 [μg/m³]

C 換算前の濃度 [μg/m³]

t₁, rh₁ 換算する気温、相対湿度 [%]

t₀, rh₀ 換算前の気温、相対湿度 [%]

また、このときの凝縮水の半分以上は外気取り入れによるものと考えられることから、室内の発湿がそれほど多くなくても、外気による潜熱負荷がある程度あ

れば、ホルムアルデヒド濃度低減効果を期待できることがわかった。

3.4 ホルムアルデヒド濃度（凝縮水） 凝縮水のホルムアルデヒド濃度は、室中央での濃度にほぼ比例した濃度を示した。（図1参照）ここで、室内の気中濃度と凝縮水の濃度をともに定常値と考え、以下のよう凝縮水により排出されたホルムアルデヒド量を相当換気量に換算できる。

$$Q_{eq} = 1000 \times C_d \times D / (24 \times C) \quad (2)$$

Q_{eq} 相当換気量 [m³/h]
 C_d 凝縮水の濃度 [mg/L]
 D 凝縮水量 [L/day]
 C 気中濃度 [μ g/m³]

さらにここで気中濃度と凝縮水の濃度が比例していると考えると以下の式となる。

$$Q_{eq} = 1000 \times C \times D / (24 \times C) = 1000 \times D / 24 \quad (3)$$

気中濃度と凝縮水の濃度の比例定数 [m³/L]

つまり、気中濃度とは関係なく、凝縮水の水量を相当換気量に換算できることを示している。そこで、まず気中濃度と凝縮水の濃度の比例定数（ ）を図1に示した値として凝縮水の水量から相当換気量を求め、また気中濃度を(1)式により28%RH、50%RHの時の値（C'）に基準化して、相当換気量とファンによる換気量の合計（Q）を用いたQ/Sと1/C'の関係性を求めた（ただしNo.1は除く。また設置した放散源が気中濃度に対して支配的であったと考えて、そのほかの室内の放散源を無視した）。（図2参照）チャンバ実験で示されているようにこれらは線形関係を示した。

4. おわりに

実大の実験住宅で行った実験により、冷房運転時の凝縮水とともに排出されるホルムアルデヒドについて検討した。その結果、凝縮水量をある程度得られれば室内空気中のホルムアルデヒド濃度低減に効果のあることがわかった。このことから、そのほかの水溶性の化学物質についても室内空気中の濃度低減が考えられる。また、その排出水量をホルムアルデヒド濃度低減に有効な相当換気回数に換算できることを示した。し

かし、気中濃度と凝縮水中の濃度の関係はエアコン内部の冷却部分の温度や風量などにも影響を受けていると考えられるので、今後検討の必要がある。

参考文献

- 1) 桑沢保夫ほか、建設中の木造住宅における空気質測定、空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集、2001.9、p.657-660
 - 2) 井上明生ほか、デシケータ法によるホルムアルデヒド放散量と気中濃度との相関、木材工業、Vol.45-7、p.313-319
- 本研究は国土交通省が平成13年度より実施している総合技術開発プロジェクト「シックハウス対策技術の開発」の一環として行われたものである。

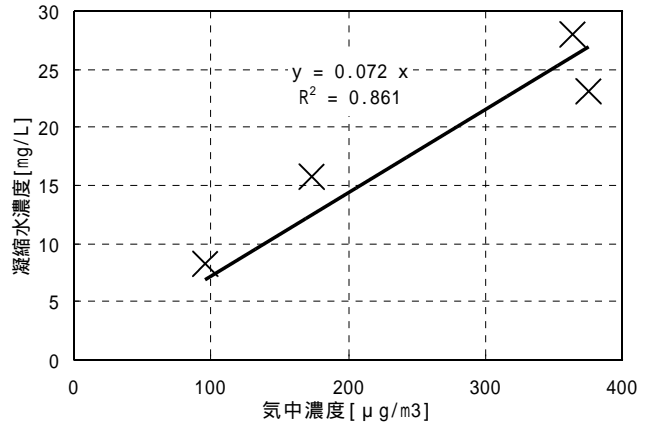


図1 気中濃度と凝縮水濃度の関係

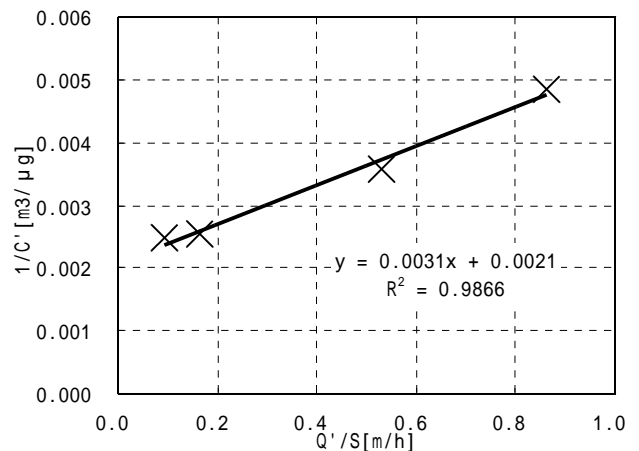


図2 凝縮水による相当換気量を見込んだときのQ/Sと1/C'の関係

表3 主な測定値、計算値

No.	換気量	気温		相対湿度		蒸発水量	凝縮水量	HCHO濃度		相当換気量	基準化したHCHO濃度
		(標準偏差)	(標準偏差)	(標準偏差)	(標準偏差)			室中央	凝縮水		
1	0.4m ³ /h	26.3	(1.2)	50.4%	(1.1)	0.722L/day	0.839L/day	95 µg/m ³	8.3mg/L	2.5m ³ /h	110 µg/m ³
2	0.4m ³ /h	27.5	(1.4)	49.2%	(2.9)	0.591L/day	0.590L/day	376 µg/m ³	23.2mg/L	1.8m ³ /h	394 µg/m ³
3	0.4m ³ /h	26.6	(1.3)	51.6%	(2.1)	0.690L/day	0.668L/day	364 µg/m ³	28.0mg/L	2.0m ³ /h	402 µg/m ³
4	14.0m ³ /h	26.8	(0.3)	44.8%	(1.9)	0.736L/day	0.000L/day	241 µg/m ³	-----	0.0m ³ /h	281 µg/m ³
5	14.0m ³ /h	28.2	(0.6)	31.9%	(1.2)	1.289L/day	2.953L/day	174 µg/m ³	15.8mg/L	8.9m ³ /h	206 µg/m ³

換気量は、実験前にSF₆をトレーサガスとした一定濃度法により測定した値。
 気温、相対湿度は24時間の平均値と標準偏差。凝縮水量は24時間の間タンクに集められた量で、集められた凝縮水の濃度を測定。
 HCHO濃度はいずれも2回測定した値の平均。（ただし、No.1の室中央のみ1回の測定値）

* 国土交通省 国土技術政策総合研究所 主任研究官、博士（工学）
 Senior Researcher, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Dr.Eng
 ** 国土交通省 国土技術政策総合研究所 部長
 Director, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure and Transport
 ***（財）ベターリビング筑波建築試験センター
 Tsukuba Building Test Laboratory CBL