

空气中化学物質濃度低減材料の吸着・分解メカニズムの解明と 実環境性能予測に関する研究

8ASKM012
指導教員

福田 充
関根 嘉香

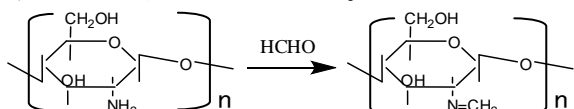
1. 緒言

消費者の健康・快適志向を背景とし、化学物質による室内空気汚染問題への関心が高まる中、空気清浄機等の低減材料が多数開発されている。しかし、低減材料の汚染物質除去機構、および実環境における低減性能とその持続性について明らかにされているものは少なく、その定量的解明が急務の課題となっている。そこで本研究では、シックハウスの原因物質であるホルムアルデヒド(HCHO)を主な対象除去物質とした空気清浄機や内装用建材を開発し、その汚染物質除去機構や実環境における汚染物質濃度低減性能を定量的に明らかにした。

本報ではその一例として、室内 HCHO 濃度低減性能を有するキトサン含有石膏ボード(以下、キトサンボード)の開発に関する研究について発表する。尚、本研究では、HCHO 濃度低減性能評価法として小型チャンバー法およびカラム法(JIS A 1905-1)を用いた。

2. キトサン誘導体による HCHO 除去機構の解明

キトサンは HCHO と反応し、N-メチレンキトサンを生成することが明らかとなっている。



そこで、石膏ボードに配合するキトサン誘導体においても同様の反応が生じるかについて検証した。キトサン誘導体 0.5 g を 20 mL の 2% 希酢酸に溶解し、これに 35% の HCHO 水溶液を 2 mL 添加し、室温(25°C)で 3 時間放置し、ゲル化させた。このゲルを 100 mL のメタノール中で 24 時間懸濁した。この操作を 3 回繰り返した。生成物を 100 mL のエーテルに懸濁し、吸引ろ過した。その後、生成物を 50°C の恒温槽内で 2 日間乾燥させ、薄黄色の生成物を得た。生成物およびキトサン誘導体の IR を測定し、Fig.1 に示した。

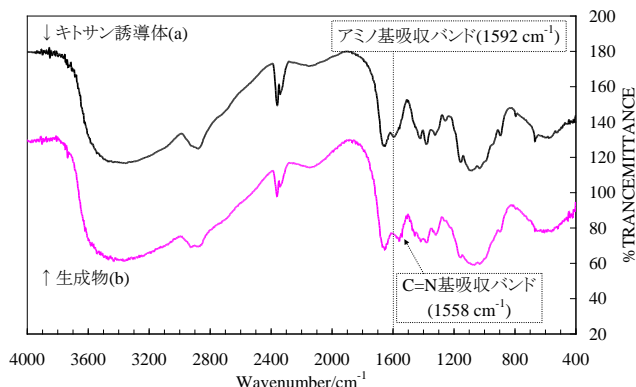


Fig.1 キトサン誘導体(a)と生成物(b)の IR スペクトル

(a)では 1590 cm⁻¹ 付近にアミノ基の吸収帯が確認できたが、(b)ではアミノ基の吸収帯が消失し、1560 cm⁻¹ 付近に C=N の吸収帯が新たに確認された。よって、得られた生成物は N-メチレンキトサン誘導体であると考えられた。したがって、キトサン誘導体は、HCHO を化学吸着によって除去できることが示された。

3. キトサンボードの HCHO 低減性能評価方法

3.1 建材試験体の作成

キトサン誘導体を 0.5% 含有した石膏ボードを 7.5 cm 角に切り、片面のみが露出するようにアルミニウム箔でシールした。

3.2 小型チャンバー法

20 L ステンレス製小型チャンバーを恒温槽内に設置した(Fig.2)。導入した HCHO ガスは、外気を活性炭に通して不純物を除去した空気を HCHO 水溶液にバブリングさせて発生させた。ガス流量は 0.166 L/min とした(換気回数:0.5 回/h)。試験体をチャンバー内部に設置し(試料負荷率 1.12 m³/m²)、5 時間後にチャンバー内の空気を DNPH 捕集管に捕集し、5 mL のアセトニトリルで抽出後、HPLC 法により HCHO 濃度を定量した。得られた HCHO 濃度を用いて相当換気回数(h)を算出し、これを低減性能値とした。

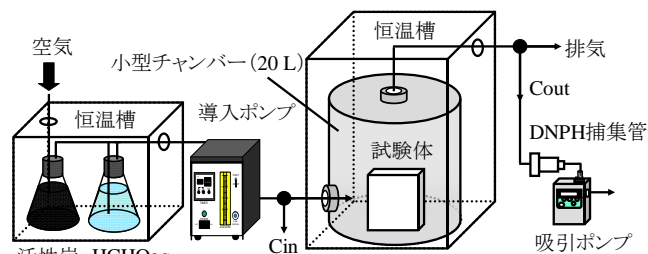


Fig.2 小型チャンバー試験装置構成図

3.3 施工条件の影響

一般に、石膏ボードは壁紙および糊で施工して用いられるが、その際に壁紙が制限されるべきではない。そこで、低減性能への施工条件の影響を調べるため、試験体を壁紙(透湿度:594 g/m²)および糊で施工して性能試験を行った。

3.4 壁紙用糊の HCHO 透過性の検討

糊に添加剤を加えて施工し、糊層内部に HCHO 透過経路を形成してキトサンボードの低減性能を確保する方法として以下の 2 つを検討した。尚、施工条件は塗布量:175 g/m²、壁紙透湿度:594 g/m²とした。

①揮発性香気成分による分子サイズ多孔塗膜の形成

糊に香気成分を添加(50 μL/糊 1 g)し、施工した後に 60°C の恒温槽で 24 時間、香気成分を気化させた。

②吸着剤(無機粉末)による HCHO 透過経路の形成

糊に無機粉末(3wt%)を加えて施工した。さらに、性能試験の初期値は吸着による影響が示唆されたため、相当換気回数の経時変化を測定した。

3.5 HCHO 濃度低減性能の持続性(寿命)測定

試験体を粉砕し、その 2.0 g をガラス管(長さ 11 cm、外径 8 mm、内径 6 mm)に入れ、その両端をガラスウールで栓をした。これを試験装置(Fig.3)に設置し、HCHO ガス(1.6 mg/m³、0.166 L/min)を導入した。そして、一定時間ごとの入口および出口側における HCHO 濃度を 3.2 と同様の方法で測定し、得られた破過曲線を用いて試験体の低減性能の寿命を求めた。

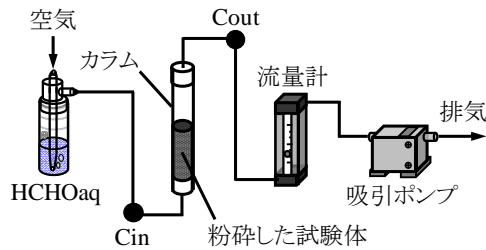


Fig.3 カラム法試験装置構成図

4. 結果および考察

4.1 キトサンボードの基本性能測定

Table1 に、小型チャンバー法より得られた相当換気回数を示した($n=2$)。相当換気回数はチャンバー内温度および試料負荷率の増加に伴い増加したが、湿度影響については、一定の傾向は見られなかった。また、入口濃度を指針値レベルとした場合、相当換気回数が 1.8 /h となり、実用レベルの高い値を示した。

Table1 HCHO 低減性能に与える環境条件の影響

試験項目	条件				結果	
	温度(°C)	湿度(%)	試料負荷率(m ² /m ³)	入口濃度(mg/m ³)	出口濃度(mg/m ³)	相当換気回数(/h)
温度影響	10.0	56.1	1.12	0.09	0.021	1.5
	28.8	57.0	1.12	0.11	0.023	1.8
	36.7	50.5	1.12	0.11	0.020	2.2
湿度影響	28.0	57.0	1.12	0.11	0.023	1.8
	28.7	68.9	1.12	0.11	0.026	1.7
	28.7	92.0	1.12	0.11	0.020	1.9
試料負荷率(m ² /m ³)	28.7	57.0	0.56	0.10	0.035	0.88
	28.0	57.0	1.12	0.11	0.023	1.8
	28.0	52.0	2.25	0.10	0.012	3.6
入口濃度(mg/m ³)	29.0	58.0	1.12	0.05	0.011	2.1
	28.0	57.0	1.12	0.11	0.023	1.8
	28.8	58.5	1.12	0.20	0.043	1.8

4.2 施工条件の影響

Table2 に、各施工条件における相当換気回数を示した。相当換気回数は糊塗布量の増加に伴い著しく減少した。これは糊がキトサンボード内部への HCHO の透過を阻害したためと考えられる。

Table2 HCHO 低減性能に与える施工条件の影響

糊塗布量(g/m ²)	条件			結果	
	温度(°C)	湿度(%)	入口濃度(mg/m ³)	出口濃度(mg/m ³)	相当換気回数(/h)
175.8	24.6	40.1	0.11	0.069	0.25
312.0	24.8	40.5	0.10	0.073	0.18
ボード単体	25.8	50.0	0.11	0.025	1.70
壁紙単体	26.3	54.2	0.11	0.066	0.34

4.3 壁紙用糊の HCHO 透過性の検討

①揮発性香気成分による分子サイズ多孔塗膜の形成

Table3 に、各香気成分添加糊で施工した試験体の相当換気回数を示した。Table2 に比べ、相当換気回数が増加した。これは、香気成分の気化によって形成された細孔により、HCHO の透過性が向上したためと考えられる。しかし本法にはコスト高等の問題がある。

Table3 香気成分が HCHO 低減性能へ与える効果

揮発性香気成分	条件			結果	
	沸点(°C)	温度(°C)	湿度(%)	相当換気回数(/h)	香り
cis-3-Hexenylbutylate	157	26.0	38.4	0.59	青臭い
α -Limonene	177	26.0	37.4	0.58	柑橘系
Linalool	198	26.0	38.5	0.54	清涼感

②吸着剤(無機粉末)による HCHO 透過経路の形成

Fig.4 に、吸着剤添加糊で施工した試験体の相当換気回数変化を示した。相当換気回数は一旦急激に低下し、後に向上した。よって、初期は糊への吸着効果のみが発現し、その後、糊内における固体内拡散が生じ、最終的に HCHO 透過経路が確立したと推測される。そして、最終的な相当換気回数は 0.70 /h となり、①法で得られた値よりも高い低減性能を発揮した。

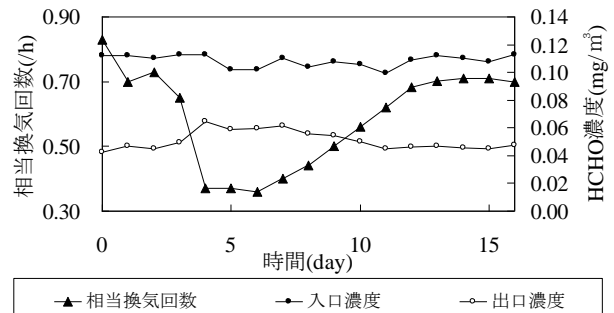


Fig.4 吸着剤が HCHO 低減性能へ与える効果 (温度:25.7°C、湿度:62.0%)

4.4 HCHO 低減性能の寿命測定

Fig.5 に、カラム法による寿命測定結果を示した。これより、導入濃度を 0.1 mg/m³ に換算して寿命を算出した結果、求める寿命は試料負荷率により直線的に増加し、約 30 年のオーダーであると推定された。

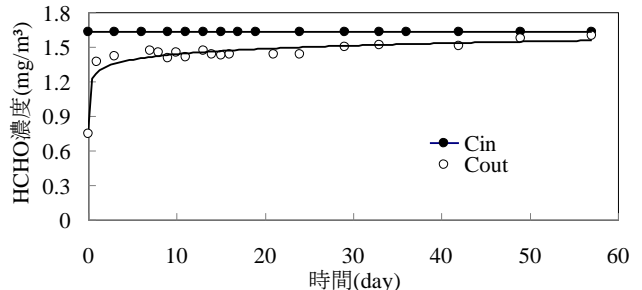


Fig.5 試験体の濃度低減性能における破過曲線(20°C)

5. 結論

室内空気中の HCHO を化学吸着機構により除去できるキトサンボードは、施工によって低減性能が阻害されたものの、吸着剤を糊に添加することで実用レベルの高い低減性能を確保できた。また、この低減性能の寿命は、約 30 年のオーダーであることがわかった。