

1. 構造方法の概要

1.4 性能評価

1.4.1 申請内容の概略

本申請は、住宅等の居室において、機械換気設備で0.2回/h以上及び白金と二酸化チタンからなる白金担持光触媒「エアプロットN」(以下「エアプロットN」とする)を居室の外部に面する窓ガラスの内側に気積(m³)に対し0.08m²/m³塗布し、太陽光(紫外線)の照射により(以下「エアプロットシステム」という)0.3回/h以上、住宅等の居室以外の居室においては、機械換気設備で0.1回/h以上及びエアプロットシステムにより0.2回/h以上の換気回数をそれぞれ分担させて(ただし、平均高さが3.5m以上6.9m未満の場合においては0.1回/h以上)、対象となる居室等のホルムアルデヒド濃度を気温28℃、湿度50%RHの標準環境下等において年間を通しておおむね0.1mg/m³以下に保つことの出来るとするものである。

(1)ホルムアルデヒドの低減性能の評価

エアプロットシステムのホルムアルデヒド低減性能について、JIS A 1901 に準拠した同一仕様の2個の20Lチャンバーを用いた小形チャンバー試験を行った。低減性能を標準条件(温度28℃、湿度50%RH)において確認するとともに、温湿度の影響(低温低湿13℃/25%RH、高温高湿40℃/60%RH)、ホルムアルデヒド濃度の影響(標準濃度おおむね100μg/m³、高濃度 おおむね500μg/m³)、環境因子(共存物質)の影響(窒素酸化物、硫黄酸化物、アセトアルデヒド、トルエン、タバコの煙、塵埃、オイルミスト)についての検証を行った。

紫外線照射条件については、太陽光を代替した紫外線照射量を最も条件の悪い雨天を想定した125μw/cm²を基本とし、昼間を想定した紫外線照射ONで12時間、続いて夜間を想定した紫外線照射OFFで12時間のインターバルで連続120時間(5日間)にわたるチャンバー試験を行い、紫外線照射ON/OFFに切り替える直前のホルムアルデヒド濃度を測定することにより低減性能の検証を行った。また、紫外線ON/OFF切り替え直前での測定ではホルムアルデヒド低減挙動の詳細を把握できないため、別途ON/OFF24時間にわたって1時間ごとに測定を行った。5日間にわたる連続試験結果において低減性能の経日変化が認められなかったため、紫外線照射ON、及びOFF各5点の平均値をもって各因子の影響を検討した。それらの結果につき、コントロールとした標準条件(ホルムアルデヒド供給濃度100μg/m³、紫外線照射量125μw/cm²、温湿度:28℃/50%RH、換気回数0.5回/h、共存物質なし)における試験結果と各試験条件下でのそれとの有意差のt検定を実施した。なお、t検定にあたってはホルムアルデヒドの供給濃度を100μg/m³に調整した値を用いた。その結果を表1-4-1に示した。

これらの試験結果、紫外線照射ONでは、高温高湿条件及びオイルミスト存在下で低減性能が低下し、二酸化窒素、二酸化硫黄、アセトアルデヒド、トルエン、タバコの煙、塵埃存在下では向上し、低温低湿条件下では影響がなかった。紫外線照射OFFでは塵埃存在下で低減性能の向上が見られたが、その他は影響がなかった。

これらすべての試験結果を表 1-4-2 に示した。紫外線照射 ON 時の換気回数換算値 (エアープロットN塗工率 $0.08\text{m}^2/\text{m}^3$) は $0.5\sim 13.4$ 回/h、最も低減効果の低いオイルミストが共存する場合でも 0.5 回/h である。紫外線照射 OFF 時では、白金のみの触媒作用に依存するために $0.1\sim 0.2$ 回/h であった。しかし、これらの結果は 12 時間のインターバルで紫外線の ON/OFF を繰り返した最終時点での結果である。そこで、紫外線照射 ON/OFF 24 時間にわたる詳細な測定試験を行った。その結果を図 1-4-1 及び表 1-4-3 に示した。即ち、エアープロットNの触媒作用によるホルムアルデヒドの分解は紫外線照射直後から進行しホルムアルデヒド濃度は双曲線的に低減し 12 時間後に最小となり、紫外線照射 OFF とともに上昇し 7 時間程度でほぼ最大に達する。したがって、各 ON/OFF インターバルの最終時点での結果のみで低減性能を評価することは適当ではないと判断し、ON12 時間→OFF12 時間にわたる低減挙動全体を評価の対象とした。この試験の 1 時間ごとの測定結果に基づき、排気濃度を平均した結果を表 1-4-3 に同時に示した。その結果、本エアープロットNによるホルムアルデヒドの低減性能は、おおむね**換気回数 0.3 回/h 以上**の性能に相当するものと判断される。

表 1-4-1 各試験条件におけるホルムアルデヒドの低減効果(平均排気濃度: $\mu\text{g}/\text{m}^3$)と t 検定結果

HCHO 濃度/ UV 強度	温度/湿度	共存物質	紫外線 ON		紫外線 OFF	
			排気濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	有意差	排気濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	有意差
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	なし	32.4	-	80.2	-
	13°C/25%	なし	28.8	なし	79.8	なし
	40°C/60%	なし	47.4	$p < .01$	84.6	なし
	28°C/50%	二酸化窒素	18.6	なし	80.0	なし
	28°C/50%	二酸化硫黄	4.4	$p < .01$	73.8	なし
	28°C/50%	アセトアルデヒド	8.2	$p < .01$	79.0	なし
	28°C/50%	トルエン	15.0	$p < .01$	71.8	なし
	28°C/50%	タバコの煙	14.2	$p < .05$	74.2	なし
	28°C/50%	塵埃	3.8	$p < .01$	73.4	$p < .01$
	28°C/50%	オイルミスト	49.8	$p < .05$	84.4	なし

注) チャンバー条件: 換気回数 0.5 回/h

$p < .01$: 1%の水準で有意差有り

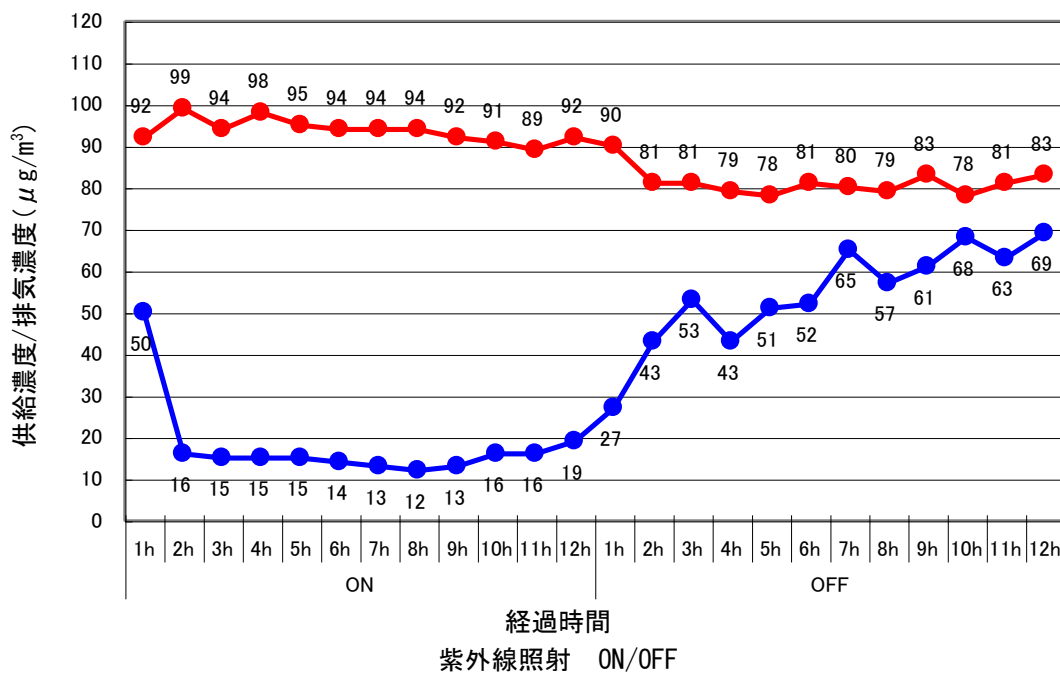
$p < .05$: 5%の水準で有意差有り

表 1-4-2 エアープロットNによるホルムアルデヒド低減性能試験結果

濃度/UV 強度	温度/湿度	共存物質		供給濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	排気濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	分解除去速度 ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	換気量換算値 ($\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	換気回数換算値 ^{*1} (回/h)	換気回数換算値 ^{*2} (回/h)
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	なし	ON	105.2	34.2	443.8	13.0	1.0	0.4
			OFF	99.6	79.6	125.0	1.6	0.1	0.1
500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /500 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	なし	ON	519.4	72.8	2791.3	38.3	3.1	1.2
			OFF	572.4	456.8	723.8	1.6	0.1	0.1
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	13°C/25%	なし	ON	124.8	36.2	553.8	15.3	1.2	0.5
			OFF	103.2	82.2	131.3	1.6	0.1	0.1
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	40°C/60%	なし	ON	125.2	60.4	405.0	6.7	0.5	0.2
			OFF	109.0	92.4	103.8	1.1	0.1	0.03
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	二酸化窒素	ON	95.6	16.6	493.8	29.7	2.4	0.9
			OFF	115.2	92.2	143.8	1.6	0.1	0.1
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	二酸化硫黄	ON	50.4	2	302.5	151.3	12.1	4.5
			OFF	98.4	72.6	161.3	2.2	0.2	0.1
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	アセトアルデヒド	ON	111.8	10.6	632.5	59.7	4.8	1.8
			OFF	124.6	98	166.3	1.7	0.1	0.1
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	トルエン	ON	117.0	17.4	622.5	35.8	2.9	1.1
			OFF	96.6	69.6	168.8	2.4	0.2	0.1
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	タバコの煙	ON	99.2	13.8	533.8	38.7	3.1	1.2
			OFF	113.6	85	178.8	2.1	0.2	0.1
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	塵埃	ON	111.0	4	668.8	167.2	13.4	5.0
			OFF	107.6	79.2	177.5	2.2	0.2	0.1
100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ /125 $\mu\text{w}/\text{cm}^2$	28°C/50%	オイルミスト	ON	99.2	49.2	312.5	6.4	0.5	0.2
			OFF	137.6	115.8	136.3	1.2	0.1	0.04

※1 エアープロットN塗工率：0.08 m^2/m^3

※2 エアープロットN塗工率：0.03 m^2/m^3



チャンバー条件：28°C/50%、換気回数 0.5 回/h

図 1-4-1 ON/OFF24 時間連続試験結果

表 1-4-3 ON/OFF24 時間連続試験結果

経過時間	UV	供給濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	排気濃度* ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	分解除去速度 ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	換気量 換算値 ($\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$)	相当換気回数(回/h)		低減率 (%)
						エアプロットN 設置率 $0.08\text{m}^2/\text{m}^2$ の場合	エアプロットN 設置率 $0.03\text{m}^2/\text{m}^2$ の場合	
1	ON	92	50(54)	263	5.3	0.42	0.16	45.7
2		99	16(16)	519	32.4	2.59	0.97	83.8
3		94	15(16)	494	32.9	2.63	0.99	84.0
4		98	15(15)	519	34.6	2.77	1.04	84.7
5		95	15(16)	500	33.3	2.67	1.00	84.2
6		94	14(15)	500	35.7	2.86	1.07	85.1
7		94	13(14)	506	38.9	3.12	1.17	86.2
8		94	12(13)	513	42.7	3.42	1.28	87.2
9		92	13(14)	494	38.0	3.04	1.14	85.9
10		91	16(18)	469	29.3	2.34	0.88	82.4
11		89	16(18)	456	28.5	2.28	0.86	82.0
12		92	19(21)	456	24.0	1.92	0.72	79.3
13	OFF	90	27(30)	394	14.6	1.17	0.44	70.0
14		81	43(53)	238	5.5	0.44	0.17	46.9
15		81	53(65)	175	3.3	0.26	0.10	34.6
16		79	43(54)	225	5.2	0.42	0.16	45.6
17		78	51(65)	169	3.3	0.26	0.10	34.6
18		81	52(64)	181	3.5	0.28	0.10	35.8
19		80	65(81)	94	1.4	0.12	0.04	18.8
20		79	57(72)	138	2.4	0.19	0.07	27.8
21		83	61(73)	138	2.3	0.18	0.07	26.5
22		78	68(87)	63	0.9	0.07	0.03	12.8
23		81	63(78)	113	1.8	0.14	0.05	22.2
24		83	69(83)	88	1.3	0.10	0.04	16.9
平均	全体	87.4	36.1	320.8	8.9	0.7	0.3	58.7
	ON	95.4	15.2	501.3	33.0	2.6	1.0	84.1
	OFF	80.6	52.8	173.8	3.3	0.3	0.1	34.5

※()内の数値は、供給濃度 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ に換算した値。

(2)エアプロットNの低減効果持続性の評価

低減性能の劣化が塗布されたエアプロットNの清拭による摩滅あるいは剥落によるものとし5年間に相当する清拭処理を施したものについての低減性能試験、及び過酷な条件下での長期にわたる使用の影響を見るために紫外線 OFF 下で高濃度のホルムアルデヒド気中に24時間さらしたものについての低減性能試験結果を表 1-4-4 に示した。

紫外線照射1時間後では0.04、0.06回/hの換気回数換算値が見られるが、それ以降は0.35回/h以上で、平均は0.45、0.44回/hであり、換気回数0.3回/h相当の低減効果があると判断した。なお、t検定の結果は両者の平均の差に有意差は認められず、事前の高濃度ホルムアルデヒド暴露の影響は認められなかった。

表 1-4-4 エアープロットNの耐久性及び持続性試験結果

UV/経過時間		処理 60 回(5年想定)					処理 60 回後高濃度ホルムアルデヒド暴露				
		供給濃度(μg/m ³)	排出濃度(μg/m ³)	分解除去速度(μg/m ² ・h)	換気量換算値(m ³ /m ² ・h)	換気回数換算値(回/h)	供給濃度(μg/m ³)	排出濃度(μg/m ³)	分解除去速度(μg/m ² ・h)	換気量換算値(m ³ /m ² ・h)	換気回数換算値(回/h)
-	OFF	88	86				70	67			
1	ON	90	83	43.8	0.5	0.04	79	70	56.3	0.8	0.06
2	ON	97	57	250.0	4.4	0.35	83	49	212.5	4.3	0.35
3	ON	88	47	256.3	5.5	0.44	83	39	275.0	7.1	0.56
4	ON	93	43	312.5	7.3	0.58	82	38	275.0	7.2	0.58
5	ON	86	40	287.5	7.2	0.58	86	38	300.0	7.9	0.63
6	ON	82	38	275.0	7.2	0.58	82	40	262.5	6.6	0.53
8	ON	79	44	218.8	5.0	0.40	80	47	206.3	4.4	0.35
10	ON	77	39	237.5	6.1	0.49	86	49	231.3	4.7	0.38
12	ON	86	39	293.8	7.5	0.60	86	42	275.0	6.5	0.52
平均				241.7	5.6	0.45			232.6	5.5	0.44

注 1) 小形チャンバー条件：28℃/50%、換気回数：0.5 回/h

注 2) 高濃度ホルムアルデヒドガス暴露は紫外線 OFF で行った。

注 3) 処理 60 回と処理 60 回後高濃度ホルムアルデヒドガス暴露間に有意の差は認められなかった。

注 4) 換気回数換算値はエアープロットN塗工率 0.08m²/m³とした。

(3) エアープロットシステムからの有害生成物質の確認評価

白金担持光触媒のホルムアルデヒド分解除去により生成が想定される有害物質として一酸化炭素及びギ酸の生成の確認試験を、ホルムアルデヒド供給濃度約 10ppm で行った。試験結果を表 1-4-5 に示した。一酸化炭素、ギ酸共に極微量であり健康への影響はないものと判断される。

表 1-4-5 生成物質分析結果

一酸化炭素	ギ酸
2 Vol ppm	1.7 μg/ml (0.009 Vol ppm)

注1) ホルムアルデヒド：供給濃度 10.8ppm(13134 μg/m³)
排気濃度 6.39ppm(7763 μg/m³)

注2) チャンバー条件：温度 28℃/湿度 50%、換気回数 0.5 回/h

注3) 紫外線照射条件：125 μw/cm²-ON/12h

(4) 環境因子(共存物質)存在下でのエアープロットシステムからの酸性物質の生成評価

共存物質存在下でのホルムアルデヒド低減試験終了後、白金担持光触媒に付着した酸性物質として亜硝酸イオン、酢酸イオン、硫酸イオンの確認試験を行った。分析結果を表 1-4-6 に示した。酢酸イオンについて塵埃共存下で 0.87 μg/m³、硫酸イオンについて NO₂ 共存下で 0.04 μg/m³、SO₂ 共存下で 0.08 μg/m³、塵埃共存下で 0.02 μg/m³ の生成が認められたが、それ以外は分析下限 0.01 μg/m³ 以下であった。いずれも極微量であり健康への影響はない。

表 1-4-6 酸性物質分析結果

	亜硝酸イオン ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	酢酸イオン ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	硫酸イオン ($\mu\text{g}/\text{ml}$)
二酸化窒素	0.01 未満	0.01 未満	0.04
二酸化硫黄	0.01 未満	0.01 未満	0.08
アセトアルデヒド	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満
トルエン	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満
タバコの煙	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満
塵埃	0.01 未満	0.87	0.02
オイルミスト	0.01 未満	0.01 未満	0.01 未満

注 1)ホルムアルデヒド供給濃度：おおよそ $100\mu\text{g}/\text{m}^3$

注 2)チャンバー条件：28℃/50%、換気回数 0.5 回/h

注 3)紫外線照射条件： $125\mu\text{w}/\text{cm}^2$ 、ON/12h→OFF/12h×連続 5 日

(4) 評価結果

本低減材「エアープロットN」の換気量(相当換気回数)換算値は、想定される要因を考慮した最も不利な条件において「エアープロットN」塗工率 $0.08\text{m}^2/\text{m}^3$ において 0.3 回/h 以上、 $0.03\text{m}^2/\text{m}^3$ において 0.1 回/h 以上の性能であると評価された。

また、この低減剤「エアープロットN」のホルムアルデヒド分解除去過程において健康に有害な影響を及ぼす量の物質の生成・発散は生じないことが確認された。

さらに、本低減剤の効果が 5 年にわたることを確認した。

したがって、「エアープロットN」を用い、本評価書に示す構成、設計ルール、塗工方法及び維持管理要領に従った室内については、年間を通してホルムアルデヒド濃度をおおむね $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ 以下に保つことができると評価された。