

表-3.1.2.7 VOC成分毎の相当換気量(AC-3)

Classification	Substance	相当換気量[m ³ /h]			
		1回目	2回目	3回目	平均値
Alkanes	Hexane	3.10	1.11	-	2.11
	2,4-dimethylpentane	0.88	-	-	0.88
	Heptane	2.23	2.00	-	2.12
	Octane	2.65	-	1.10	1.88
Aromatics	Benzene	5.58	-	-	5.58
	Toluene	5.20	-	0.10	2.65
	Ethylbenzene	5.75	-	2.00	3.88
	m-xylene	3.50	0.79	0.40	1.56
	o-xylene	9.83	-	-	9.83
Halogenes	Dichloromethane	4.56	-	-	4.56
	Chloroform	9.03	-	-	9.03
	1,1,1-trichloroethane	8.70	6.34	0.10	5.05
	Carbontetrachloride	4.92	-	-	4.92
	1,2-dichloroethane	4.50	-	-	4.50
	Trichloroethylene	2.38	4.07	-	3.23
	1,2-dichloropropane	2.37	-	-	2.37
	Dibromochloromethane	-	-	-	-
	Tetrachloroethylene	2.82	-	-	2.82
Esters	Ethylacetate	4.01	4.35	0.30	2.89
Alcohol	Ethanol	1.20	-	1.00	1.10
Aldehyde or Ketones	Acetone	4.21	-	7.30	5.76
	Methylethylketone	1.21	-	-	1.21
	Methylisobutylketone	-	-	-	-
	TVOC	4.22	3.11	1.54	2.96

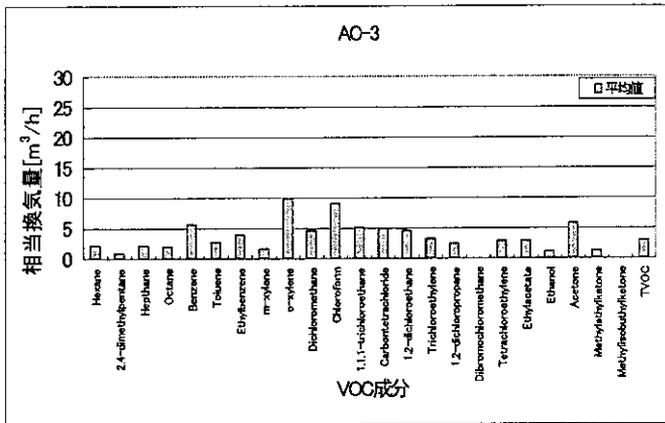


図 3.1.2.109 VOC成分毎の相当換気量(AC-3)

表-3.1.2.8 VOC成分毎の相当換気量(AC-4)

Classification	Substance	相当換気量[m ³ /h]			
		1回目	2回目	3回目	平均値
Alkanes	Hexane	5.73	2.77	7.77	5.42
	2,4-dimethylpentane	5.68	2.13	7.71	5.17
	Heptane	6.15	0.24	8.18	4.86
	Octane	4.58	3.49	6.61	4.89
Aromatics	Benzene	5.22	2.77	7.25	5.08
	Toluene	7.07	2.10	9.11	6.09
	Ethylbenzene	6.69	2.56	8.72	5.99
	m-xylene	1.69	0.69	3.73	2.04
	o-xylene	3.02	-	5.05	4.04
Halogenes	Dichloromethane	0.18	4.39	2.21	2.26
	Chloroform	6.21	-	8.25	7.23
	1,1,1-trichloroethane	2.52	-	4.56	3.54
	Carbontetrachloride	2.13	-	4.16	3.15
	1,2-dichloroethane	14.9	17.6	13.2	15.2
	Trichloroethylene	7.05	4.34	9.09	6.83
	1,2-dichloropropane	5.87	3.04	7.90	5.60
	Dibromochloromethane	9.02	1.58	1.11	7.22
Tetrachloroethylene	4.93	-	6.96	5.94	
Esters	Ethylacetate	4.97	-	7.01	5.99
Alcohol	Ethanol	5.09	-	7.12	6.10
Aldehyde or Ketones	Acetone	5.16	-	7.19	6.18
	Methylethylketone	6.59	9.71	8.62	8.31
	Methylisobutylketone	10.3	6.70	12.32	9.77
	TVOC	4.71	1.75	6.74	4.40

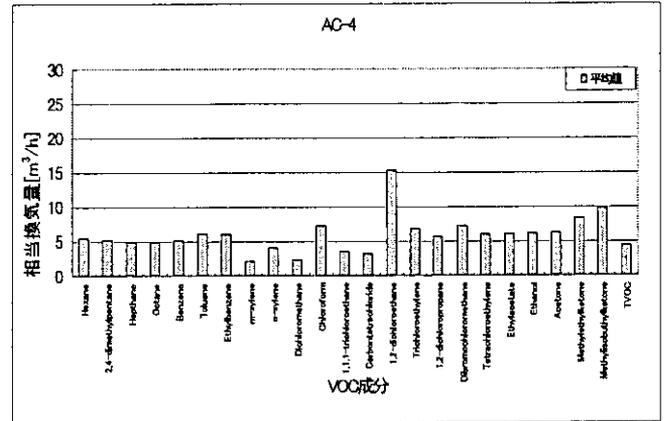


図 3.1.2.110 VOC成分毎の相当換気量(AC-4)

表-3.1.2.9 VOC成分毎の相当換気量(AC-5)

Classification	Substance	相当換気量[m ³ /h]			
		1回目	2回目	3回目	平均値
Alkanes	Hexane	14.1	26.2	18.2	19.5
	2,4-dimethylpentane	11.8	23.2	19.7	18.3
	Heptane	10.4	24.3	20.3	18.3
	Octane	16.6	20.6	21.7	19.6
Aromatics	Benzene	10.3	26.9	17.6	18.3
	Toluene	11.5	25.7	19.1	18.8
	Ethylbenzene	14.9	29.4	20.9	21.7
	m-xylene	17.8	20.9	20.9	19.9
	o-xylene	17.3	22.5	31.7	23.8
Halogenes	Dichloromethane	1.85	11.2	8.16	7.06
	Chloroform	6.30	18.1	15.1	13.2
	1,1,1-trichloroethane	13.5	26.3	17.4	19.1
	Carbontetrachloride	12.0	23.0	15.4	16.8
	1,2-dichloroethane	5.95	18.2	13.2	12.4
	Trichloroethylene	12.5	25.6	16.4	18.1
	1,2-dichloropropane	14.8	25.7	18.4	19.6
	Dibromochloromethane	11.7	26.0	19.9	19.2
Tetrachloroethylene	15.0	25.2	19.2	19.8	
Esters	Ethylacetate	19.9	31.7	17.7	23.1
Alcohol	Ethanol	4.24	1.86	14.0	6.72
Aldehyde or Ketones	Acetone	6.93	15.6	7.38	10.0
	Methylethylketone	13.9	26.0	16.3	18.8
	Methylisobutylketone	17.3	22.5	28.9	22.9
	TVOC	10.7	22.4	15.9	16.3

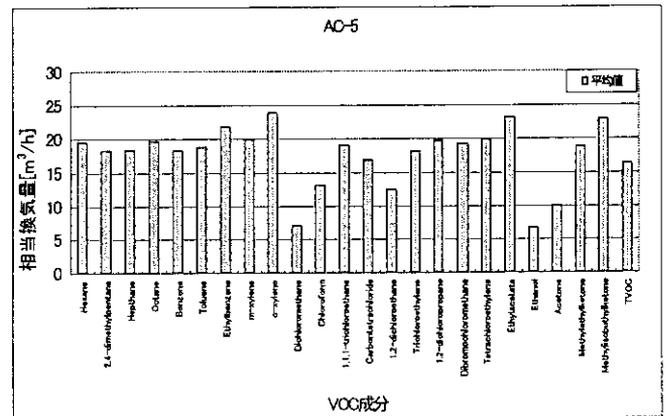


図 3.1.2.111 VOC成分毎の相当換気量(AC-5)

b) AC-6 ~ 10 の VOC 成分毎の相当換気量 (2002 年製)

チェンバー内の濃度測定により求められた家庭用空気清浄機の相当換気量 (Q_{eq}) を、表-3.1.2.10 と図-3.1.2.112 ~ 3.1.2.116 に示す。

AC-6 の相当換気量 (Q_{eq}) は、0.01 ~ 28.6 [m^3/h] であり、Ethanol、Dichloromethane を除いて相当換気量が 10 [m^3/h] 未満であった。

AC-7 の相当換気量 (Q_{eq}) は、5.60 ~ 37.4 [m^3/h] であり、ハロゲン類の Dichloromethane、Chloroform、1,1,1-trichloroethane、Carbon tetrachloride を除いた成分で 20 [m^3/h] に近い値を示した。

AC-8 の相当換気量 (Q_{eq}) は、4.75 ~ 43.1 [m^3/h] であり、Octane を除いて相当換気量が 10 [m^3/h] 未満であった。

AC-9 の相当換気量 (Q_{eq}) は、7.45 ~ 55.1 [m^3/h] であり、ほとんどの成分で 30 [m^3/h] を超える大きな除去性能が示された。この機器は比較的少量の活性炭を用いたフィルタを使用しており、これが大きな除去性能をもたらした要因と考えられる。

AC-10 の相当換気量 (Q_{eq}) は、3.55 ~ 15.0 [m^3/h] であり、AC-6、AC-8 とほぼ同等の値を示した。これはフィルタに活性炭が多く充填されており、これが除去性能を向上させた要因と考えられる。

AC-7、AC-9 は、建築基準法、ビル管法における必要換気量 (20 ~ 30 [m^3/h]) に相当し、室内汚染低減対策上、有効であることが示された。

表-3.1.2.10 AC-6 ~ 10 の VOC 成分毎の相当換気量 (2002 年製)

Classification	Substance	相当換気量 Q_{eq} [m^3/h]				
		AC-6	AC-7	AC-8	AC-9	AC-10
Alkanes	Hexane	5.43	28.9	7.25	40.9	9.86
	2,4-dimethylpentane	5.45	21.0	7.40	46.0	10.0
	Heptane	5.28	33.1	6.61	36.1	11.7
	Octane	8.10	34.7	43.1	25.8	11.8
Aromatics	Benzene	6.40	19.8	6.54	46.2	11.9
	Toluene	5.53	31.7	7.27	28.7	15.0
Halogenes	Dichloromethane	0.01	5.60	5.94	27.3	3.55
	Chloroform	2.52	12.8	6.71	38.1	6.87
	1,1,1-trichloroethane	2.27	13.0	6.63	39.1	6.40
	Carbon tetrachloride	2.90	13.7	6.72	39.7	6.82
	1,2-dichloroethane	1.77	19.0	7.27	33.7	8.17
	Trichloroethylene	4.51	20.2	5.77	31.9	11.2
	1,2-dichloropropane	6.85	25.1	6.28	35.6	10.9
	tetrachloroethylene	3.25	20.7	3.98	27.2	11.7
Esters	Ethylacetate	17.5	28.8	5.34	55.1	10.5
Alcohol	Ethanol	28.6	24.3	14.6	7.45	-
Aldehyde or Ketones	Acetone	0.48	18.8	5.96	40.5	7.32
	Methylethylketone	8.69	29.9	7.81	50.1	13.6
	Methylisobutylketone	9.65	37.4	7.50	42.4	12.9
	TVOC	4.26	18.3	6.42	40.5	7.55

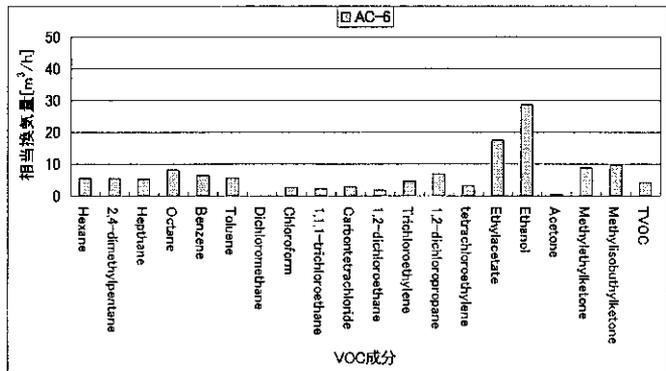


図 3.1.2.112 VOC 成分毎の相当換気量 (AC-6)

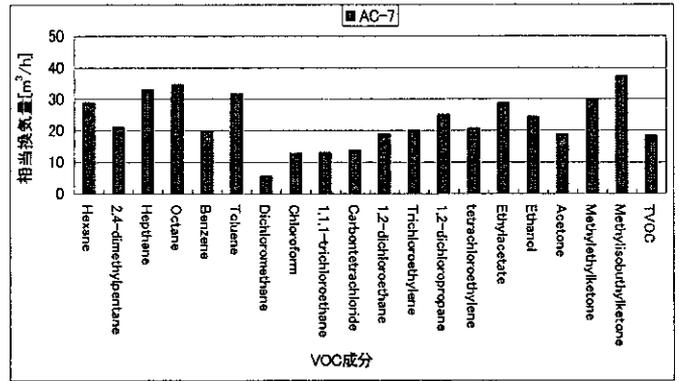


図 3.1.2.113 VOC 成分毎の相当換気量 (AC-7)

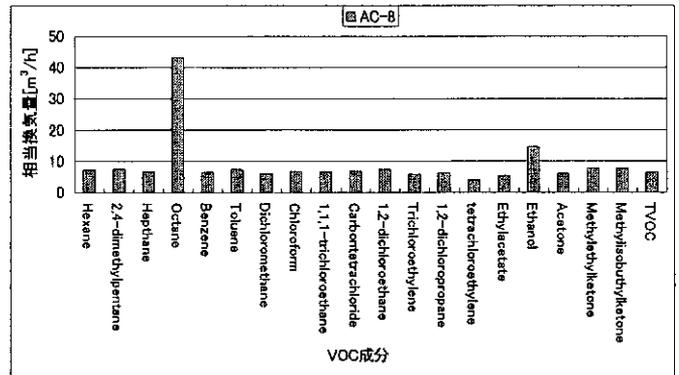


図 3.1.2.114 VOC 成分毎の相当換気量 (AC-8)

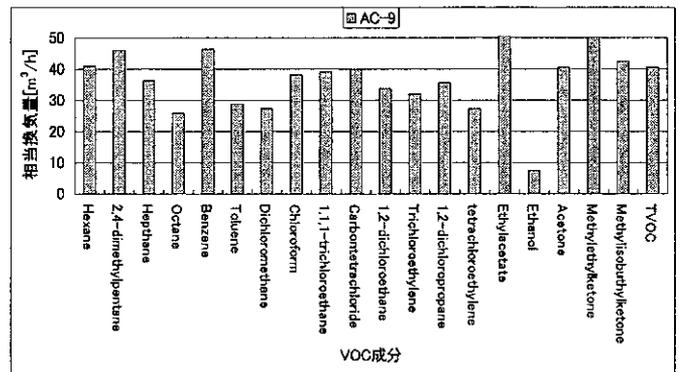


図 3.1.2.115 VOC 成分毎の相当換気量 (AC-9)

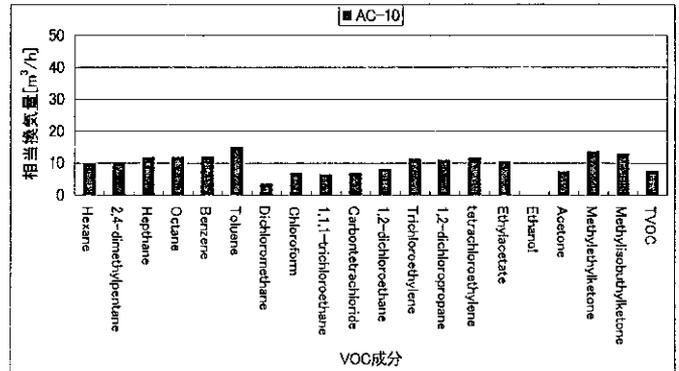


図 3.1.2.116 VOC 成分毎の相当換気量 (AC-10)

3) VOC の室内濃度予測値と実測値との比較

実験室実験により求められた家庭用空気清浄機の相当換気量 (Q_{eq}) を(11)式に代入し、AC-1~5について室内VOC濃度の予測を行った。

予測条件は、濃度減衰法を用いているため $M=0 [\mu\text{g}/\text{h}]$ 、 $n=0.006 [1/\text{h}]$ 、 $R=4.98 [\text{m}^3]$ 、 $V_p S=0 [\text{m}^3/\text{h}]$ 、 $aA=0 [1/\text{h}]$ とした。

ただし、AC-3は、相当換気量がほぼ $0 [\text{m}^3/\text{h}]$ であり予測対象とはしていない。

VOC濃度予測値と実測値に関する結果を、図-3.1.2.117~3.1.2.128に示す。

機器非運転期間において、VOC濃度の実測値と濃度予測値の濃度変化はほとんど示されなかったが、機器運転期間では時間の経過に伴い、AC-3を除く全ての機種で濃度減少が示された。

次に、実測値と濃度予測値との符合率を表-3.1.2.11に示す。

両者は、全機種で66.8~98.8[%]、平均で90.5[%]と高い精度で符合した。ただし、AC-5は実験回数を重ねる毎に実測値が濃度予測値を上回る現象が示されたが、この要因としては、フィルタからのVOC成分の再放出が考えられる。

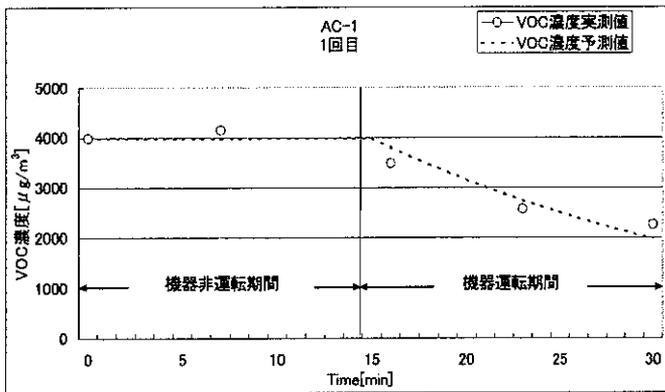


図-3.1.2.117 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-1 1回目)

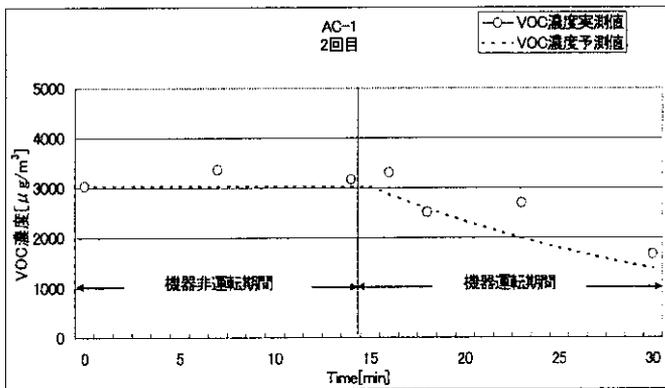


図-3.1.2.118 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-1 2回目)

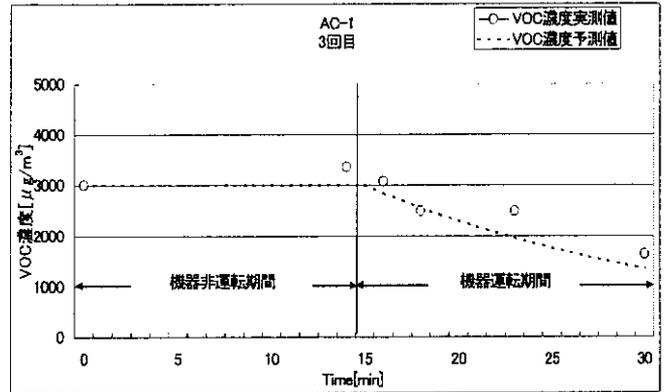


図-3.1.2.119 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-1 3回目)

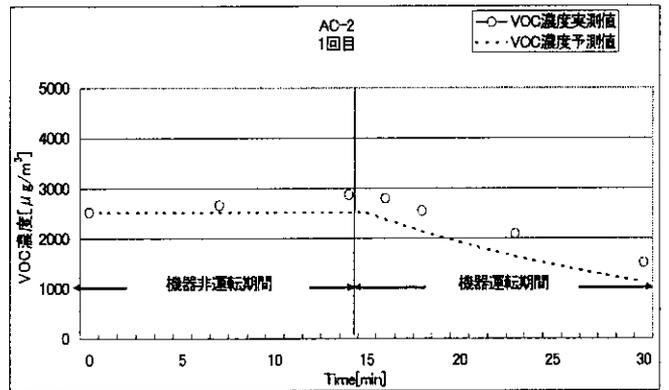


図-3.1.2.120 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-2 1回目)

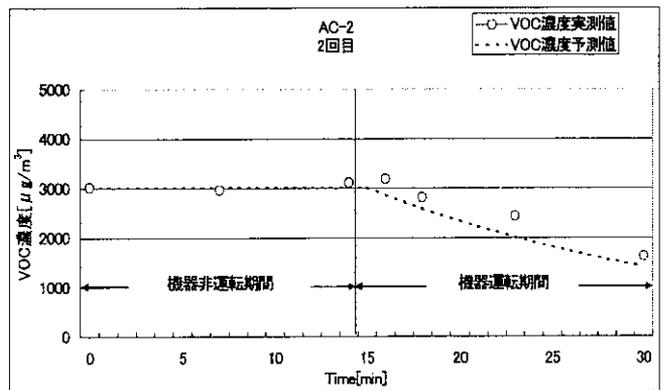


図-3.1.2.121 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-2 2回目)

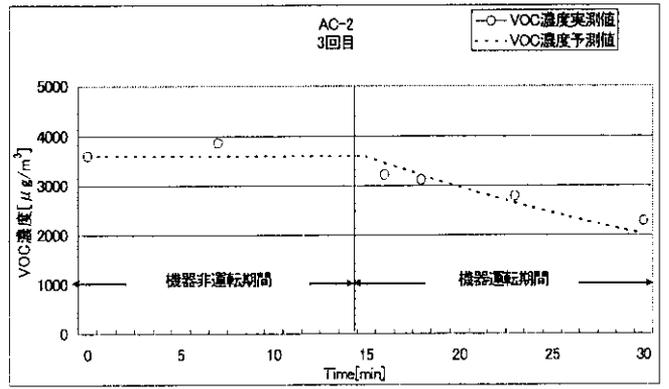


図-3.1.2.122 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-2 3回目)

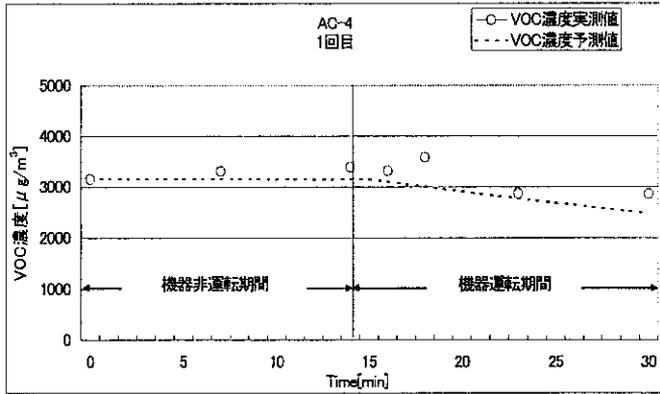


図-3.1.2.123 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-4 1回目)

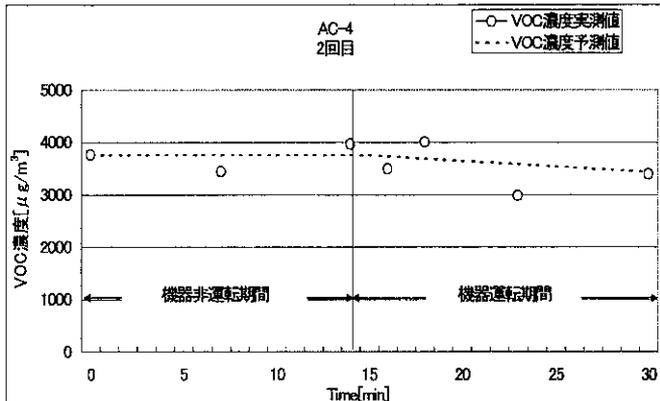


図-3.1.2.124 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-4 2回目)

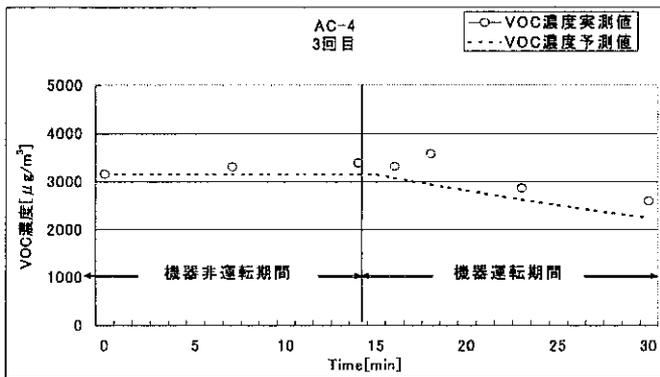


図-3.1.2.125 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-4 3回目)

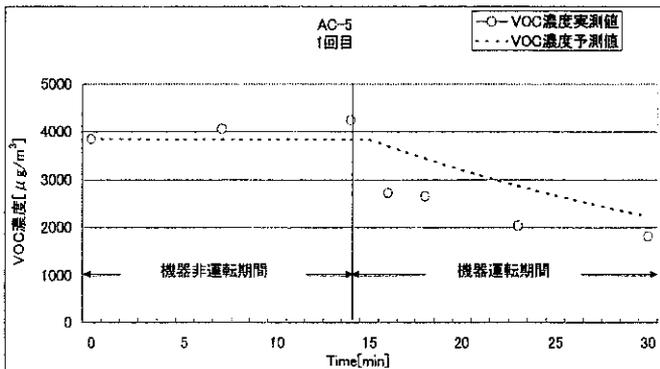


図-3.1.2.126 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-5 1回目)

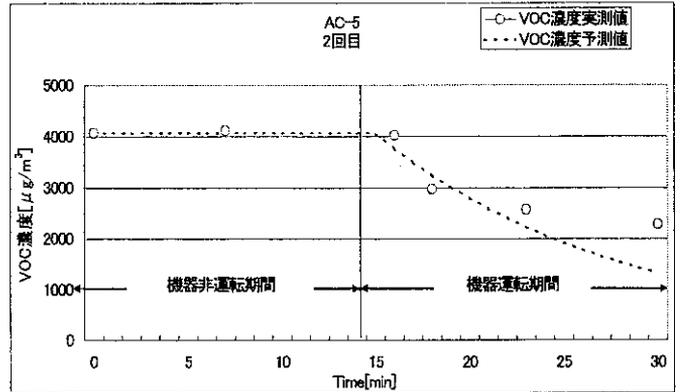


図-3.1.2.127 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-5 2回目)

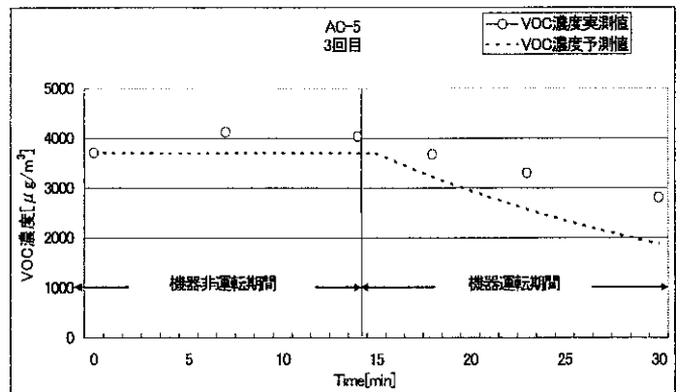


図-3.1.2.128 VOC濃度の実測値と予測値との比較(AC-5 3回目)

表-3.1.2.11 室内VOC濃度の実測値と予測値との符合率

実験回数	符合率[%]							
	機器非運転期間			機器運転期間				
	0min	7min	14min	1min	3min	8min	15min	
AC-1	1回目	100	96.0	-	91.6	-	93.7	87.8
	2回目	100	90.1	95.5	86.9	97.0	73.9	83.0
	3回目	100	-	89.2	86.9	97.5	78.6	82.6
	平均値	100	93.0	92.4	88.5	97.3	82.1	84.5
AC-2	1回目	100	94.7	87.7	85.3	84.0	78.5	74.9
	2回目	100	98.2	97.0	89.9	92.1	82.6	87.2
	3回目	100	93.3	-	92.7	96.9	95.0	88.6
	平均値	100	95.4	92.4	89.3	91.0	85.4	83.5
AC-4	1回目	100	95.4	92.9	88.9	83.9	96.9	86.9
	2回目	100	91.5	94.7	93.4	92.2	83.3	98.6
	3回目	100	95.4	92.9	92.8	82.2	91.8	86.3
	平均値	100	94.1	93.5	91.7	86.1	90.6	90.6
AC-5	1回目	100	94.6	90.5	73.6	86.3	70.8	81.3
	2回目	100	98.8	-	93.7	91.6	86.6	-
	3回目	100	89.8	91.7	-	88.0	78.1	66.8
	平均値	100	94.4	91.1	83.6	88.6	78.5	74.1

3.1.2.5 本章のまとめ

本研究では、家庭用空気清浄機の揮発性有機化合物除去性能を求める実験室実験を行った。また、空気清浄機使用室における汚染物質濃度式を提案し、同式を用いて濃度予測を行った。

これにより以下の①～⑥の知見を得た。

- ①野崎らが提案した「相当換気量(Q_{eq})」という機器の評価指標を用いて、家庭用空気清浄機のVOC除去性能を明らかにした。
- ②機器フィルタ部における使用活性炭量に依存したVOC除去性能が確認できた。
- ③静電集塵式の空気清浄機に関しては、相当換気量(Q_{eq})はゼロに等しく、除去効果は認められなかった。
- ④家庭用空気清浄機使用室の汚染物質濃度予測式を提案した。
- ⑤VOC濃度の実測値と濃度予測値の符合率は、平均で90.5[%]であり、高精度の室内VOC濃度予測法を提案した。
- ⑥定常発生法における家庭用空気清浄機のガス状汚染物質除去性能の評価式(相当換気量算定式)を提案した。
- ⑦家庭用空気清浄機のVOC除去性能に関する基礎的資料を得ることができた。

3.1.2.6 今後の課題

今後の課題としては以下の①、②が挙げられる。

- ①機器汚染物質除去性能の持続性を検討する必要がある。
- ②室吸着力に応じたVOCの濃度予測値を提示し、理論式との比較を行う必要がある。

3.1.2.7 謝辞

本研究を遂行するに当たり、御協力をいただいた工藤彰訓君(東北文化学園大学大学院生)に謝意を表する。

3.1.2.8 引用文献

- 1) 吉澤晋他：衣服と住まいの健康学、大修館書店、1984年
- 2) 吉澤晋、菅原文子、小竿真一郎：空気清浄装置の粉塵捕集率と室内浄化性能、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.799～800、1988年
- 3) R.R.Arnts, S.B.Tejada: 2,4-Dinitrophenylhydrazine-coated Silica Gel Cartridge Method for Determination of Formaldehyde in Air, Identification of an Ozone Interference, Environmental Science Technology, Vol.23, pp.1428～1430, 1989
- 4) M.Ohmura, T.Irie, K.Ikeda et al.: On Comparison of Performance between Filter Type and Ion Type Domestic Air Purifiers, Proc.of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol.2, pp.185～188, 1996
- 5) L.Erdinger, M.Durr, F.Hammes, H.G.Sonntag: Performance of a Modular Room Air Cleaner, Proc. of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol.4, pp.193～198, 1996
- 6) 環境庁大気保全局大気規制課：有害大気汚染物質測定方法マニュアル、pp.41～46、1996年
- 7) (財)日本規格協会：JIS B 9901、ガス状フィルタ性能試験方法、1997年
- 8) 野崎淳夫、池田耕一、吉澤晋、入江建久、飯倉一雄：家庭用空気清浄機におけるガス状物質の除去特性に関する研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.61～64、1997年
- 9) 野崎淳夫、吉澤晋：家庭用空気清浄機汚染物質除去特性に関する研究、日本労働衛生工学会、講演抄録集、pp.81～82、1998

年

- 10) 野崎淳夫、池田耕一、吉澤晋、入江建久、飯倉一雄：我が国における室内化学汚染物質汚染低減化対策の現状について、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、Ⅱ巻、pp.621～624、1998年
- 10) 羽田崇秀、長谷川麻子、小峯裕己：家庭用空気清浄機によるホルムアルデヒド(HCHO)除去性能の評価に関する研究、(その1)化学物質除去基本性能評価用試験装置の性能について、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp.521～524、2000年
- 12) 野崎淳夫、飯倉一雄、池田耕一、吉澤晋：オゾン発生源による室内空気汚染に関する研究(第2報)、日本空気清浄協会第19回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集、pp.273～274、2000年
- 13) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋：家庭用空気清浄機によるホルムアルデヒドの除去特性に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集、2001年
- 14) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋：家庭用空気清浄機による室内化学物質の除去特性に関する研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2001年
- 15) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋：家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性に関する研究(その1)ホルムアルデヒドに対する除去効果、日本建築学会計画系論文集No.554、pp.35～40、2002年
- 16) 野崎淳夫、飯倉一雄、吉澤晋、大澤元毅：庭用空気清浄機のホルムアルデヒド除去特性室内空気環境とその快適性に関する研究(その2)、第9回大気環境学会北海道東北支部総会講演集、pp.38～39、2002年
- 17) 野崎淳夫、飯倉一雄、工藤彰訓、大澤元毅、吉澤晋：家庭用空気清浄機の化学物質除去特性に関する研究(1)、日本建築学会大会学術梗概集、pp.1001～1002、2003年
- 18) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、坊垣和明、桑原保夫、吉澤晋：家庭用空気清浄機の化学物質除去特性に関する研究(2)、日本建築学会大会学術梗概集、pp.1003～1004、2003年
- 19) 野崎淳夫、工藤彰訓、吉澤晋：家庭用空気清浄機を使用する室内のガス状汚染物質濃度予測法に関する研究：室内環境学会講演集、pp.78～79、2003年
- 20) 野崎淳夫、清澤裕美、吉澤晋：家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能と室内濃度予測に関する研究、日本建築学会環境系論文集No.576、pp.37～42、2004年

要約

第1章 家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能

3.1.3 その他の汚染物質(タバコ煙)

野崎淳夫(東北文化学園大学)

清澤裕美(東北文化学園大学特別研究員)

1. はじめに

現在市販されている家庭用空気清浄機には、除去対象物質やその除去原理などにより、いくつかの種類があるが、室内空気汚染を前提とした空気清浄機性能の客観的評価基準は、日本電気工業会¹⁾及び日本空気清浄協会²⁾により示されたもの以外利用されていない。また既往の報告は従来から数多くなされているが、性能試験方法が統一されていないため、これらを用いて浮遊粒子状物質の室内濃度予測を行い、結果を比較検討することが出来ず、浮遊粒子状物質の室内濃度予測を実現するに至らない現状にある。

そこで本研究では、「相当換気量(m³/h)(Equivalent Clean Air Rates ; ECAR)」を評価指標に用い、2000年に販売された家庭用空気清浄機について実験的検証を行った。ここでは家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去特性について、タバコ煙を用いた実験室実験を行い、評価値を報告するものである。

また、空気清浄機使用室における浮遊粒子状物質濃度予測式を提案し、実験により得られた相当換気量から室内汚染物質濃度の予測を行い、実験値と予測値との比較を行った。

2. 実験概要

1) 実験室概要

実験は、東北文化学園大学空気環境実験室内に設置されたステンレス製の環境制御チェンバーにて行った。この環境制御チェンバーは、機械換気装置により任意の換気量が得られ、4.98 m³の気積を有するものである。

環境制御チェンバー内には、汚染物質濃度が均一になるように、小型ミキシングファンを設置した。このミキシングファンは、室内気流を建築基準法による気流速度規定値(0.5 m/s以下)に制御した。

2) 実験対象機器

対象とした機器は、市販されている家庭用空気清浄機から、除去方式やフィルタ構造の違いを考慮し、任意に選定をした、実験対象機器の概要は表-1に示される。

尚、表-1に示す概要は、カタログより抜粋しまとめたものである。

3) 実験対象物質

ここでは、浮遊粒子状物質としてタバコ煙を使用した。

4) 測定機器

測定機器を以下に示す。

- ・ 散乱光型粒子計測器(RION社製、particle counter KC-01C)
- ・ 電子天秤(METTLER社製、TOLEDO AG204型)
- ・ 温湿度計(SATO社製、MODEL:SK-100THP型)

5) 実験手順

実験の手順を以下に示す。

- ① ステンレスチェンバー内に、空気清浄機、ミキシングファンをセットし、汚染物質発生装置の準備を行う。
- ② チェンバー内を数分間換気した後、空気環境実験室及びチェンバー内の温湿度を調整する。
- ③ タバコ煙発生装置によりタバコ煙粒子を発生させる。
- ④ 室内をミキシングファンで攪拌し、汚染物質濃度の測定を開始する。
- ⑤ 室内汚染濃度が定常に達したことを確認した後、汚染物質の発生とミキシングファンを停止する。
- ⑥ 汚染物質濃度の機器非運転時減衰の様子を20分間測定し、その後空気清浄機を運転した後、機器運転時減衰を測定する。

実験に使用した空気清浄機各5機種について、上記の実験工程を繰り返し行った。

3. 家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能の評価法

空気清浄機の浄化能力を室換気量に相当させたものが相当換気量 Q_{eq} (m³/h)である。本研究では相当換気量 Q_{eq} (m³/h)を用いて、家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去性能の評価を行った。

4. 空気清浄機使用室における室内汚染物質濃度予測式の提案

家庭用空気清浄機を使用する室内の浮遊粒子状物質濃度構成について理論的検討を行った。

室内での汚染物質濃度の物質収支は、ある任意の時刻 t (h)における室内浮遊粒子状物質濃度を C (個/m³)とすると、微小時

表-1 空気清浄機の概要

機器	除去対象物質	フィルタの構造	除去原理	風量(m ³ /min)		適用床面積(畳)	製造年
				強	弱		
AC1	ウイルス、カビ胞子、Nox、タバコ臭、タバコ煙、生活臭、体臭、ペット臭、花粉、ダニの死骸、埃、塵、HCHO	プレフィルタ+活性炭フィルタ+プラスマULPAフィルタ	プラスマ方式+フィルタ透過	3.1	1	~21	2000
AC2	ウイルス、カビ胞子、タバコ臭、タバコ煙、生活臭、体臭、ペット臭、花粉、ダニの死骸、埃、塵	プレフィルタ+静電集塵フィルタ+ULPAフィルタ	プラスマ方式+フィルタ透過	3.4	0.6	~20	2000
AC3	ウイルス、カビ胞子、Nox、タバコ臭、タバコ煙、生活臭、体臭、ペット臭、花粉、ダニの死骸、埃、塵	静電集塵フィルタ	除菌イオン+フィルター清浄	-	-	~18	2000
AC4	ウイルス、カビ胞子、Nox、タバコ臭、タバコ煙、生活臭、体臭、ペット臭、花粉、ダニの死骸、埃、塵	プレフィルタ+抗菌フィルタ+HEPAフィルタ	プラスマ方式+フィルタ透過	3	0.5	~20	2000
AC5	VOC(トルエン、ベンゼン、HCHOなど)ウイルス、カビ胞子、Nox、タバコ臭、タバコ煙、花粉、ダニの死骸、埃、塵	プレフィルタ+HEPAフィルタ+脱臭フィルタ+活性炭フィルタ	プラスマ方式+フィルタ透過	3	0.5	~18	2000

*上記の概要はカタログより抜粋したものをまとめたものである。

間 dt (h) における室内浮遊粒子状物質濃度の変化 dc (個/ m^3) は、次式(1)で表される。

$$C = C_1 \cdot e^{-\frac{Q+V_f S+aA+Q_{eq}}{R} t} + \frac{M+QCo}{Q+V_f S+aA+Q_{eq}} (1 - e^{-\frac{Q+V_f S+aA+Q_{eq}}{R} t}) \quad (2)$$

ただし、ここでは以下と仮定する。

- ① 汚染物質は瞬時に室内に一樣に拡散する。
- ② 送風量、換気風量は一定である。
- ③ 汚染物質は物質的変化をしない。

(2)式を用いることにより、ある一定の相当換気量 Q_{eq} (m^3/h) を有する空気清浄機を使用した室内(換気量 Q 、汚染物質初期濃度 C_1 、汚染物質発生量 M (個/h)における、ある任意の時刻の室内汚染物質濃度を予測することができる。

5. 結果と考察

1) 室内タバコ煙濃度の経時変化

実験により得られた相当換回数より、機器の相当換気量を求めた結果を表-2に示す。さらに、空気清浄機運転に伴う各機器の粒径別濃度変化の一例を図-1に示す。

本実験に使用した空気清浄機5種のうち、フィルタろ過式の機器AC1、AC2、AC4、AC5の3回の測定平均における相当換気量は、 $0.3 \mu m$ 粒子で59.1~126(m^3/h)、 $0.5 \mu m$ 粒子で116~189(m^3/h)であり、この4種には比較的大きな除去効果が認められた。しかし、フィルタ構造が静電集塵式であるAC3の相当換気量は、3回の測定平均が、 $0.3 \mu m$ 粒子で3.85(m^3/h)、 $0.5 \mu m$ 粒子で14.8(m^3/h)であり、他の4種と比較し、除去効果が著しく小さい結果となった。

浮遊粒子状物質除去に関しては拡散ファンを有する機器が有効である事が判明した。

表-2 相当換気量 Q_{eq} (m^3/h)

機種	粒径	1回目	2回目	3回目	平均
AC1	$0.3 \mu m$	55.8	58.8	62.7	59.1
	$0.5 \mu m$	118	116	112	116
AC2	$0.3 \mu m$	124	105	112	113
	$0.5 \mu m$	187	162	112	153
AC3	$0.3 \mu m$	2.59	4.48	4.48	3.85
	$0.5 \mu m$	8.47	24.4	11.5	14.8
AC4	$0.3 \mu m$	124	127	126	126
	$0.5 \mu m$	180	184	177	180
AC5	$0.3 \mu m$	91.6	95.1	97.6	94.8
	$0.5 \mu m$	169	199	199	189

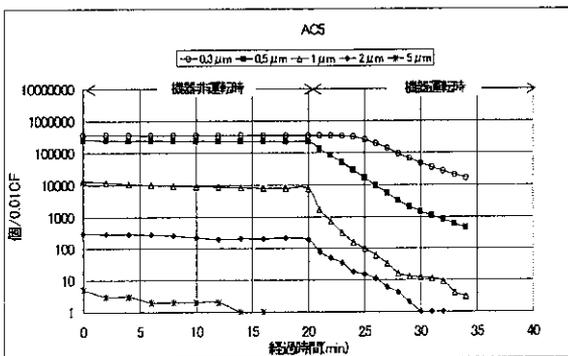


図-1 空気清浄機運転に伴うタバコ煙濃度の経時変化(AC5)

2) 花粉粒子の室内濃度予測値と実測値との比較

実験によりチェンバー内の濃度減衰性を測定した結果から得た相当換気量 Q_{eq} (m^3/h) を、(3)式に代入し室内浮遊粒子状物質濃度の予測を行った。

ただし、ここでは自然落下と吸着による減衰はないものと仮定した。すなわち $aA=0$ 、 $V_f S=0$ とし、次式(3)を使用して室内濃度の予測を行った。

AC1、AC3、AC5 機種に対し、理論式により求めた室内濃度予測値と、 $0.3 \mu m$ 、 $0.5 \mu m$ のそれぞれの粒子に対し実測値を比較した結果の一例を図-2に示す。

予測の結果、予測値と実測値が比較的良好に一致した。また今回の予測では落下の影響は考慮していないが、本実験条件においては落下の影響は小さいものと考えられる。

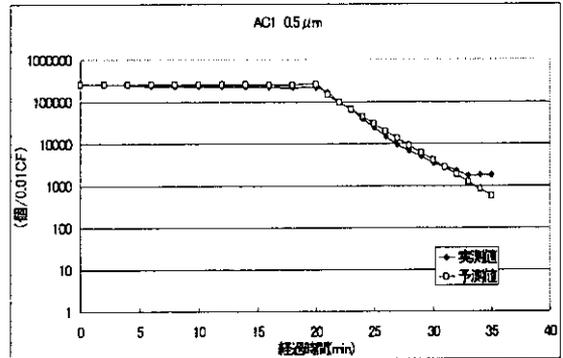


図-2 $0.5 \mu m$ 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC1)

6. まとめ

本研究により、以下の①~③の知見を得た。

- ① フィルタろ過式の機種における相当換気量は、 $0.3 \mu m$ 粒子で59.1~126(m^3/h)、 $0.5 \mu m$ 粒子で116~189(m^3/h)であり、浮遊粒子状物質除去に対し比較的大きな効果が得られた。また静電集塵式であるAC3の相当換気量は、 $0.3 \mu m$ 粒子で3.85(m^3/h)、 $0.5 \mu m$ 粒子で14.8(m^3/h)であり、フィルタろ過式に比べ除去性能は著しく小さい結果を示した。
- ② 空気清浄機使用室における浮遊粒子状物質濃度予測式を提案した。本理論式により、ある任意の時刻における空気汚染使用室の室内濃度予測値を得た。
- ③ 理論式による室内濃度予測を行った結果、特に $0.3 \mu m$ 粒子は予測値と実測値の減衰傾向が一致し、理論式の予測精度の高さが確認できた。

これらにより、家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去性能についての基礎的資料を得た。

7. 謝辞

本研究を遂行するに当たり、御協力いただいた武田康君(当時日本大学卒論生)に謝意を表する。

8. 参考文献

- 1) 日本電気工業会：家庭用空気清浄機、JEM-1467、1995年
- 2) 日本空気清浄協会基準NO.10C 空気清浄装置性能試験方法基準
- 3) 吉澤晋、菅原文子、小竿真一郎：空気清浄装置の粉塵捕集率と室内浄化性能、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.799~800、1988年
- 4) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋：家庭用空気清浄機のカス状物質除去特性に関する研究(その1)ホルムアルデヒドに対する除去効果、日本建築学会計画系論文集、No.554、pp.35~40、2002年
- 5) 野崎淳夫、武田康、吉澤晋：室内オゾン汚染に関する研究(3)、各種オゾン発生源とオゾン濃度予測、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.977~978、2002年

第1章 家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能

3.1.3 その他の汚染物質(タバコ煙)

野崎淳夫(東北文化学園大学)

清澤裕美(東北文化学園大学特別研究員)

3.1.3.1 序論

1) 本研究の背景

現在市販されている家庭用空気清浄機には、除去対象物質やその除去原理などにより、いくつかの種類があるが、室内空気汚染を前提とした空気清浄機性能の客観的評価基準は、日本電気工業会¹⁾及び日本空気清浄協会²⁾により示されたもの以外利用されていない。また既往の報告は従来から数多くなされているが、性能試験方法が統一されていないため、これらを用いて浮遊粒子状物質の室内濃度予測を行い、結果を比較検討することが出来ず、浮遊粒子状物質の室内濃度予測を実現するに至らない現状にある。

2) 既往の研究

家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質の除去に関する既往の研究は、吉澤ら³⁾が、家庭用空気清浄機における浮遊粒子状物質の除去特性を求める評価法として、「相当換気回数」という指標を提案し、空気清浄機そのものの室内空気の攪拌性能が同指標に大きな影響を与える点を指摘している。

さらに野崎、吉澤ら⁴⁾はホルムアルデヒド等のガス状物質も汚染物質の範疇に含めた、空気清浄機浄化性能指標の相当換気量(ECAR:Equivalent Clean Air Rates)を提案している。本指標は、室内汚染物質濃度予測法の開発に直結する実用的指標と位置づけられている。

その他にも、大村ら⁵⁾によるファンフィルタ式とイオン式に関する評価や、南野ら⁶⁾による浮遊粒子状物質除去特性、臭気除去、送風量に関する総合評価が行われている。

3) 研究の目的

本研究は「相当換気量(m³/h)(Equivalent Clean Air Rates; ECAR)」を評価指標に用い、2000年に販売された家庭用空気清浄機について実験的検証を行った。ここでは家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去特性について、タバコ煙を用いた実験室実験を行い、評価値を報告するものである。

また、空気清浄機使用室における浮遊粒子状物質濃度予測式を提案し、実験により得られた相当換気量から室内汚染物質濃度の予測を行い、実験値と予測値との比較を行った。

3.1.3.2 実験概要

1) 実験室概要

実験は、東北文化学園大学空気環境実験室内に設置されたステンレス製の環境制御チェンバーにて行った。この環境制御チェンバーは、機械換気装置により任意の換気量が得られ、4.98 m³の気積を有するものである。

環境制御チェンバー内には、汚染物質濃度が均一になるように、小型ミキシングファンを設置した。このミキシングファンは、室内気流を建築基準法による気流速度規定値(0.5 m/s以下)に制御した。

2) 実験対象機器

対象とした機器は、市販されている家庭用空気清浄機から、除去方式やフィルタ構造の違いを考慮し、任意に選定をした実験対象機器の概要は表-3.1.3.1に示される。

尚、表-3.1.3.1に示す概要は、カタログより抜粋しまとめたものである。

3) 実験対象物質

ここでは、浮遊粒子状物質としてタバコ煙を使用した。

4) 測定機器

測定機器を以下に示す。

- ・ 散乱光型粒子計測器(RION社製、particle counter KC-01C)
- ・ 電子天秤(METTLER社製、TOLEDO AG204型)
- ・ 温湿度計(SATO社製、MODEL:SK-100THP型)

5) 実験手順

実験の手順を以下に示す。

- ① ステンレスチェンバー内に、空気清浄機、ミキシングファンをセットし、汚染物質発生装置の準備を行う。
- ② チェンバー内を数分間換気した後、空気環境実験室及びチェンバー内の温湿度を調整する。
- ③ タバコ煙発生装置によりタバコ煙粒子を発生させる。
- ④ 室内をミキシングファンで攪拌し、汚染物質濃度の測定を開始する。
- ⑤ 室内汚染濃度が定常に達したことを確認した後、汚染物質の発生とミキシングファンを停止する。

表-3.1.3.1 空気清浄機の概要

機器	除去対象物質	フィルタの構造	除去原理	風量(m ³ /min)		適用床面積(畳)	製造年
				強	弱		
AC1	ウイルス、カビ胞子、Nox、タバコ臭、タバコ煙、生活臭、体臭、ペット臭、花粉、ダニの死骸、埃・塵、HCHO	プレフィルタ+活性炭フィルタ+プラスマULPAフィルタ	プラスマ方式+フィルタ濾過	3.1	1	~21	2000
AC2	ウイルス、カビ胞子、タバコ臭、タバコ煙、生活臭、体臭、ペット臭、花粉、ダニの死骸、埃・塵	プレフィルタ+静電集塵フィルタ+ULPAフィルタ	プラスマ方式+フィルタ濾過	3.4	0.6	~20	2000
AC3	ウイルス、カビ胞子、Nox、タバコ臭、タバコ煙、生活臭、体臭、ペット臭、花粉、ダニの死骸、埃・塵	静電集塵フィルタ	除菌イオン+フィルター清浄	—	—	~18	2000
AC4	ウイルス、カビ胞子、Nox、タバコ臭、タバコ煙、生活臭、体臭、ペット臭、花粉、ダニの死骸、埃・塵	プレフィルタ+抗菌フィルタ+HEPAフィルタ	プラスマ方式+フィルタ濾過	3	0.5	~20	2000
AC5	ウイルス、カビ胞子、Nox、タバコ臭、タバコ煙、花粉、ダニの死骸、埃・塵、VOC(トルエン、ベンゼン、HCHO等)、HCHO	プレフィルタ+HEPAフィルタ+脱臭フィルタ+活性炭フィルタ	プラスマ方式+フィルタ濾過	3	0.5	~18	2000

* 上記の概要はカタログより抜粋したものをまとめたものである。

⑥汚染物質濃度の機器非運転時減衰の様子を20分間測定し、その後空気清浄機を運転した後、機器運転時減衰を測定する。
 実験に使用した空気清浄機各5機種について、上記の実験工程を繰り返し行った。

3.1.3.3 家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能の評価法

空気清浄機の浄化能力を室換気量に相当させたものが相当換気量 Q_{eq} (m^3/h) である。本研究では相当換気量 Q_{eq} (m^3/h) を用いて、家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去性能の評価を行った。

3.1.3.4 空気清浄機使用室における室内汚染物質濃度予測式の提案

家庭用空気清浄機を使用する室内の浮遊粒子状物質濃度構成について理論的検討を行った。

室内での汚染物質濃度の物質収支は、ある任意の時刻 t (h) における室内浮遊粒子状物質濃度を C ($個/m^3$) とすると、微小時間 dt (h) における室内浮遊粒子状物質濃度の変化 dc ($個/m^3$) は、次式(1)で表される。

$$\frac{dt}{R} (M + QCo - QC - V_1 \cdot S \cdot C - aAC - Q_{eq}C) = dc \quad (1)$$

ここで、 M : 汚染物質発生量 ($個/h$)、 Q : 室換気量 (m^3/h)、 C_0 : 外気濃度 ($個/m^3$)、 Q_{eq} : 空気清浄機の対象汚染物質浄化能力 (m^3/h)、 V_1 : 落下速度 (m/h)、 S : 床面積 (m^2)、 a : 吸着速度 (m/h)、 A : 室内における全吸着面積 (m^2)

$t=0$ の時、測定開始時における室内汚染物質濃度 C_1 ($個/m^3$) とし、 $C=C_1$ として(1)式を解くことにより、次の室内濃度予測式(2)式を得る。

$$C = C_1 \cdot e^{-\frac{Q+V_1S+aA+Q_{eq}}{R}t} + \frac{M+QCo}{Q+V_1S+aA+Q_{eq}} (1 - e^{-\frac{Q+V_1S+aA+Q_{eq}}{R}t}) \quad (2)$$

ただし、ここでは以下と仮定する。

- ①汚染物質は瞬時に室内に一樣に拡散する。
- ②送風量、換気風量は一定である。
- ③汚染物質は物質的変化をしない。

(2)式を用いることにより、ある一定の相当換気量 Q_{eq} (m^3/h) を有する空気清浄機を使用した室内(換気量 Q 、汚染物質初期濃度 C_1 、汚染物質発生量 M ($個/h$) における、ある任意の時刻の室内汚染物質濃度を予測することができる。

3.1.3.5 結果と考察

1) 室内タバコ煙濃度の経時変化

実験により得られた相当換気回数より、機器の相当換気量を求めた結果を表-3.1.3.2に示す。さらに、空気清浄機運転に伴う各機器の粒径別濃度変化を図-3.1.3.1~3.1.3.15に示す。

表-3.1.3.2をみると、本実験に使用した空気清浄機5種のうち、フィルタろ過式の機器AC1、AC2、AC4、AC5の3回の測定平均における相当換気量は、 $0.3 \mu m$ 粒子で59.1~126 (m^3/h)、 $0.5 \mu m$ 粒子で116~189 (m^3/h) であり、この4種には比較的大きな除去効果が認められた。しかし、フィルタ構造が静電集塵式であるAC3の相当換気量は、表-3.1.3.2に示すように3回の測定平均が、 $0.3 \mu m$ 粒子で3.85 (m^3/h)、 $0.5 \mu m$ 粒子で14.8 (m^3/h) であり、他の4種と比較し、除去効果が著しく小さい結果となった。

機種別の濃度変化を見ると、図-3.1.3.1のAC1において、経過時間30分を境にどの粒径でも粒子状物質濃度が増加する傾向が見られた。これはフィルタ部における捕集粒子が離脱したのではないかと予測される。

粒径別に見ると、フィルタろ過式の4機種での平均相当換気量は表-3.1.3.2より、 $0.3 \mu m$ 粒子で78.6 (m^3/h)、 $0.5 \mu m$ 粒子で128 (m^3/h) となり、どの機種においても、粒径が大きくなるほど大きな除去効果が見られた。

また、図-3.1.3.3の静電集塵式のAC3においては、 $0.3 \mu m$ 以上の粒子における相当換気量は、5 (m^3/h) 以下となり、殆ど除去効果が期待できないことが判明した。

以上の結果から、浮遊粒子状物質除去に関しては拡散ファンを有する機器が有効である事が判明した。

表-3.1.3.2 相当換気量 Q_{eq} (m^3/h)

機種	粒径	1回目	2回目	3回目	平均
AC1	$0.3 \mu m$	55.8	58.8	62.7	59.1
	$0.5 \mu m$	118	118	112	116
AC2	$0.3 \mu m$	124	105	112	113
	$0.5 \mu m$	187	162	112	153
AC3	$0.3 \mu m$	2.59	4.48	4.48	3.85
	$0.5 \mu m$	8.47	24.4	11.5	14.8
AC4	$0.3 \mu m$	124	127	126	126
	$0.5 \mu m$	180	184	177	180
AC5	$0.3 \mu m$	91.6	95.1	97.6	94.8
	$0.5 \mu m$	169	199	199	189

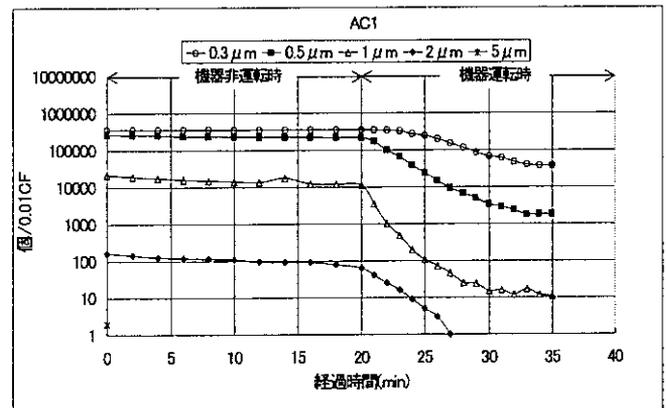


図-3.1.3.1 空気清浄機運転に伴うタバコ煙濃度の経時変化(AC1)

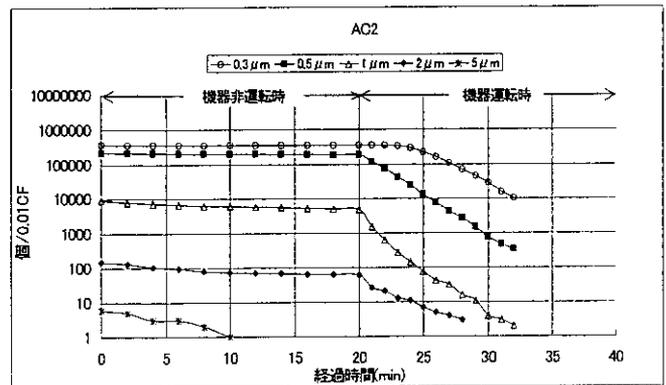


図-3.1.3.2 空気清浄機運転に伴うタバコ煙濃度の経時変化(AC2)

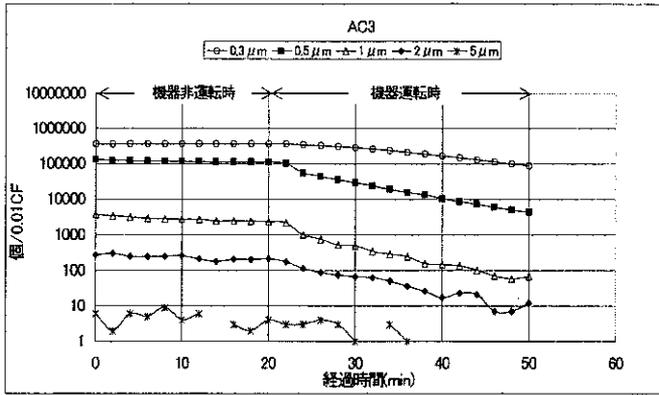


図-3.1.3.3 空気清浄機運転に伴うタバコ煙濃度の経時変化(AC3)

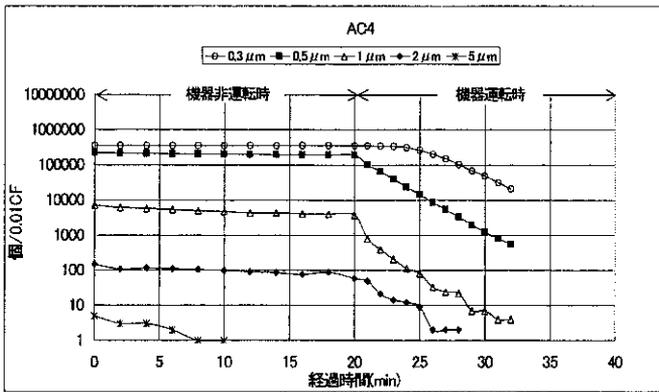


図-3.1.3.4 空気清浄機運転に伴うタバコ煙濃度の経時変化(AC4)

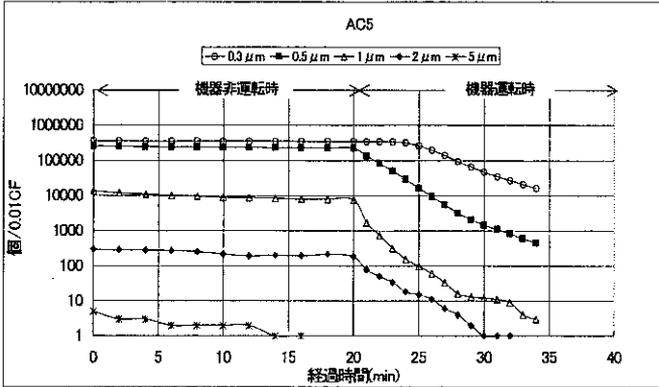


図-3.1.3.5 空気清浄機運転に伴うタバコ煙濃度の経時変化(AC5)

2) 花粉粒子の室内濃度予測値と実測値との比較

実験によりチェンバー内の濃度減衰性を測定した結果から得た相当換気量 Q_{eq} (m^3/h) を、(3)式に代入し室内浮遊粒子状物質濃度の予測を行った。

ただし、ここでは自然落下と吸着による減衰はないものと仮定した。すなわち $aA=0$ 、 $V_1S=0$ とし、次式(3)を使用して室内濃度の予測を行った。

AC1、AC3、AC5 機種に対し、理論式により求めた室内濃度予測値と、 $0.3 \mu m$ 、 $0.5 \mu m$ のそれぞれの粒子に対し実測値を比較した結果を図3.1.3.6～3.1.3.11に示す。

予測の結果、予測値と実測値が比較的よく符合した。また今回の予測では落下の影響は考慮していないが、本実験条件においては落下の影響は小さいものと考えられる。

図-3.1.3.6、図3.1.3.9のAC1における結果を見ると、機器運転開始後5分以降実測値の減衰が徐々に小さくなり、10分以降は予測値との差が大きくなる結果となった。この理由は判明

しないが、濃度が低下してくると指数関数的に漸近しないことが一般的に経験されているので、片対数グラフで直線の範囲内で勾配を算定しているためと考えられる。

図-3.1.3.8、図-3.1.3.10のAC3における予測結果を見ると、 $0.3 \mu m$ と $0.5 \mu m$ の両粒子に対し、予測値が実測値を上回った。AC3は、特に $0.3 \mu m$ 粒子では機器運転後も減衰傾向に顕著な変化はなく、これらの結果からAC3における濃度減衰は室全体でなく、局所的な不均一分布による濃度値であると考えられる。AC3は構造が静電集塵式であるがファンを持っておらず、他の機種と比較し一様拡散性が極めて劣るためと考えられる。

図3.1.3.8、図-3.1.3.11のAC5における予測結果を見ると、 $0.3 \mu m$ 粒子の予測値は、測定時間内での符合率が平均97%と予測値と実測値が極めてよく符合した。

$0.5 \mu m$ 粒子に対しては、AC1と同様に機器運転開始後5分以降、実測値と予測値との差が大きくなる傾向にあった。AC5は最も相当換気量大きい機種であるため、実測値の濃度低下が早くAC1と同様に指数関数的に漸近しなかったと考えられる。

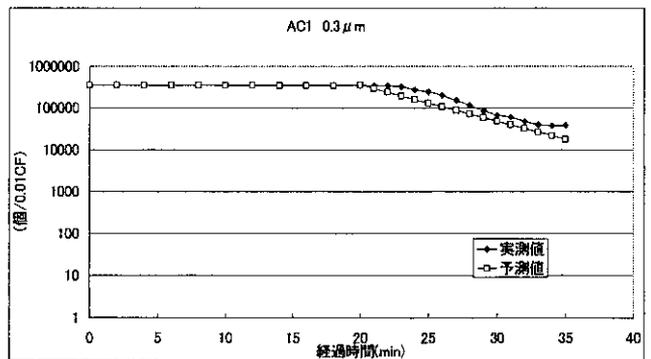


図-3.1.3.6 $0.3 \mu m$ 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC1)

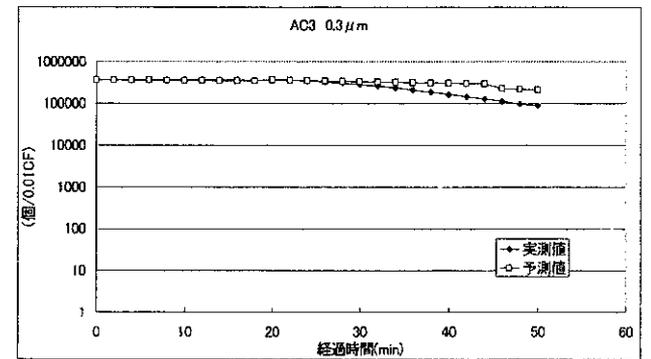


図-3.1.3.7 $0.3 \mu m$ 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC3)

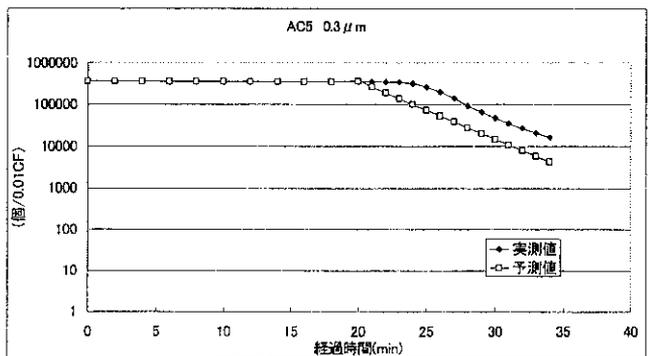


図-3.1.3.8 $0.3 \mu m$ 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC5)

これらにより、家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去性能についての基礎的資料を得た。

3.1.3.7 謝辞

本研究を遂行するに当たり、御協力いただいた武田康君(当時日本大学卒論生)に謝意を表す。

3.1.3.8 参考文献

- 1) 日本電気工業会：家庭用空気清浄機、JEM-1467、1995年
- 2) 日本空気清浄協会基準 NO.10C 空気清浄装置性能試験方法基準
- 3) 吉澤晋、菅原文子、小竿真一郎：空気清浄装置の粉塵捕集率と室内浄化性能、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.799～800、1988年
- 4) M.Ohmura, T.Irie, K.Ikeda et al.: On Comparison of Performance between Filter Type and Ion Type Domestic Air Purifiers, Proc. of the 7th international Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol.2, pp.185～188, 1996
- 5) 南野脩、三原章裕、品田章輝：小型空気清浄機の性能評価とその応用に関する研究、空気調和・衛生工学会論文集、NO.69、pp.49～59、1998年
- 6) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋：家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性に関する研究(その1)ホルムアルデヒドに対する除去効果、日本建築学会計画系論文集、No.554、pp.35～40、2002年
- 7) 野崎淳夫、武田康、吉澤晋：室内オゾン汚染に関する研究(3)、各種オゾン発生源とオゾン濃度予測、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.977～978、2002年

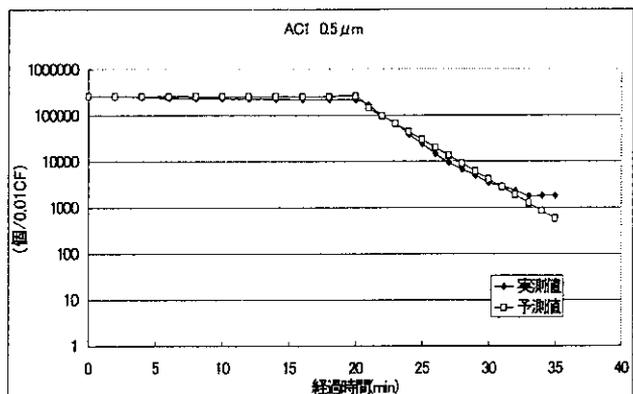


図-3.1.3.9 0.5 μm 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC1)

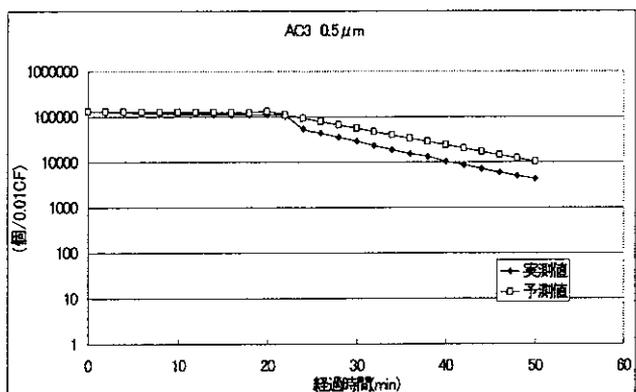


図-3.1.3.10 0.5 μm 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC3)

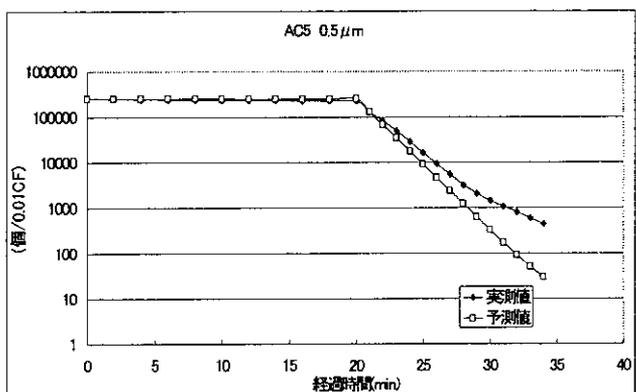


図-3.1.3.11 0.5 μm 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC5)

3.1.3.6 まとめ

本研究により、以下の①～③の知見を得た。

- ① フィルタろ過式の機種における相当換気量は、0.3 μm 粒子で 59.1～126 (m³/h)、0.5 μm 粒子で 116～189 (m³/h) であり、浮遊粒子状物質除去に対し比較的大きな効果が得られた。また静電集塵式である AC3 の相当換気量は、0.3 μm 粒子で 3.85 (m³/h)、0.5 μm 粒子で 14.8 (m³/h) であり、フィルタろ過式に比べ除去性能は著しく小さい結果を示した。
- ② 空気清浄機使用室における浮遊粒子状物質濃度予測式を提案した。本理論式により、ある任意の時刻における空気汚染使用室の室内濃度予測値を得た。
- ③ 理論式による室内濃度予測を行った結果、特に 0.3 μm 粒子は予測値と実測値の減衰傾向が一致し、理論式の予測精度の高さが確認できた。

要約

第1章 家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能

3.1.4 その他の汚染物質(花粉粒子)

野崎淳夫(東北文化学園大学)

清澤裕美(東北文化学園大学特別研究員)

1. はじめに

家庭用空気清浄機は、もともと室内のタバコ煙除去などを主目的として開発されたものであるが、現在では一般家庭でも広く利用されるようになり、とりわけスギ花粉症発症時期である2月から4月頃には、花粉対策としての除去効果が期待されている。

しかしながら、家庭用空気清浄機のアレルゲン物質としての花粉粒子除去性能に関する学術的研究報告はなく、科学的知見が求められている。

そこで本研究では、市販されている家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去性能について、対象を実物のスギ花粉粒子を用いた場合の除去性能を明らかにすることを目的としたものである。

前年度において、環境制御チェンバーを使用し、ある条件下における花粉粒子除去性能を求める基礎的実験を行なった。

本年度においては、前年度に得られた知見を基に更なる実験的研究を行なった。

また室内濃度予測式を提案し、家庭用空気清浄機使用室における花粉粒子の濃度予測を行ない、アレルゲン物質としての花粉粒子に対する除去性能を実験的・理論的に検討を行うものである。

2. 実験概要

1) 実験室の概要

実験に使用したチェンバーは、前項3.1.3.2で使用したものと同一である。

2) 実験対象機器

測定対象とした家庭用空気清浄機は、2002年製造の製品で、カタログ中に花粉除去が記載されているものから、除去方式やフィルタの違いを考慮して任意に選定した。対象汚染物質、風量、フィルタの構造等の概要は表-1に示される。

3) 実験対象物質

実験で用いた花粉粒子は、スギ花粉の雄花から放出直後を採取したものである。

4) 測定機器

- ・ 散乱光型粒子計測器(RION社製 particle counter KC-01C)
- ・ 電子天秤(METTLER社製 TOLEDO AG204型)
- ・ 温湿度計(SATO社製、MODEL:SK-100THP型)

3. 家庭用空気清浄機の汚染物質除去特定の評価法

本研究では家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去性能の評価には、相当換気量 Q_{eq} (m^3/h)を用いた。

4. 空気清浄機による花粉除去に関する理論的検証

室内の空気汚染対策として、どのようなメカニズムで汚染物質濃度が成立するのかを明らかにする必要がある。

ここでは、前項3.1.3.4で示した(2)式を用い、対象物質を花粉粒子とした場合の室内濃度構成について理論的検討を行った。

一般的に、花粉粒子は室内発生がない場合が多いため室内発生量 $M=0$ 、外気からの流入量 $Q=0$ とし、(2)式を展開すると、(4)式が得られる。

$$C = C_1 \cdot e^{-\frac{Q + Vt \cdot S + aA + Q_{eq}}{R}} \quad (4)$$

尚、ここでは実験チェンバーの床面に落下した花粉粒子を「落下による減衰」、天井面、壁面に付着した花粉粒子を「吸着による減衰」と定義する。

本研究では、(4)式を用い、室内花粉粒子濃度の予測を行った。

5. 結果と考察

1) 花粉粒子濃度の経時変化

各機器において、粒径別に相当換気量を算出した結果の一例を表-2と図-1に示す。

表-1 測定対象とした空気清浄機の概要

機種	除去対象汚染物質	風量(m^3/h)					フィルタの構成	除去原理	適用床面積(畳)	製造(年)
		超急速	急速	強	標準	弱				
AC-1	ウイルス/カビ胞子/NOx/タバコ臭・タバコ煙/生活臭/体臭/ペット臭/花粉/ダニの死骸/ホコリ・チリ/HCHO	312	248	158	72	36	プレフィルタ+活性炭フィルタ+プラズマULPAフィルタ	プラズマ方式+フィルター濾過	~24	2002
AC-2	ウイルス/カビ胞子/ダニの死骸/ホコリ・チリ/花粉/生活臭/体臭/ペット臭/タバコ臭・タバコ煙/花粉	/	258	180	120	78	プレフィルタ+除菌フィルタ(バイオ除菌もカチオン抗菌フィルタ+脱臭フィルタ(ゼオライト&活性炭))	プラズマ方式+フィルター濾過	~20	2002
AC-3	ウイルス/カビ胞子/NOx/タバコ臭・タバコ煙/生活臭/体臭/ペット臭/花粉/ダニの死骸/ホコリ・チリ	/	240	180	102	30	プレフィルタ+再生活性炭フィルタ+アバタイト抗菌フィルタ+ULPAフィルタ	除菌イオン+フィルター濾過	~18	2002
AC-4	VOC(トルエン、ベンゼン、HCHO等)/ウイルス/カビ胞子/ホコリ・チリ/花粉/ダニの死骸	/	/	110	95	75	プレフィルタ+殺菌酵素フィルタ+活性炭フィルタ	フィルター濾過	/	2002
AC-5	カビ胞子/NOx/タバコ臭・タバコ煙/生活臭/体臭/ペット臭/花粉/ダニの死骸/ホコリ・チリ	/	180	/	132	88	プレフィルタ+活性炭フィルタ	静電集塵+フィルター濾過	~24	1995

*上記の仕様はカタログより抜粋したものをまとめたものである。

機器別の相当換気量を比較すると、AC-3が最も大きな値を示し、次いでAC-4、AC-2、AC-1となり、AC-5が最も小さい値であった。これは、機器の風量を「強」と設定した場合の風量の大きさ順位とほぼ一致した。

本結果から、家庭用空気清浄機に対する「アレルギー物質としての花粉粒子除去性能」を示すには、浮遊の可能性が高い微粒子を対象とした試験を行なっていく必要があると考えられた。

また今回の実験結果から、家庭用空気清浄機は花粉粒子の除去に有効に作用したと考えられるが、機器による差が非常に大きいことが明らかとなった。

表-2 相当換気量 Q_{eq} (m³/h)

機器	粒径	1回目	2回目	3回目	平均
AC-1	0.3(μm)	20.19	14.46	22.70	19.12
	0.5(μm)	20.04	15.24	20.68	18.65
	1.0(μm)	28.90	18.55	16.00	20.48
	2(μm)	24.10	18.65	23.38	22.04
	5(μm)				
AC-2	0.3(μm)	45.03	81.86	74.80	67.16
	0.5(μm)	47.55	78.07	85.84	63.82
	1.0(μm)	39.63	90.93	88.03	65.20
	2(μm)	25.62	103.1	54.58	61.09
	5(μm)				
AC-3	0.3(μm)	186.0	186.9	187.5	180.2
	0.5(μm)	242.1	167.6	229.2	213.0
	1.0(μm)	171.1	114.3	213.5	166.3
	2(μm)	126.2	189.2	114.1	143.2
	5(μm)				
AC-4	0.3(μm)	54.23	100.8	108.7	87.90
	0.5(μm)	49.28	90.44	114.6	84.77
	1.0(μm)	58.91	112.7	155.7	109.1
	2(μm)	49.68	119.5	277.5	148.9
	5(μm)				
AC-5	0.3(μm)	0	5.871	0	1.957
	0.5(μm)	3.242	5.134	31.902	13.43
	1.0(μm)	1.708	5.842	0	2.517
	2(μm)	9.308	9.890	0	6.399
	5(μm)				

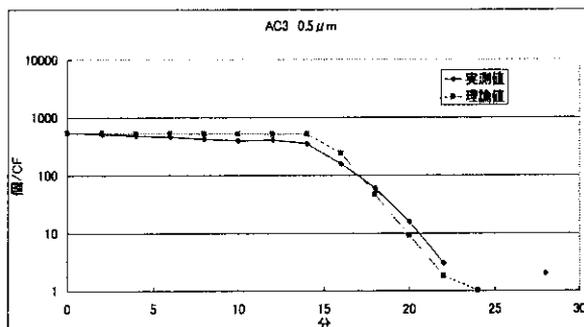


図-2 0.5 μm 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC-3)

6. まとめ

本研究により、以下の①～③の知見を得た。

- ①家庭用空気清浄機の花粉粒子に対する除去性能を求めるため、環境制御チャンバーを用いた実験的研究を行った。結果、除去性能が見られなかったAC-5を除くと、フィルタろ過式の機種における相当換気量 Q_{eq} (m³/h) は、0.3 μm、0.5 μm、1.0 μm、2.0 μm 粒径で、平均 85.7 (m³/h) であり、花粉粒子に対する除去性能が定量的に示された。しかし、機器による差が大きい結果となった。
- ②空気清浄機使用室における花粉粒子濃度予測式を提案した。本理論式はある任意の時刻における室内濃度予測値が得られるものである。
- ③理論式による室内濃度予測を行った結果、特に 1 μm 以下の小粒径の粒子は予測値と実測値の減衰傾向が良く符号し、理論式の予測精度の高さが確認できた。

7. 謝辞

本研究を遂行するに当たり、御協力いただいた飯倉一雄氏(東北文化学園大学特別研究員)、大懸崇史君、屋田聖君(当時東北文化学園大学卒論生)に謝意を表する。

8. 参考文献

- 1) 吉澤晋、菅原文子：建築空間における空中浮遊微生物粒子の評価方法に関する研究(第5報)、空中浮遊粒子濃度と落下量の関係、日本建築学会計画系論文報告集 No. 391, pp. 32～38, 1988年
- 2) 新田裕史：スギ林とスギ花粉、国立環境研究所ニュース Vol. 12, NO. 3, pp. 10, 1993年
- 3) 大橋えり、大岡龍三、吉田伸治：スギ花粉による室内空気汚染(2)、スギ花粉粒子の粒径・重量の実測を空気力学特性について、日本建築学会大会学術梗概集, pp. 939～940, 2001年
- 4) 清澤裕美、吉澤晋：住宅等における花粉の侵入と被曝量、室内居住環境の花粉による汚染防止に関する研究(その1)、日本建築学会計画系論文報告集 No. 548, pp. 63～68, 2001年
- 5) 清澤裕美、吉澤晋：住宅等への花粉の搬入量、室内居住環境の花粉による汚染防止に関する研究(その2)、日本建築学会計画系論文報告集 No. 548, pp. 63～68, 2002年
- 6) 東京都ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査委員会：ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査報告書、2003年
- 7) 野崎淳夫、清澤裕美、吉澤晋：家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能と室内濃度予測に関する研究(その1)、環境タバコ煙に対する除去効果、日本建築学会環境系論文集 No. 576, 2004年

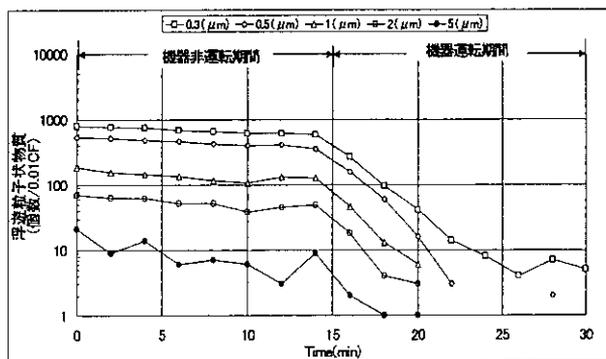


図-1 空気清浄機運転に伴う花粉粒子濃度の経時変化(AC-3)

2) 花粉粒子の室内濃度予測値と実測値との比較

実験により、得られた相当換気量 Q_{eq} (m³/h) を前項 3.1.3.4 の(3)式に代入し、花粉粒子の室内濃度予測を行った。但し、ここでは吸着による減衰はないものと仮定した。

AC-1、AC-3の機種に対し、理論式により求められた室内濃度予測値と粒径が 0.3 μm、0.5 μm のそれぞれの粒子に対し実測値を比較した結果の一例を図-2に示す。

検討の結果、空気清浄機運転期間、非運転期間ともに予測値と実測値は比較的良く符合した。

空気清浄機非運転期間においては、どちらの機種においても粒径が大きくなるに従い、実測値との差が現れたのは、花粉粒子の吸着による影響であると考えられる。

空気清浄機運転期間のみを理論式により予測してみると、理論値と実測値が非常に良く一致した。これは、空気清浄機運転により大きな値を示した相当換気量により、吸着などの影響が

第1章 家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能

3.1.4 その他の汚染物質(花粉粒子)

野崎淳夫(東北文化学園大学)

清澤裕美(東北文化学園大学特別研究員)

3.1.4.1 序論

1) 本研究の背景

家庭用空気清浄機は、もともと室内のタバコ煙除去などを主目的として開発されたものであるが、現在では一般家庭でも広く利用されるようになり、とりわけスギ花粉症発症時期である2月から4月頃には、花粉対策としての除去効果が期待されている。

しかしながら、家庭用空気清浄機のアレルゲン物質としての花粉粒子除去性能に関する学術的研究報告はなく、科学的知見が求められている。

2) 既往の研究

家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能についての研究は、野崎ら⁹⁾によりタバコ煙粒子除去性能が実験的に把握され、また室内濃度予測式を提案することにより、家庭用空気清浄機使用室におけるタバコ煙粒子濃度の予測が実現した。しかし、浮遊粒子状物質に対する除去性能についての研究は、従来から数多くなされているが、アレルゲン物質である花粉粒子の除去性能に関する研究は報告されていない。

3) 研究の目的

本研究は、市販されている家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去性能について、対象を実物のスギ花粉粒子を用いた場合の除去性能を明らかにすることを目的としたものである。

前年度において、環境制御チェンバーを使用し、ある条件下における花粉粒子除去性能を求める基礎的実験を行なった。本年度においては、前年度に得られた知見を基に更なる実験的研究を行なった。

また室内濃度予測式を提案し、家庭用空気清浄機使用室における花粉粒子の濃度予測を行ない、アレルゲン物質としての花粉粒子に対する除去性能を実験的・理論的に検討を行うものである。

3.1.4.2 実験概要

1) 実験室の概要

実験に使用したチェンバーは、前項3.1.3.2で使用したものと同じである。

2) 実験対象機器

測定対象とした家庭用空気清浄機は、2002年製造の製品で、カタログ中に花粉除去が記載されているものから、除去方式やフィルタの違いを考慮して任意に選定した。対象汚染物質、風量、フィルタの構造等の概要は表-3.1.4.1に示される。

3) 実験対象物質

実験で用いた花粉粒子は、スギ花粉の雄花から放出直後を採取したものである。

4) 測定機器

- ・散乱光型粒子計測器(RION社製 particle counter KC-01C)
- ・電子天秤(METTLER社製 TOLEDO AG204型)
- ・温湿度計(SATO社製、MODEL:SK-100THP型)

5) 実験手順

実験の手順を以下に示す。

- ①実験チェンバー内に空気清浄機、散乱光型粒子計測器、一様拡散ファンを設置する。
- ②チェンバー内を数時間換気した後、空気環境実験及びチェンバー内の温湿度を調整する。
- ③空気清浄機を運転し、バックグラウンド濃度の低減を図る。その後、空気清浄機・換気装置を停止させる。
- ④一定量のスギ花粉(0.1g)を一様拡散ファンの前にセットし散布する。
- ⑤室内を一様拡散ファンで拡散する。
- ⑥チェンバー内攪拌後、一様拡散ファンを停止し、散乱光型粒子計測器を運転する。
- ⑦浮遊粒子状物質(花粉粒子)を散乱光型粒子計測器で測定し、空気清浄機を運転しない期間(機器非運転期間)の対象浮遊粒子状物質濃度を測定する。
- ⑧15分後、空気清浄機を運転する期間(機器運転期間)における、室内浮遊粒子状物質濃度を15分間測定する。
- ⑨実験終了後、チェンバー内を拭きあげ清浄する。
- ⑩②に戻り繰り返す。

以上の手順で、5種類の空気清浄機について実験を行った。

表-3.1.4.1 測定対象とした空気清浄機の概要

機種	除去対象汚染物質	風量(m³/h)					フィルタの構成	除去原理	適用床面積(畳)	製造(年)
		超急速	急速	強	標準	弱				
AC-1	ウイルス/カビ胞子/NOx/タバコ臭/タバコ煙/生活臭/体臭/ペット臭/花粉/ダニの死骸/ホコリ・チリ/HCHO	312	246	156	72	36	プレフィルタ+活性炭フィルタ+プラズマULPAフィルタ	プラズマ方式+フィルター通過	~24	2002
AG-2	ウイルス/カビ胞子/ダニの死骸/ホコリ・チリ/花粉/生活臭/体臭/ペット臭/タバコ臭/タバコ煙/花粉	/	258	180	120	78	プレフィルタ+除菌フィルタ(バイオ除菌&カテキン)+集塵フィルタ+脱臭フィルタ(ゼオライト&活性炭炭)	プラズマ方式+フィルター通過	~20	2002
AG-3	ウイルス/カビ胞子/NOx/タバコ臭/タバコ煙/生活臭/体臭/ペット臭/花粉/ダニの死骸/ホコリ・チリ	/	240	160	102	30	プレフィルタ+再生活性炭フィルタ+アパタイト抗菌フィルタ+ULPAフィルタ	除菌イオン+フィルター通過	~19	2002
AC-4	VOC(トルエン、ベンゼン、HCHO等)/ウイルス/カビ胞子/ホコリ・チリ/花粉/ダニの死骸	/	/	110	95	75	プレフィルタ+殺菌酵素フィルタ+活性炭フィルタ	フィルター清浄	/	2002
AG-5	カビ胞子/NOx/タバコ臭/タバコ煙/生活臭/体臭/ペット臭/花粉/ダニの死骸/ホコリ・チリ	/	160	/	132	68	プレフィルタ+活性炭フィルタ	静電集塵+フィルター通過	~24	1995

*上記の仕様はカタログより抜粋したものをまとめたものである。

3.1.4.3 家庭用空気清浄機の汚染物質除去特定の評価法

本研究では家庭用空気清浄機の浮遊粒子状物質除去性能の評価には、相当換気量 Q_{eq} (m^3/h) を用いた。

3.1.4.4 空気清浄機による花粉除去に関する理論的検証

室内の空気汚染対策として、どのようなメカニズムで汚染物質濃度が成立するのかを明らかにする必要がある。

ここでは、前項3.1.3.4で示した(2)式を用い、対象物質を花粉粒子とした場合の室内濃度構成について理論的検討を行った。

一般的に、花粉粒子は室内発生がない場合が多いため室内発生量 $M=0$ 、外気からの流入量 $Q=0$ とし、(2)式を展開すると、(4)式が得られる。

$$C = C_1 \cdot e^{-\frac{Q+V \cdot S+aA+Q_{eq}}{R} t} \quad (4)$$

尚、ここでは実験チェンバーの床面に落下した花粉粒子を「落下による減衰」、天井面、壁面に付着した花粉粒子を「吸着による減衰」と定義する。

本研究では、(4)式を用い、室内花粉粒子濃度の予測を行った。

3.1.4.5 結果と考察

1) 花粉粒子濃度の経時変化

各機器において、粒径別に相当換気量を算出した結果を表-3.1.4.2に示す。

表-3.1.4.2における機器別の相当換気量を比較すると、AC-3が最も大きな値を示し、次いでAC-4、AC-2、AC-1となり、AC-5が最も小さい値であった。これは、機器の風量を「強」と設定した場合の風量の大きさ順位とほぼ一致した。

中でも、AC-3は他の機器と比較し非常に高い除去性能を示し、相当換気量は $5 \mu m$ 粒子を除くと、一様拡散ファン非運転時で $143 \sim 213 (m^3/h)$ 、一様拡散ファン運転時では $66.9 \sim 259 (m^3/h)$ であった。

逆にAC-5はほとんど除去性能が認められず、相当換気量は $1.96 \sim 13.4 (m^3/h)$ となり、機器非運転期間と機器運転期間での減衰がほとんど変わらなかった。これは、他機種と比較し風量が少なかったためと思われる。

粒径別の相当換気量を比較すると、一様拡散ファンの運転状況に関わらず、粒径別では特徴がみられなかった。

機器非運転期間と機器運転期間における、花粉粒子濃度の経時変化を図-3.1.4.1～3.1.4.5に示す。縦軸の浮遊粒子状物質は、 $0.01 (CF)$ 中の個数濃度を表したものである。

花粉粒子濃度の経時的な変化をみると、どの機種でも機器非運転期間より、徐々に減衰傾向を示した。これは主に落下と吸着による減衰と思われる。また機器運転期間における減衰は、機器の性能により大きく異なる結果となった。

AC-3においては、 $0.3 \mu m$ を除いた他の粒径は、空気清浄機を運転後6分で粒子濃度がほぼ10個以下を示し、また $0.3 \mu m$ 粒子も、10分以内で10個以下に減少し大きな除去性能を示した。 $5 \mu m$ 粒子は、一様拡散ファン運転時、非運転時ともに空気清浄機運転開始5分程で、どの機種においても0個を示した。

本結果から、家庭用空気清浄機に対する「アレルゲン物質としての花粉粒子除去性能」を示すには、浮遊の可能性が高い微粒子を対象とした試験を行なっていく必要があると考えられた。

また今回の実験結果から、家庭用空気清浄機は花粉粒子の除去に有効に作用したと考えられるが、機器による差が非常に大きいことが明らかとなった。

表-3.1.4.2 相当換気量 Q_{eq} (m^3/h)

機器	粒径	1回目	2回目	3回目	平均
AC-1	0.3(μm)	20.19	14.46	22.70	19.12
	0.5(μm)	20.04	15.24	20.68	18.65
	1.0(μm)	28.90	16.55	16.00	20.48
	2(μm)	24.10	18.65	23.38	22.04
	5(μm)				
AC-2	0.3(μm)	45.03	81.66	74.80	67.16
	0.5(μm)	47.55	78.07	65.84	63.82
	1.0(μm)	39.63	90.93	68.03	66.20
	2(μm)	25.62	103.1	54.58	61.09
	5(μm)				
AC-3	0.3(μm)	166.0	186.9	187.5	180.2
	0.5(μm)	242.1	167.6	229.2	213.0
	1.0(μm)	171.1	114.3	213.5	166.3
	2(μm)	126.2	189.2	114.1	143.2
	5(μm)				
AC-4	0.3(μm)	54.23	100.8	108.7	87.90
	0.5(μm)	49.28	90.44	114.6	84.77
	1.0(μm)	58.91	112.7	155.7	109.1
	2(μm)	49.66	119.6	277.5	148.9
	5(μm)				
AC-5	0.3(μm)	0	5.871	0	1.957
	0.5(μm)	3.242	5.134	31.902	13.43
	1.0(μm)	1.708	5.842	0	2.517
	2(μm)	9.308	9.890	0	6.399
	5(μm)				

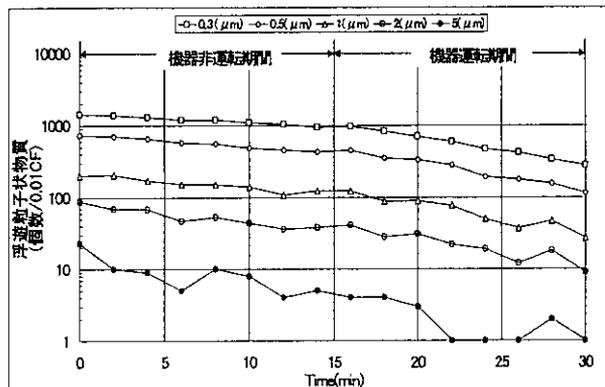


図-3.1.4.1 空気清浄機運転に伴う花粉粒子濃度の経時変化(AC-1)

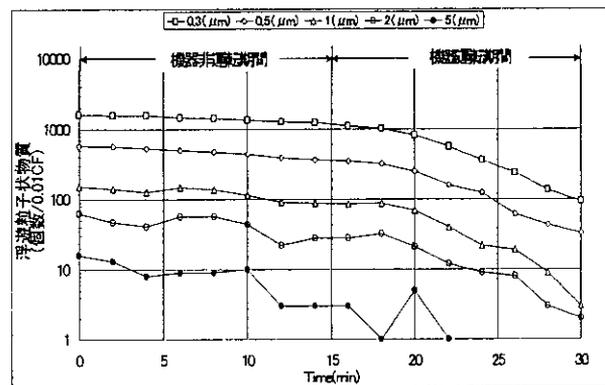


図-3.1.4.2 空気清浄機運転に伴う花粉粒子濃度の経時変化(AC-2)

論値と実測値が非常に良く一致した。これは、空気清浄機運転により大きな値を示した相当換気量により、吸着などの影響が相殺されたものと思われる。したがって、花粉粒子の除去には、空気清浄機は有効に機能していると思われる。

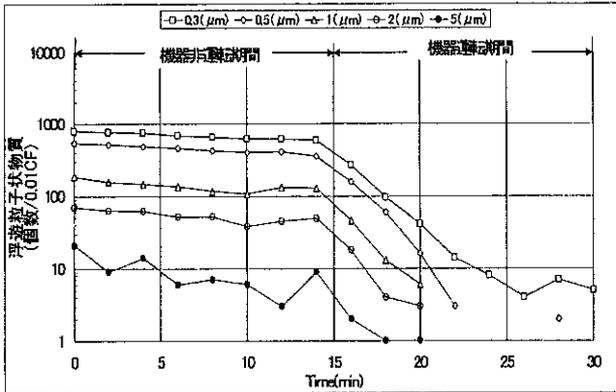


図-3.1.4.3 空気清浄機運転に伴う花粉粒子濃度の経時変化(AC-3)

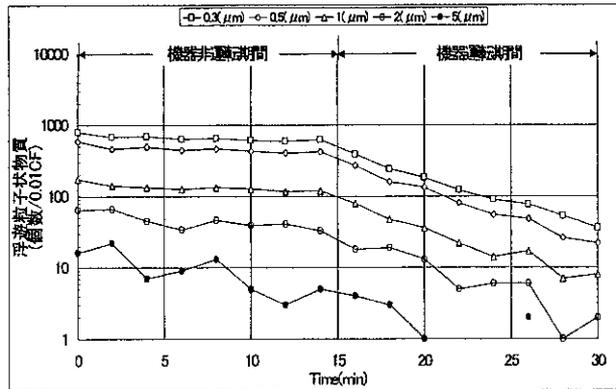


図-3.1.4.4 空気清浄機運転に伴う花粉粒子濃度の経時変化(AC-4)

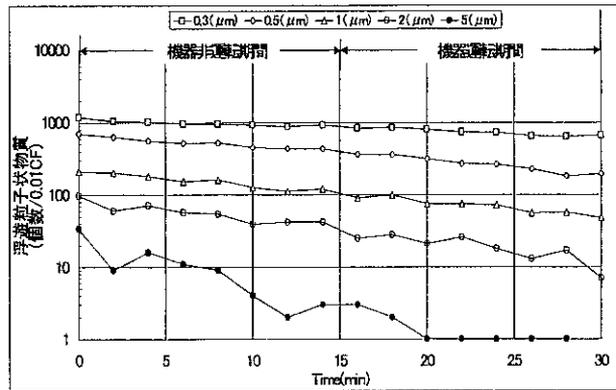


図-3.1.4.5 空気清浄機運転に伴う花粉粒子濃度の経時変化(AC-5)

2) 花粉粒子の室内濃度予測値と実測値との比較

実験により、得られた相当換気量 Q_{eq} (m^3/h) を前項 3.1.3.4 の (3) 式に代入し、花粉粒子の室内濃度予測を行った。但し、ここでは吸着による減衰はないものと仮定した。

AC-1、AC-3 の機種に対し、理論式により求められた室内濃度予測値と粒径が $0.3 \mu m$ 、 $0.5 \mu m$ のそれぞれの粒子に対し実測値を比較した結果を図-3.1.4.6 ~ 3.1.4.11 に示す。

検討の結果、空気清浄機運転期間、非運転期間ともに予測値と実測値は比較的良く符合した。とりわけ、実験により得られた相当換気量が最も大きかった AC-3 の機種では、予測値と実測値が良く一致する結果を得た。

空気清浄機非運転期間においては、どちらの機種においても粒径が大きくなるに従い、実測値との差が現れたのは、花粉粒子の吸着による影響であると考えられる。

空気清浄機運転期間のみを理論式により予測してみると、理

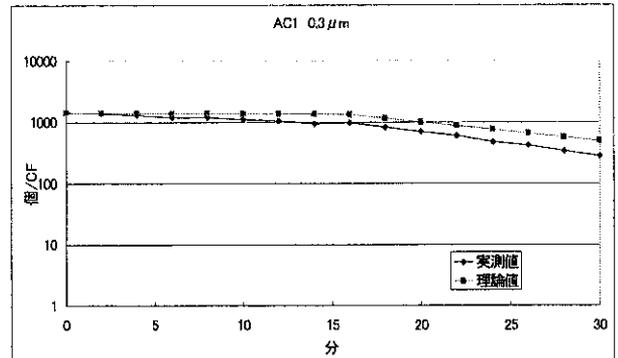


図-3.1.4.6 $0.3 \mu m$ 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC-1)

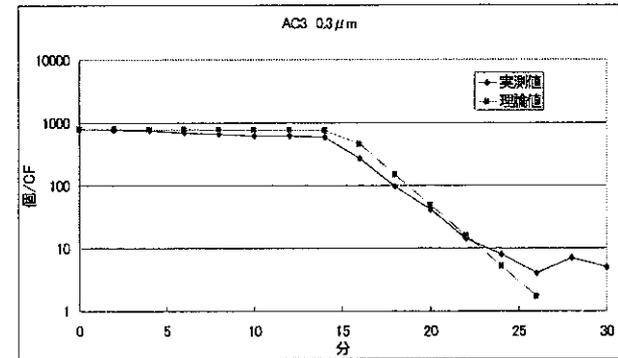


図-3.1.4.7 $0.3 \mu m$ 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC-3)

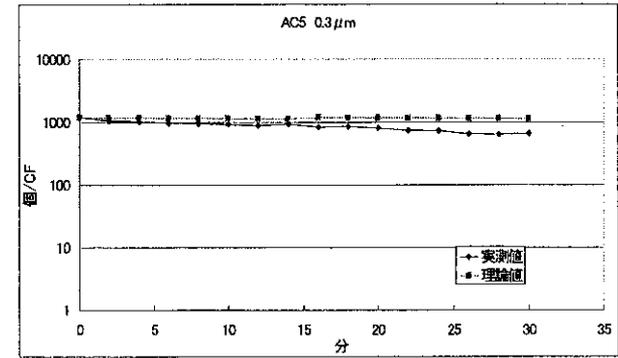


図-3.1.4.8 $0.3 \mu m$ 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC-5)

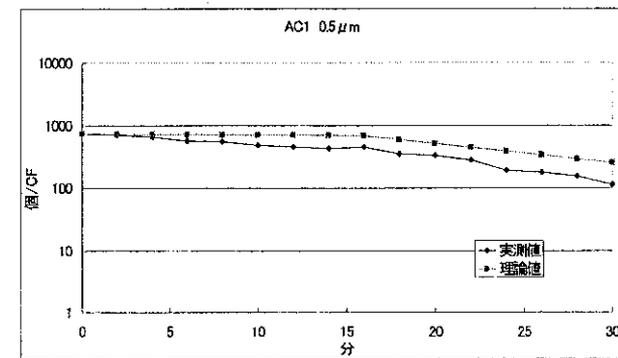


図-3.1.4.9 $0.5 \mu m$ 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC-1)

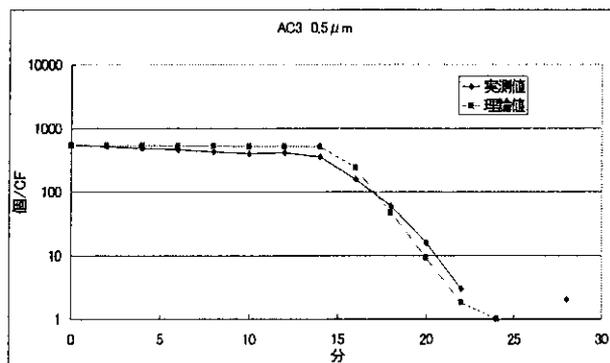


図-3.1.4.10 0.5 μm 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC-3)

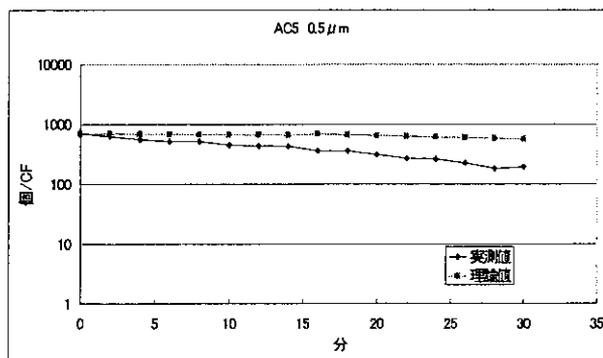


図-3.1.4.11 0.5 μm 粒子濃度の実測値と予測値との比較(AC-3)

3.1.4.6 まとめ

本研究により、以下の①～③の知見を得た。

- ①家庭用空気清浄機の花粉粒子に対する除去性能を求め、環境制御チャンバーを用いた実験的研究を行なった。結果、除去性能が見られなかったAC-5を除くと、フィルタろ過式の機種における相当換気量 Q_{eq} (m^3/h)は、 $0.3 \mu m$ 、 $0.5 \mu m$ 、 $1.0 \mu m$ 、 $2.0 \mu m$ 粒径で、平均 $85.7 (m^3/h)$ であり、花粉粒子に対する除去性能が定量的に示された。しかし、機器による差が大きい結果となった。
- ②空気清浄機使用室における花粉粒子濃度予測式を提案した。本理論式はある任意の時刻における室内濃度予測値が得られるものである。
- ③理論式による室内濃度予測を行った結果、特に $1 \mu m$ 以下の小粒径の粒子は予測値と実測値の減衰傾向が良く符号し、理論式の予測精度の高さが確認できた。

3.1.4.7 謝辞

本研究を遂行するに当たり、御協力いただいた飯倉一雄氏(東北文化学園大学特別研究員)、大懸崇史君、屋田聖君(当時東北文化学園大学卒論生)に謝意を表す。

3.1.4.8 参考文献

- 1) 吉澤晋、菅原文子：建築空間における空中浮遊微生物粒子の評価方法に関する研究(第5報)、空中浮遊粒子濃度と落下量の関係、日本建築学会計画系論文報告集No.391、pp.32～38、1988年
- 2) 新田裕史：スギ林とスギ花粉、国立環境研究所ニュースVol.12、NO.3、pp.10、1993年
- 3) 大橋えり、大岡龍三、吉田伸治：スギ花粉による室内空気汚染(2)、スギ花粉粒子の粒径・重量の実測を空気力学特性について、日本建築学会大会学術梗概集、pp.939～940、2001年

- 4) 清澤裕美、吉澤晋：住宅等における花粉の侵入と被曝量、室内居住環境の花粉による汚染防止に関する研究(その1)、日本建築学会計画系論文報告集No.548、pp.63～68、2001年
- 5) 清澤裕美、吉澤晋：住宅等への花粉の搬入量、室内居住環境の花粉による汚染防止に関する研究(その2)、日本建築学会計画系論文報告集No.548、pp.63～68、2002年
- 6) 野崎淳夫、飯倉一雄、大澤元毅、吉澤晋：家庭用空気清浄機のガス状物質除去特性に関する研究(その1)、ホルムアルデヒドに対する除去効果、日本建築学会計画系論文集No.554、pp.35～40、2002年
- 7) 東京都ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査委員会：ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査報告書、2003年
- 8) 長谷川麻子、羽田崇秀、小峰裕己、鎌田元康：単体ガス成分に対する家庭用空気清浄機の性能試験方法に関する検討、日本建築学会計画系論文集No.572、pp.55～62、2003年
- 9) 野崎淳夫、清澤裕美、吉澤晋：家庭用空気清浄機の汚染物質除去性能と室内濃度予測に関する研究(その1)、環境タバコ煙に対する除去効果、日本建築学会環境系論文集No.576、2004年

第2章 多孔質建材の化学物質除去性能

要約

第2章 多孔質建材の化学物質除去性能

3.2.1 塗り壁材

野崎淳夫(東北文化学園大学)

1. はじめに

室内化学物質汚染の低減対策技術として、多孔質材料利用技術が注目されている。多孔質材料は、日用汚染低減対策品や塗壁等に用いられていることが多い¹⁾。

本研究では、多孔質材料と吸着建材の化学物質の除去性能についての基礎的資料を得るものである。

2. 実験概要¹⁾

1) 試験片の概要

試験対象とした多孔質材料を表-1に示す。これらは、いずれも塗り壁材に供される。多孔質材料を試料負荷率 $2.2 \text{ (m}^2/\text{m}^3)$ となるように、アルミトレー上へ均一に拡げ、これを試験片とした。

また、塗り壁材は、製品仕様の施工マニュアルに則り、試料負荷率 $2.2 \text{ (m}^2/\text{m}^3)$ の大きさに均一にステンレス製金属板の表面上に塗布した。概要について表-2に示す。

2) 試験評価システムの概要

本発生装置は、標準ガス発生装置(ガステック社製、Model: PD-1型)、マスフローコントローラ(Estec社製、SEC-B40、PAC-D2)により構成されたものである。試験評価の対象物質の液体状試薬を拡散管に分注し、この拡散管を標準ガス発生装置に設置したものである。発生条件を制御することで、対象化学物質の任意の発生量が得られるものである。

3) 試験評価対象の化学物質

試験評価対象の化学物質は、ホルムアルデヒドとトルエンとした。これらの物質は、厚生労働省による室内濃度指針値として定められている。

4) 試験評価法

a) 試験方法

定常ガス発生装置を用いて、一定量の汚染ガス(ホルムアルデヒド、トルエン)をチェンバー内に供給し、チェンバー内の定常濃度を構築した。このときの定常濃度は、室内濃度指針値(ホルムアルデヒド: $100 \text{ (}\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 、トルエン: $260 \text{ (}\mu\text{g}/\text{m}^3)$)と同程度とした。その後、チェンバー供給空気濃度(C_{in})とチェンバー排出空気濃度(C_{out})についての測定を行うものとした。

b) 相当換気量の概念

チェンバーの供給空気(C_{in})と排出空気(C_{out})の濃度差により、対策建材の低減効果について確認した。次に、濃度低減が清浄空気による換気量の増大により評価できるものとし、図-2中(1)式により相当換気量(Q_{eq})($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$)を算出した。

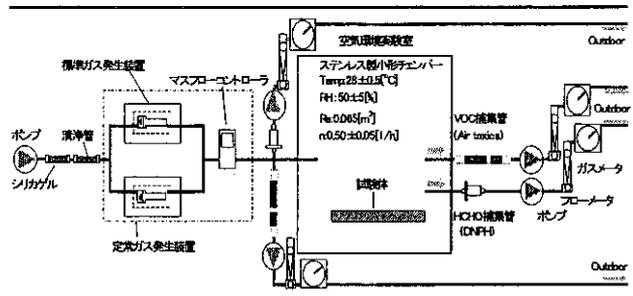


図-1 実験システムの概要(吸着実験)

表-1 試験片の概要(多孔質材料)

記号	多孔質材料	試験片サイズ		質量 (g)	形状	粒径(mm)	用途
		縦 (mm)	横 (mm)				
pm1	備長炭	380	380	300	粉末状	0.3~0.7	内装材
pm2	備長炭加工品 (化学吸着剤)	380	380	300	粉末状	0.3~0.7	内装材
pm3	ゼオライト	380	380	300	粉末状	0.2以下	内装材
pm4	珪藻土	380	380	300	粉末状	0.003~0.025	内装材
pm5	シリカゲル	380	380	300	粒状	3~5	床下用

表-2 試験片の概要(塗り壁)

記号	建材	面積 (m ²)	主成分	ホルムアルデヒド放散等級 ^{注1)}
pw1	珪藻土壁①	0.144	炭酸カルシウム、珪藻土、ホルムアルデヒド分解剤	F☆☆☆☆
pw2	珪藻土壁②	0.144	炭酸カルシウム、珪藻土	F☆☆☆☆
pw3	ゼオライト壁	0.144	砂、珪藻土	F☆☆☆☆
pw4	炭壁	0.144	寒水石、備長炭、珪藻土	F☆☆☆☆

注1) ホルムアルデヒド放散は、JAS A6906の等級区分によるものである

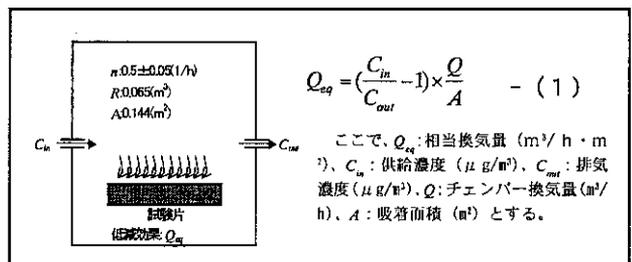


図-2 相当換気量の概念と評価式¹⁾

3. 結果と考察

1) 実験チェンバー内の定常濃度の検討

定常発生装置を用いて、試験片を設置しないチェンバー内に定常濃度を構築した。図-3 から、1日後、3日後におけるチェンバー濃度は、ホルムアルデヒド、トルエンともに、ほぼ定常状態であったことが示された。

2) 多孔質材料と塗り壁材の相当換気量

チェンバーの測定濃度を(1)式に代入して相当換気量 Q_{eq} を求めた。相当換気量 Q_{eq} を図-4~7に示す。多孔質材料の Q_{eq} は、ホルムアルデヒドで0.111~5.88($m^3/h \cdot m^2$)、トルエンで0.324~2.00($m^3/h \cdot m^2$)を示した。また、塗り壁材の Q_{eq} では、ホルムアルデヒドで0.612~5.42($m^3/h \cdot m^2$)、トルエンで0.247~0.130($m^3/h \cdot m^2$)を得た。

3) 多孔質材料と塗り壁材の吸着性能に関する考察³⁾

珪藻土は、他の多孔質材料と比較し、ホルムアルデヒドの吸着性能が軽微なものであった(図-4参照)。これは、ホルムアルデヒドの分子径に対し、珪藻土の細孔径が大きすぎること等によるものと考えられる。この珪藻土により作成された珪藻土壁①と珪藻土壁②の吸着性能に顕著な違いが認められた(図-6参照)。珪藻土壁①には、ホルムアルデヒド分解剤が含有しており、この分解剤の性能によるものと示された。ちなみに、この分解剤のトルエンに対する性能は現れなかった(図-7参照)。

備長炭と備長炭加工品について、他の多孔質材料と比較すると顕著な吸着性能が示された(図-4参照)。比較的小さな分子の吸着においては、吸着面積に比例して吸着性能が大きいものとされている。対象とした多孔質材料のなかで、備長炭と備長炭加工品が大きな吸着面積を有する。特に、備長炭加工品の吸着性能は、備長炭よりも大きく、これは添着されている化学吸着剤による化学吸着の作用が働いたものと考えられる。

また、本研究の範囲において、再放散(リリース)は、確認できなかった。

4. まとめ

多孔質材料と塗り壁材における化学物質吸着性能についての実験室実験を行った。本研究の範囲による知見を以下に示す。

- 1) 定常発生法による吸着建材の試験評価法を確立した。
- 2) 多孔質材料及び塗り壁材のホルムアルデヒド、トルエンの吸着効果について把握した。

5. 今後の課題

今後の課題として、以下1)、2)が挙げられる。

- 1) 吸着効果の持続性を把握する。
- 2) 吸着建材が設置された室内の濃度予測式を提案する。

6. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、御協力を頂いた大和田雅樹君(当時東北文化学園大学卒論生)、早坂友規君(東北文化学園大学学生)に謝意を表す。

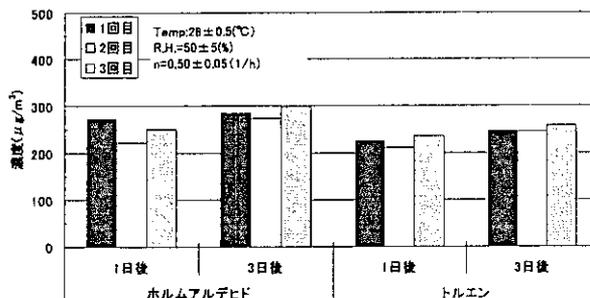


図-3 チェンバー内の定常濃度

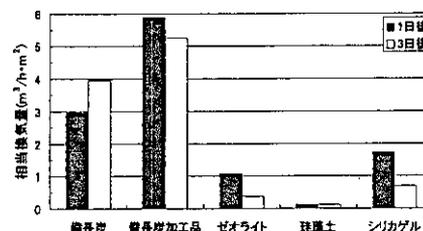


図-4 多孔質材料の相当換気量(ホルムアルデヒド)

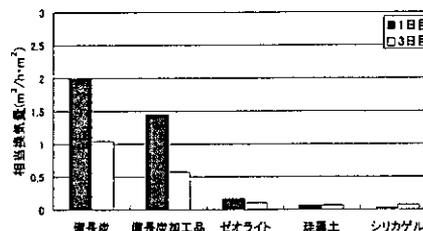


図-5 多孔質材料の相当換気量(トルエン)

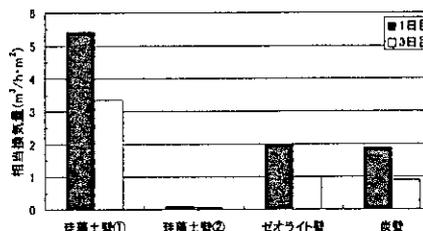


図-6 塗り壁材の相当換気量(ホルムアルデヒド)

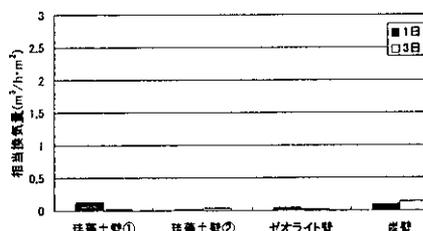


図-7 塗り壁材の相当換気量(トルエン)

7. 文献

- 1) 国土交通省シックハウス総プロ委員会：吸着材の市場調査(主査 野崎淳夫)、2003年10月27日
- 2) 国土交通省シックハウス総プロ委員会：吸着・分解効果の標準試験法(案)(主査 野崎淳夫)、2003年10月27日
- 3) 国土交通省シックハウス総プロ委員会：光触媒によるVOC分解性能評価技術(主査 野崎淳夫)、2003年10月27日
- 4) 竹内節：吸着の化学 表面・界面制御のキーテクノロジー、pp91~106、産業図書株式会社、1998年6月