

表 2 粒子径分布の測定結果

商品	方式	中央値 (μm)	算術 平均	10 μm 以下の 体積割合(%)
殺虫剤 2 (企業 B)	噴霧剤式	107.90	118.11	1.75
虫除け 2 (企業 D)	噴霧剤式	108.93	154.83	0.17
虫除け 3 (企業 B)	トリガー式	48.71	54.05	2.17
芳香・消臭剤 1 (企業 E)	噴霧剤式	19.57	22.49	14.91
芳香・消臭剤 3 (企業 G)	トリガー式	71.40	83.19	0.30
芳香・消臭剤 4 (企業 H)	トリガー式	75.79	84.84	2.09
制汗 1 (企業 H)	噴霧剤式	56.55	63.68	3.83
制汗 2 (企業 I)	噴霧剤式	14.49	50.78	13.11
制汗 3 (企業 J)	トリガー式	66.15	72.65	0.18
整髪 2 (企業 H)	噴霧剤式	45.19	46.30	3.75
整髪 4 (企業 L)	トリガー式	72.15	81.17	0.05
洗剤 2 (企業 M)	噴霧剤式	191.33	201.35	0.12

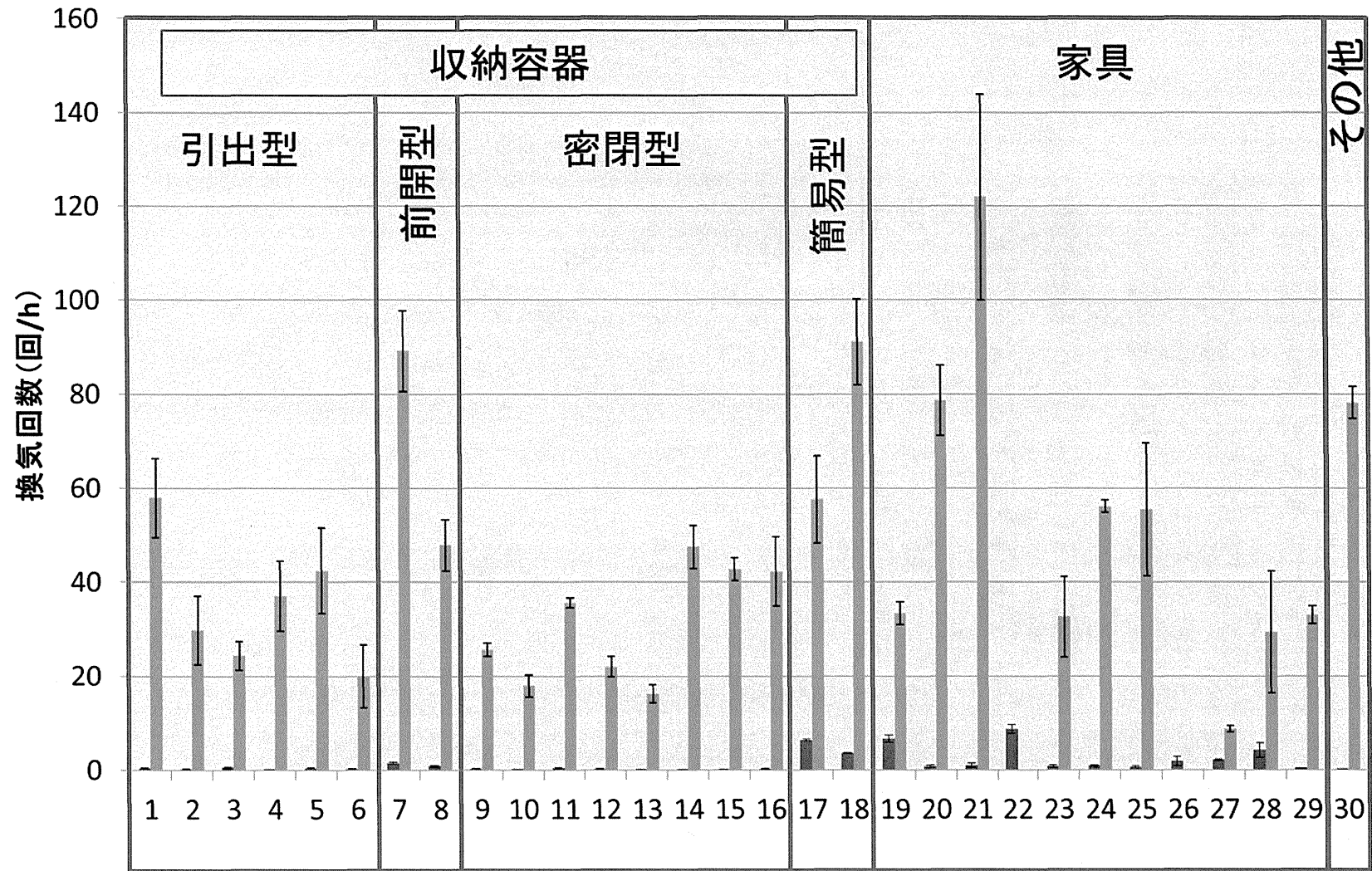
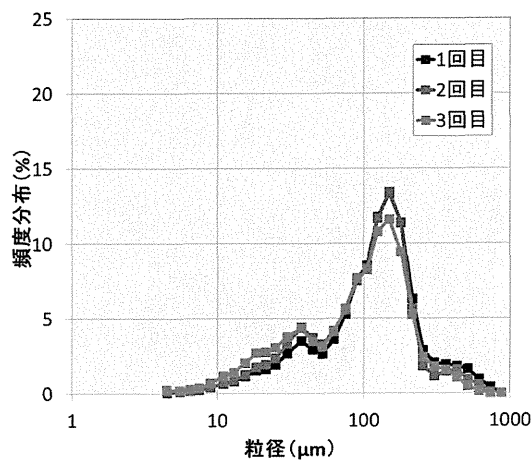
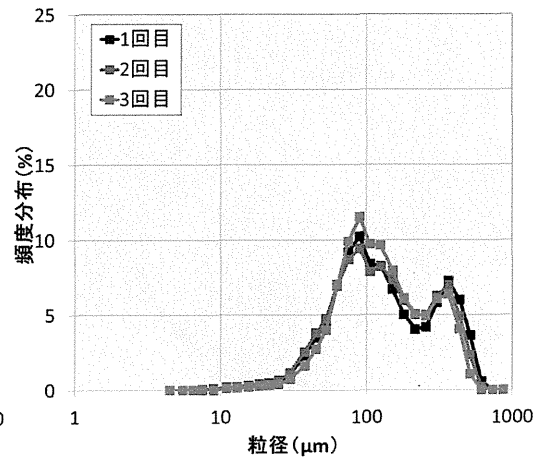


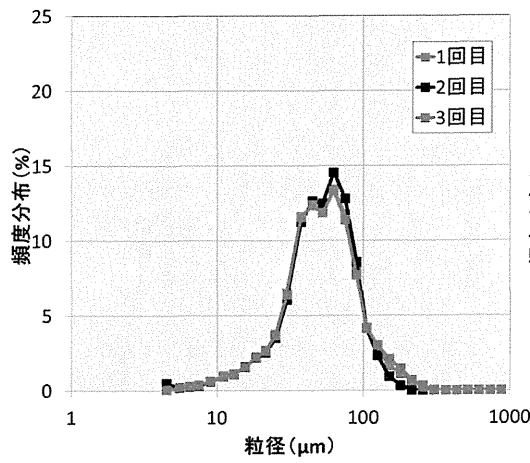
図 1 衣類用収納容器等の空気漏洩率の測定結果 (換気回数)



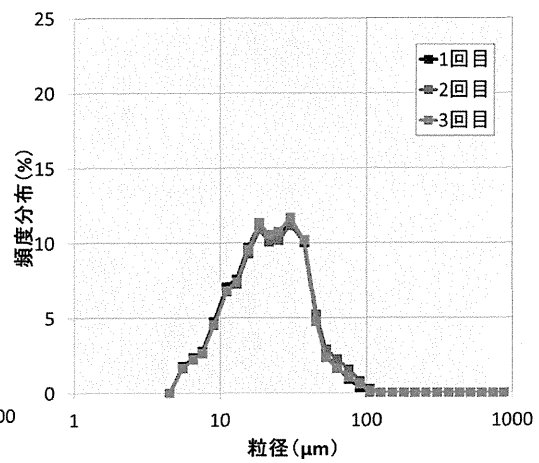
(1) 試料番号2



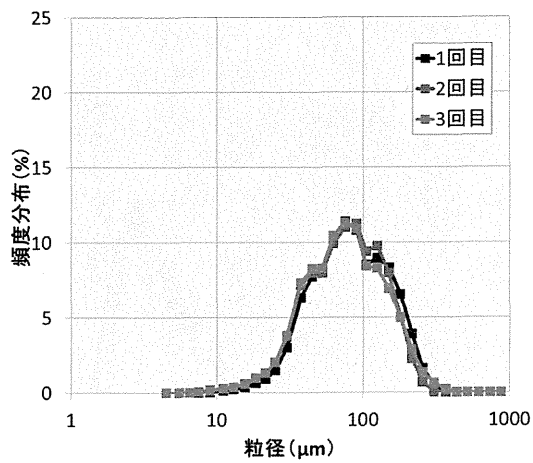
(2) 試料番号6



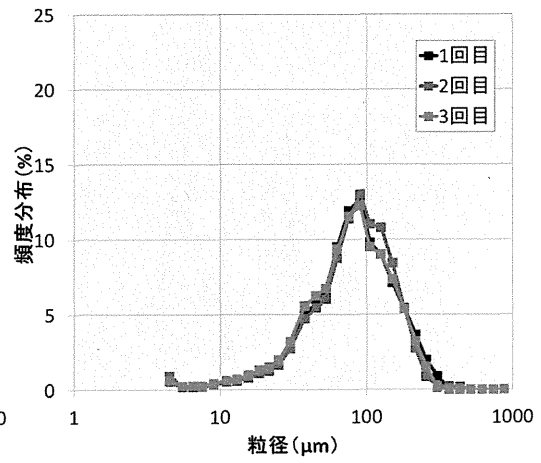
(3) 試料番号7



(4) 試料番号9

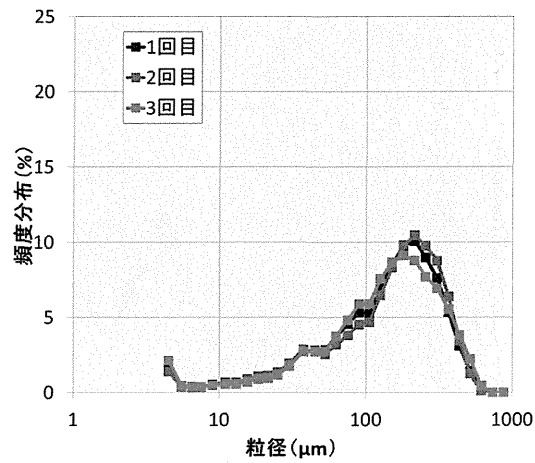


(5) 試料番号11

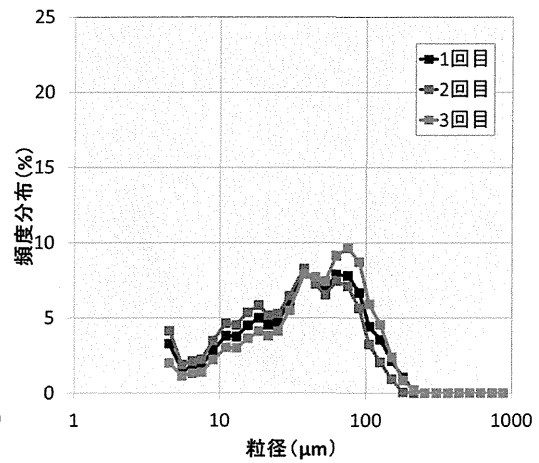


(6) 試料番号12

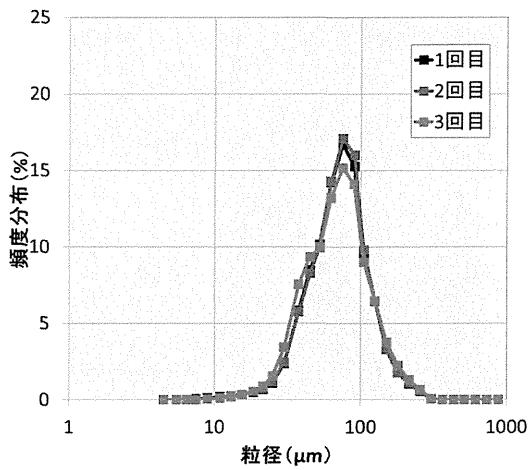
図2 スプレー噴霧時の粒子径分布



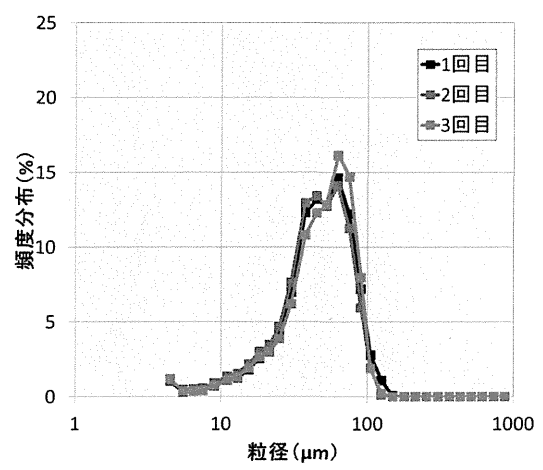
(7) 試料番号13



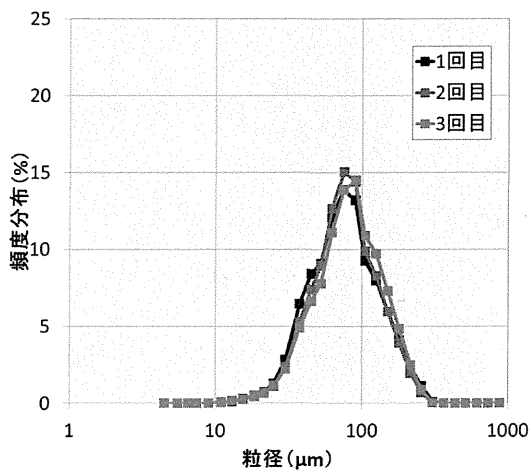
(8) 試料番号14



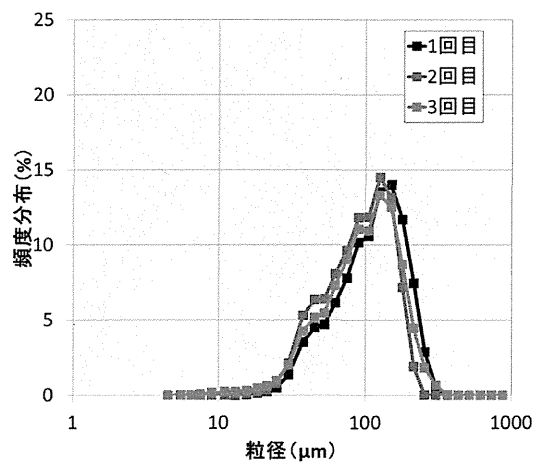
(9) 試料番号15



(10) 試料番号17



(11) 試料番号19



(12) 試料番号21

図2 スプレー噴霧時の粒子径分布 (つづき)

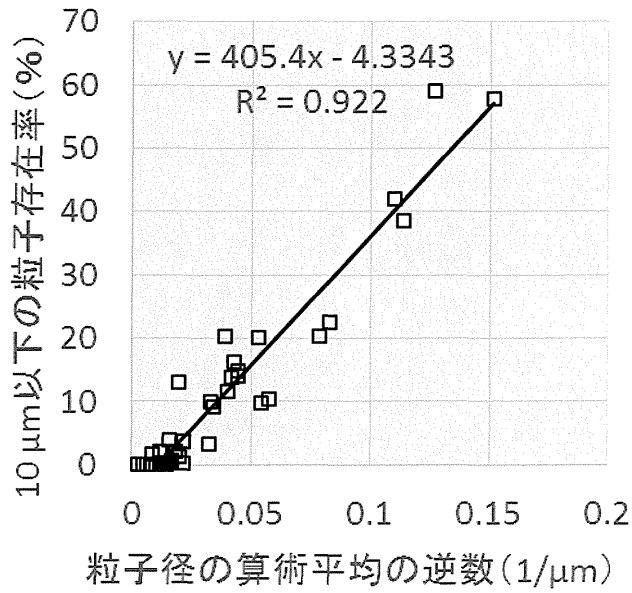


図4 粒子径の算術平均と10 μm以下の粒子存在率(%)の比較

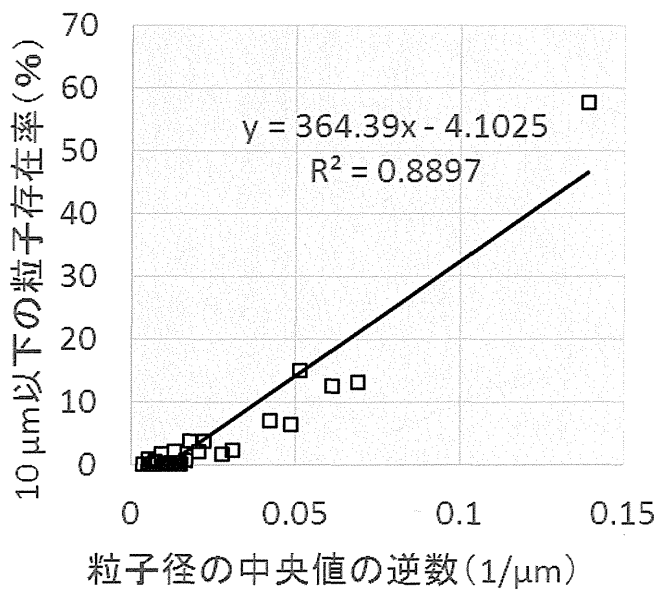


図5 粒子径の中央値と10 μm以下の粒子存在率(%)の比較

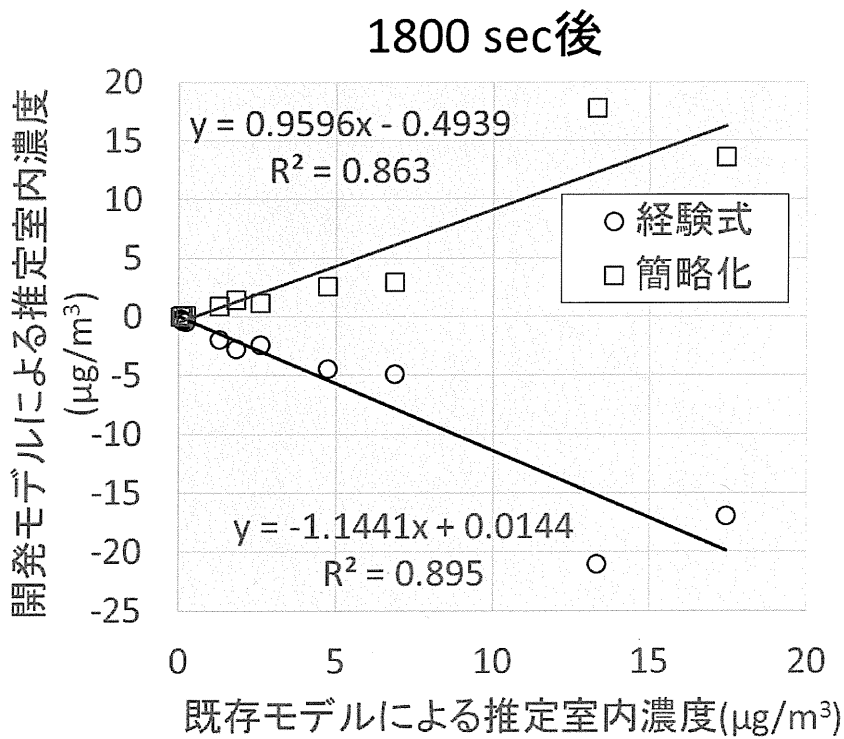
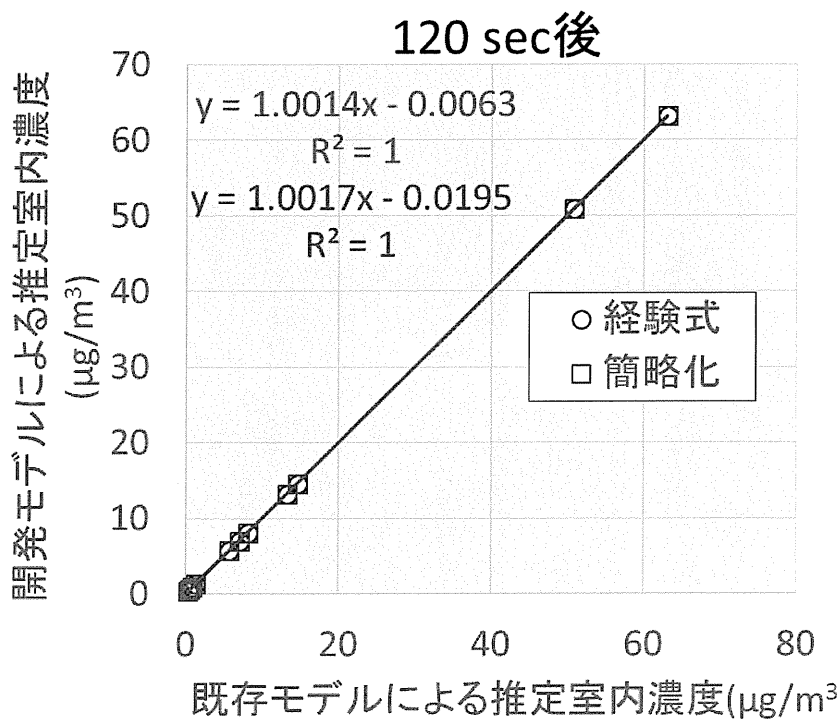


図3 スプレーモデルによる粒子径 $10 \mu\text{m}$ 以下の室内粒子濃度の推定結果の比較

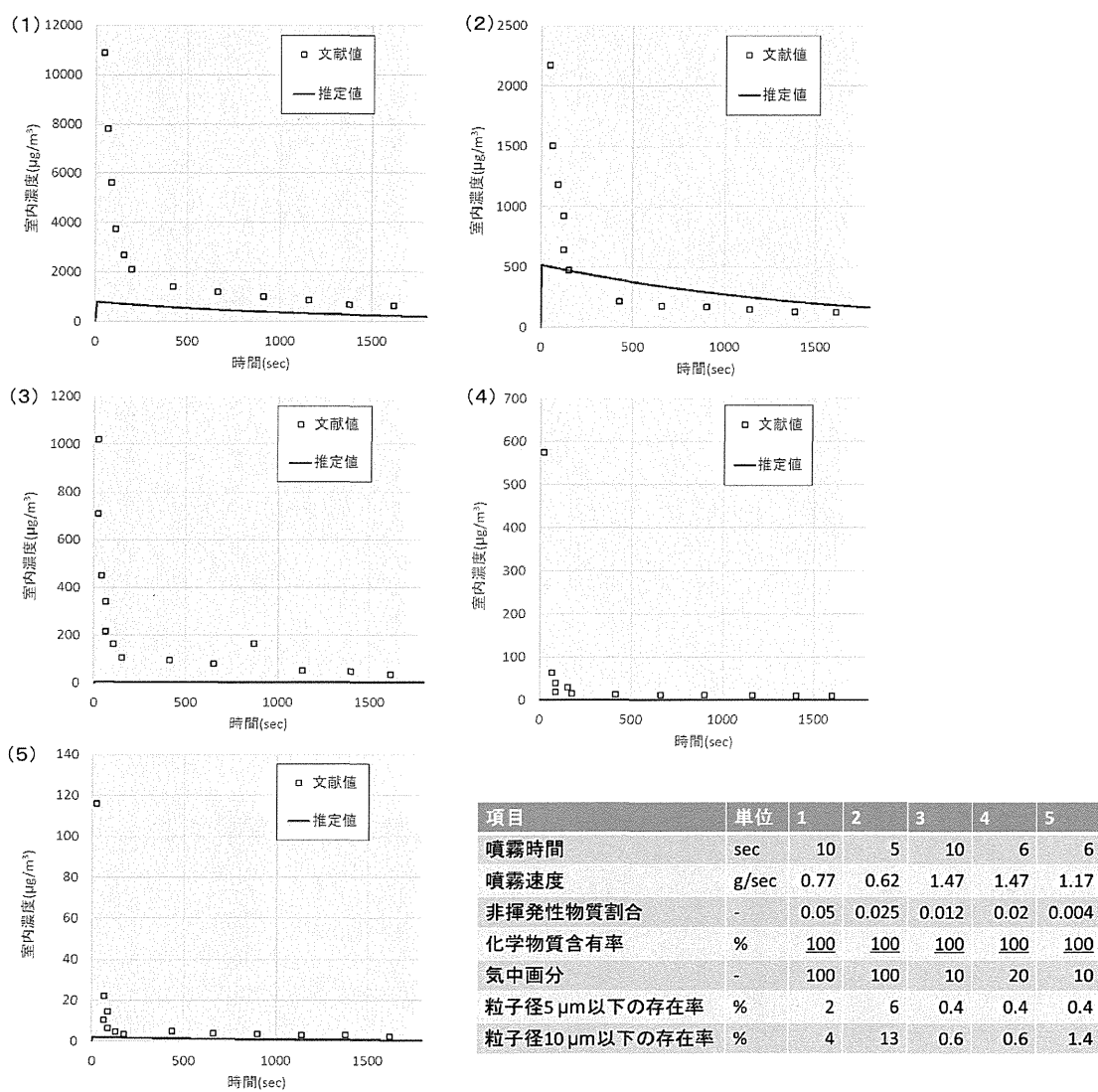
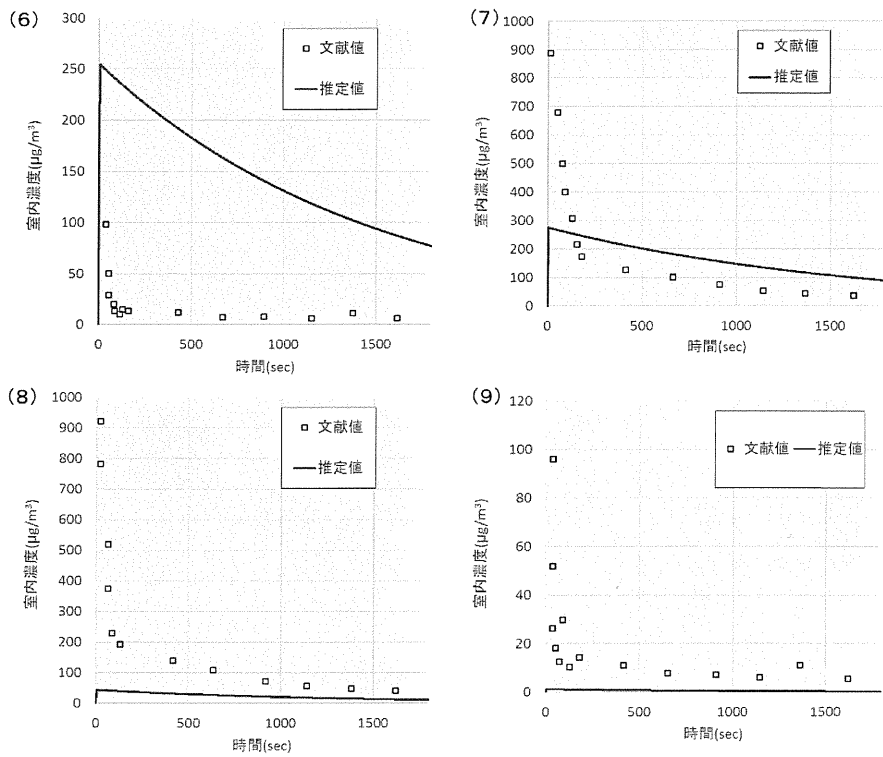


図 6 スプレー製品使用における粒子状物質濃度の推定結果



項目	単位	6	7	8	9
噴霧時間	sec	5	5	10	6
噴霧速度	g/sec	2.15	0.53	1.71	1.17
非揮発性物質割合	-	0.007	0.0225	0.002	0.005
化学物質含有率	%	100	100	100	100
気中画分	-	60	60	50	10
粒子径5 µm以下の存在率	%	5	7	0	0.4
粒子径10 µm以下の存在率	%	11	15	5	0.7

図6 スプレー製品使用における粒子状物質濃度の推定結果 (つづき)

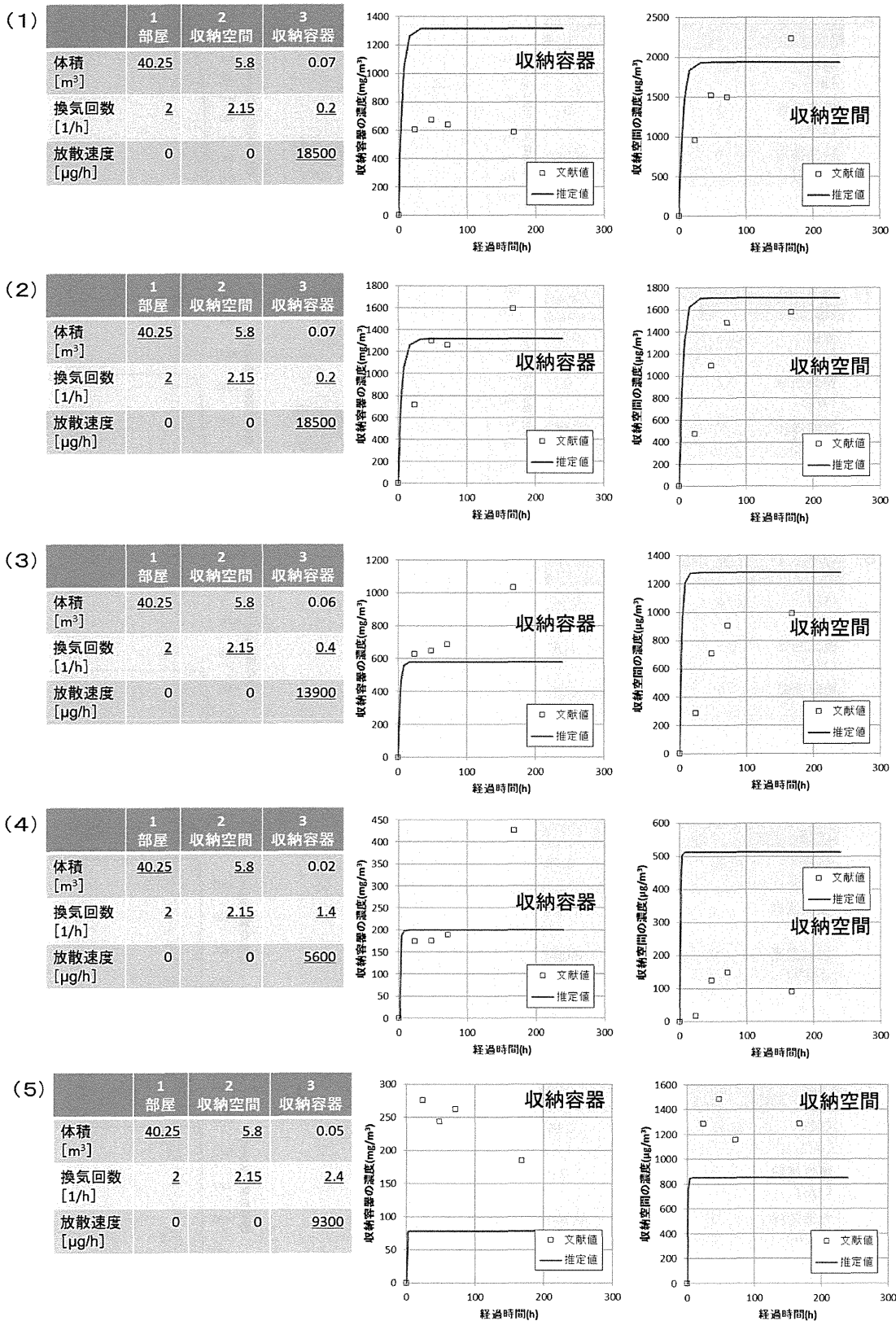


図 7 防虫剤使用におけるパラジクロロベンゼン濃度の推定結果

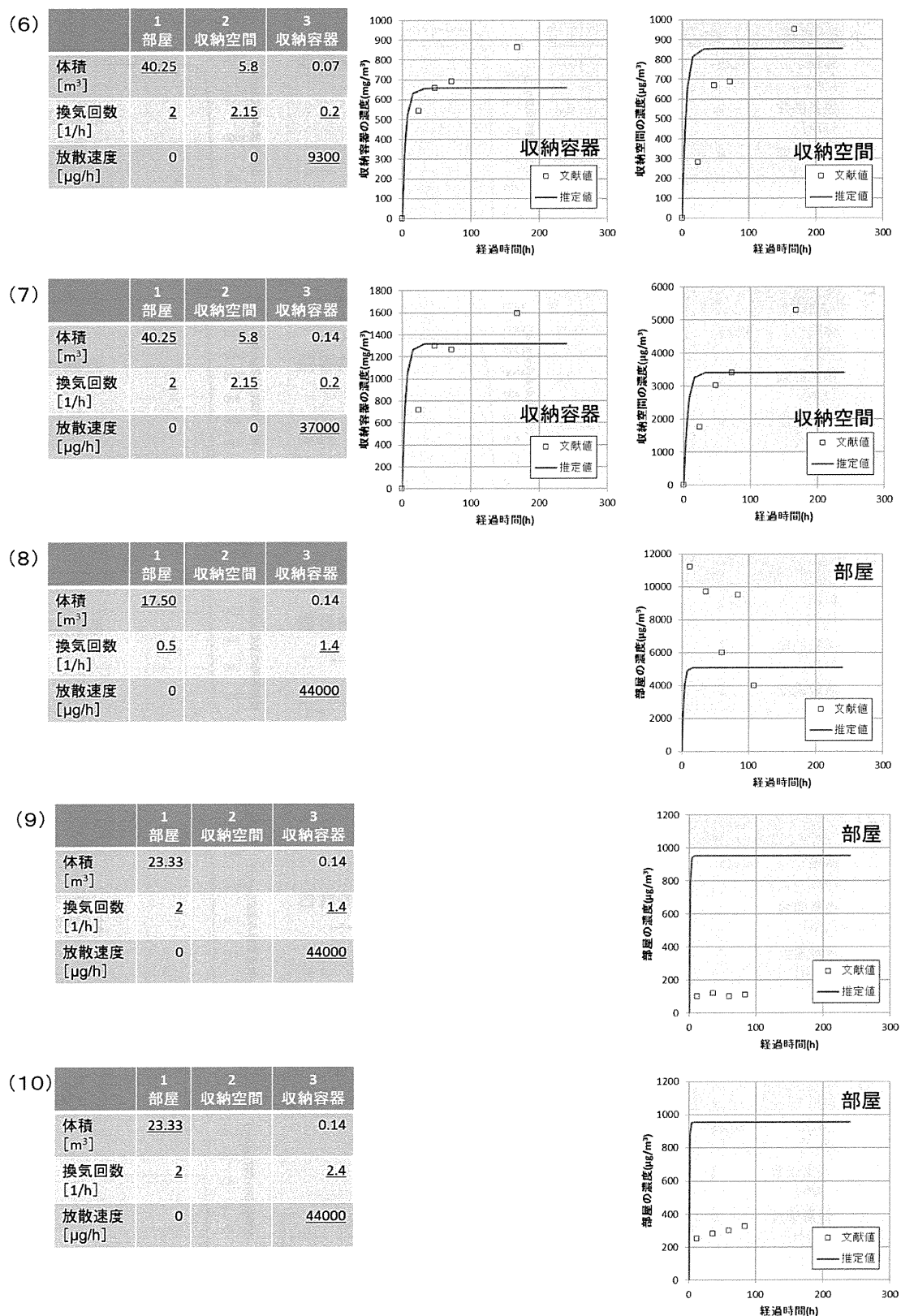
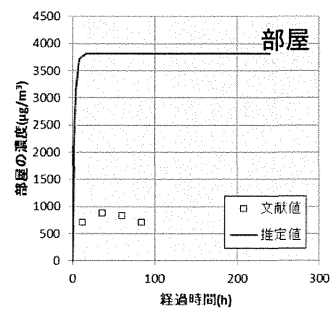


図7 防虫剤使用におけるパラジクロロベンゼン濃度の推定結果 (つづき)

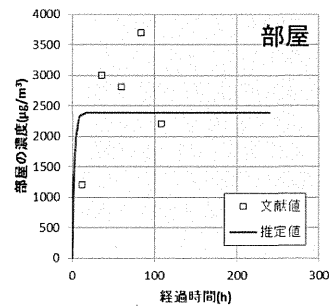
(11)

	1 部屋	2 収納空間	3 収納容器
体積 [m ³]	23.33		0.14
換気回数 [1/h]	0.5		2.4
放散速度 [μg/h]	0		44000



(12)

	1 部屋	2 収納空間	3 収納容器
体積 [m ³]	23.33		0.49
換気回数 [1/h]	0.5		3.5
放散速度 [μg/h]	0		27800



(13)

	1 部屋	2 収納空間	3 収納容器
体積 [m ³]	61		0.06
換気回数 [1/h]	2		3.5
放散速度 [μg/h]	0		1900

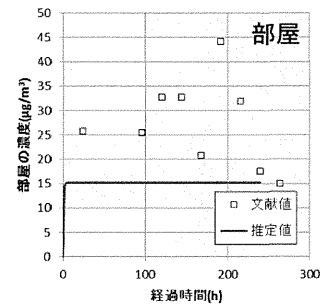
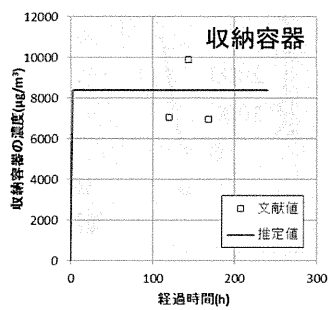
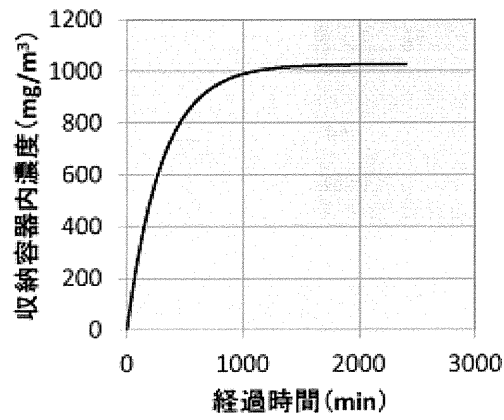
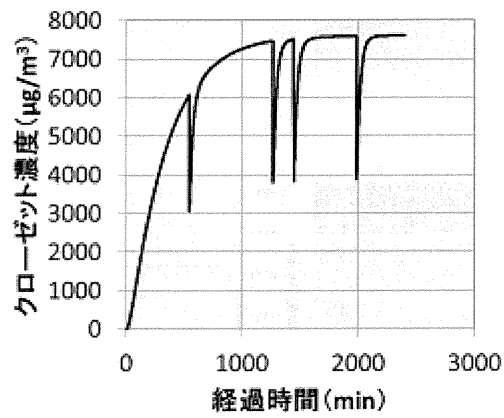


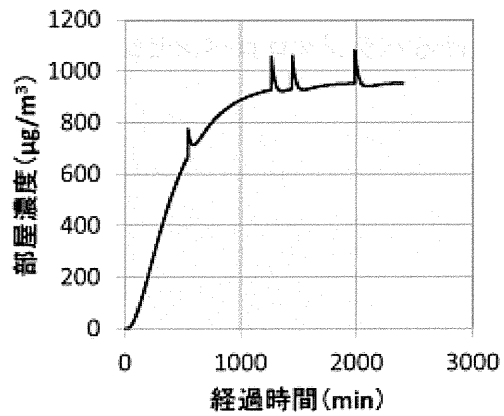
図 7 防虫剤使用におけるパラジクロロベンゼン濃度の推定結果 (つづき)



(ア)



(イ)



(ウ)

図8 時間分解暴露シナリオを考慮した防虫剤成分の濃度推定結果
 (ア) 衣類用収納容器内濃度 (イ) クローゼット濃度 (ウ) 部屋濃度

厚生労働科学研究費補助金 (化学物質リスク研究事業)

分担研究 総合研究報告書

家庭用品から放散される揮発性有機化合物/準揮発性有機化合物の
健康リスク評価モデルの確立に関する研究

CONTAM ソフトウェアによる呼吸域曝露濃度のシミュレーションに関する研究

研究分担者 神野 透人 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室長
(現 名城大学 薬学部 教授)

研究協力者 香川(田中) 聡子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官
(現 横浜薬科大学 薬学部 教授)

研究協力者 田原 麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室

研究協力者 川原 陽子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室

研究協力者 真弓 加織 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室

研究要旨: 本研究では、呼吸器の近傍で使用される家庭用品から放散・放出される化学物質の曝露濃度を適切に評価するためのシミュレーションモデルを開発する目的で、NISTが開発した Multizone Airflow and Contaminant Transport Analysis Software である CONTAM を用いて、呼吸域曝露濃度シミュレーションへの適用可能性について検討を行った。容積 20 m³、換気回数 0.5 回/h (10 m³/h) の部屋の中に呼吸域 1 m³ の人が在室する状況を想定し、呼吸域の気流が 0.01、0.05 および 0.1 m/s の3通りの場合についてシミュレーションを行った。1日1回、呼吸域に 100 mg の化学物質を瞬時に放出させ、呼吸域および室内の経時的な化学物質濃度を解析した。その結果、気流 0.01 m/s の場合には、一過性に放出された化学物質の室内濃度は最高で 4.5 μg/m³ まで上昇し、24時間の平均濃度として 0.39 μg/m³ となるのに対して、1 m³ の呼吸域の最高濃度は 63.9 μg/m³ と予想され、室内最高濃度の約 14 倍、24時間平均濃度の 160 倍にまで達する可能性があることが明らかになった。「室内空气中化学物質の測定マニュアル」に則った実態調査等では 24 時間平均濃度が求められるが、家庭用品からの化学物質の放散・放出様式によっては、実態調査で得られた値と実際の曝露濃度が乖離するおそれがある。したがって、特に健康影響として刺激性が問題となる化学物質については、それが含まれる家庭用品の使用形態も加味した調査結果の評価を進めるとともに、呼吸域濃度を考慮した曝露評価が必要不可欠であると考えられる。

A. 研究目的

室内環境中におけるさまざまな化学物質の曝露量を評価する手法として、実態調査で得られた室内空気中の化学物質濃度を基に、呼吸量および在室時間から曝露量を推計する方法が一般に用いられている。しかし、家庭用品から放散・放出される多種多様な化学物質すべてについて実態調査を実施することは困難であり、補完手法の開発/確立が必要不可欠である。このような背景から、著者らは小形チャンバーや μ -CTE (Micro-Chamber/Thermal Extractor) を用いて家庭用品からの化学物質放散速度を定量的に評価し、その値から定常状態における室内空気への影響を推定する方法を確立し、これまでにカーペットやカーテンなどに適用して有用性を明らかにしてきた。

一方、家庭用品から瞬時あるいは一時的に放出される化学物質については、放出量を部屋の容積で除して最高濃度を概算する手法が用いられることが多い。この場合、田原らが本研究班の分担研究報告書「家庭用品等からの放散化学物質の呼吸域曝露評価手法の開発」で指摘しているように、呼吸器の近傍で使用される家庭用品から放散・放出される化学物質の曝露濃度を適切に評価できていない可能性がある。そこで、本研究では、NIST が開発した Multizone Airflow and Contaminant Transport Analysis Software である CONTAM を用いて、呼吸域曝露濃度シミュレーションへの適用可能性について検討を行った。

B. 実験方法

CONTAM 3.1.0.3 は NIST Multizone Modeling Website (<http://www.bfrl.nist.gov/IAQanalysis/software/index.htm>) から入手し

た。

シミュレーションモデルは、図 1 に概略を示したように、容積 20 m³、換気回数 0.5 回/h (10 m³/h) の部屋の中に呼吸域 1 m³ (幅 1 m x 奥行 1 m x 高さ 1 m) の人が在室している状況を想定した。呼吸域と室内の間の空気の移動は、気流 0.01、0.05 および 0.1 m/s とし、換気量 36、180 および 360 m³/h の 3 通りの場合についてシミュレーションを行った。1 日 1 回、呼吸域に 100 mg の化学物質を瞬時に放出させ、呼吸域および室内の経時的な化学物質濃度を解析した。

C. 結果と考察

図 2~4 に、それぞれ呼吸域の気流 0.01、0.05 および 0.1 m/s の場合を想定したシミュレーション結果を示した。

気流 0.01 m/s の場合 (図 2)、一過性に放出された化学物質 (100 mg) の室内濃度は最高で 4.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで上昇し、その後 0.5 回/h の換気に伴って漸減する。このような化学物質の放出、換言すれば家庭用品の使用が 1 日に 1 回の頻度で起こるとすると、24 時間の平均濃度として 0.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となる。これに対して、1 m³ の呼吸域の最高濃度は 63.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と予想され、室内最高濃度の約 14 倍、24 時間平均濃度の 160 倍にまで達する可能性がある。

呼吸域の気流、すなわち呼吸域と室内との間の換気量が増加した場合、室内濃度の最高値 (4.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) と 24 時間平均値 (0.39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) はほとんど影響を受けないのに対し、呼吸域での最高濃度は気流 0.05 m/s (180 m³/h) で 27.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (図 3)、気流 0.1 m/s (360 m³/h) で 17.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (図 4) まで低下する。

家庭用品からの化学物質放出量を部屋の容積で除して最高濃度を推算する、いわゆる

「瞬時拡散モデル」を用いると、本研究のシミュレーション条件下での室内最高濃度は5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と見積もられる。一方、呼吸域を想定したシミュレーションモデルの解析結果では3.5～13倍高い濃度で家庭用品由来の化学物質に曝露する可能性がある。

著者らが実施してきた室内空气中化学物質の全国実態調査では、室内空気を24時間にわたって採取し、その間の平均濃度を算出している。本研究で行ったシミュレーションでは、短時間の最高濃度が24時間平均濃度の160倍にまで達する可能性がある、という結果が得られている。したがって、健康影響として特に刺激性が問題となるような化合物については、実態調査等で得られる平均濃度のみではリスクを適切に評価できない場合があることが懸念される。

D. 結論

Multizone Airflow and Contaminant Transport Analysis Software である CONTAM を用いて呼吸域を考慮した曝露評価シミュレーションモデルについて検討を行った結果、呼吸域の最高濃度が室内最高濃度の約14倍、24時間平均濃度の160倍にまで達する可能性を示す解析結果が得られた。このように、家庭用品からの化学物質の放散・放出様式によっては、室内空气中化学物質の測定マニュアルに則った実態調査で得られる値と実際の曝露濃度が乖離するおそれがあることから、特に健康影響として刺激性が問題となる化学物質については、それが含まれる家庭用品の使用形態も加味した調査結果の解析を進めるとともに、呼吸域濃度を考慮した曝露評価が必須であると考えられる。

D. 健康危険情報
なし

E. 研究発表
論文発表
なし
学会発表
なし

F. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)
特許取得
なし
実用新案登録
なし

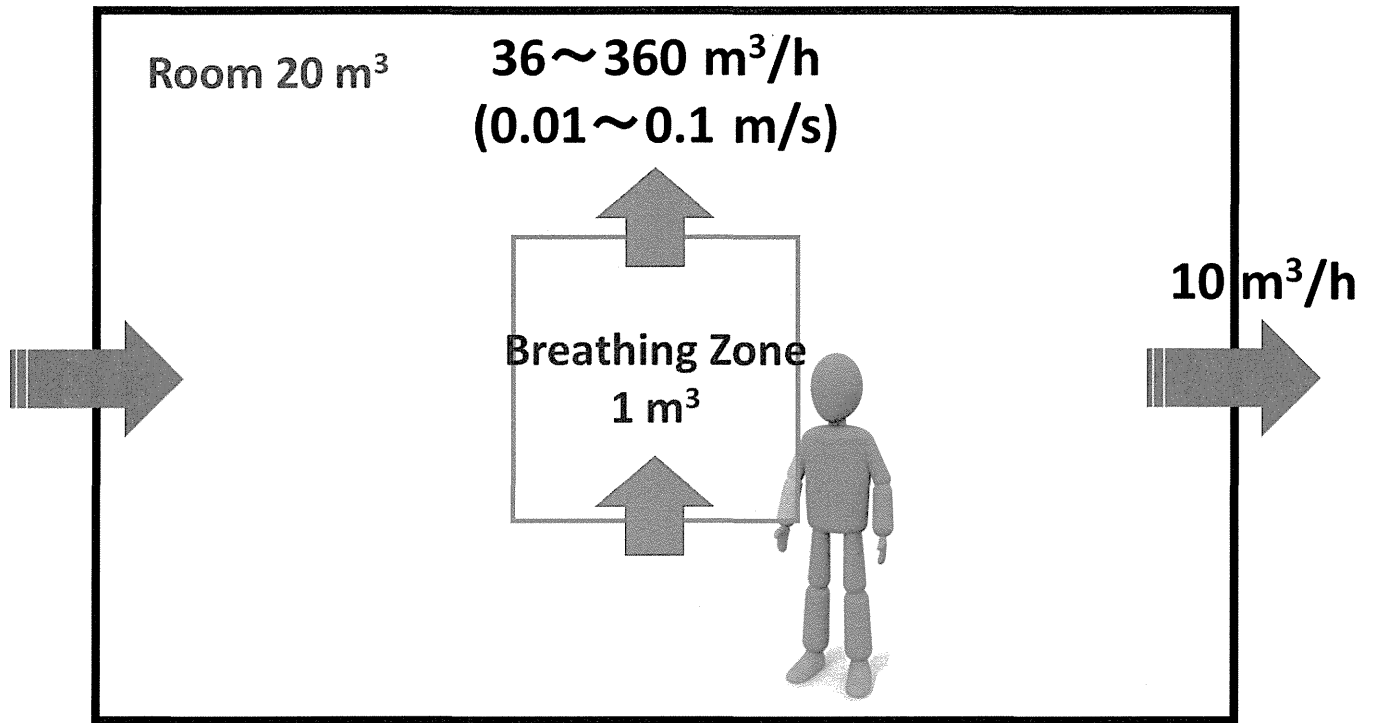
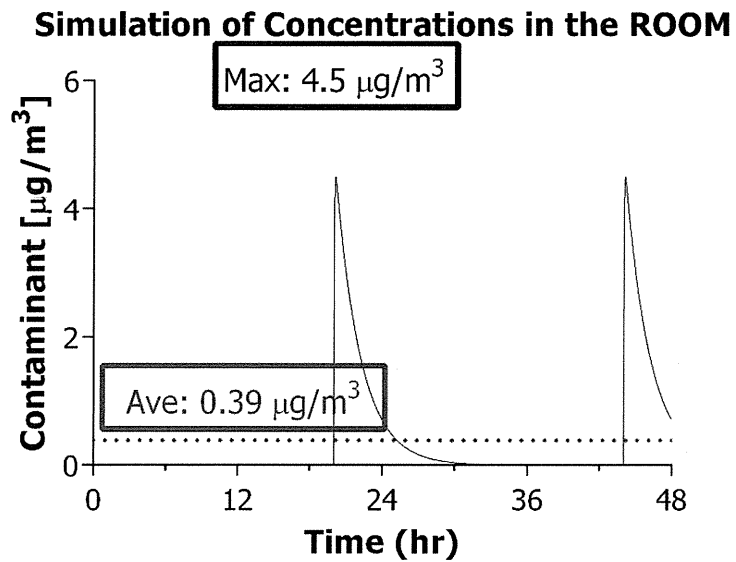


図 1 CONTAM ソフトウェアによる呼吸域曝露濃度シミュレーションモデルの概略図



Simulation of Concentrations in the Breathing Zone

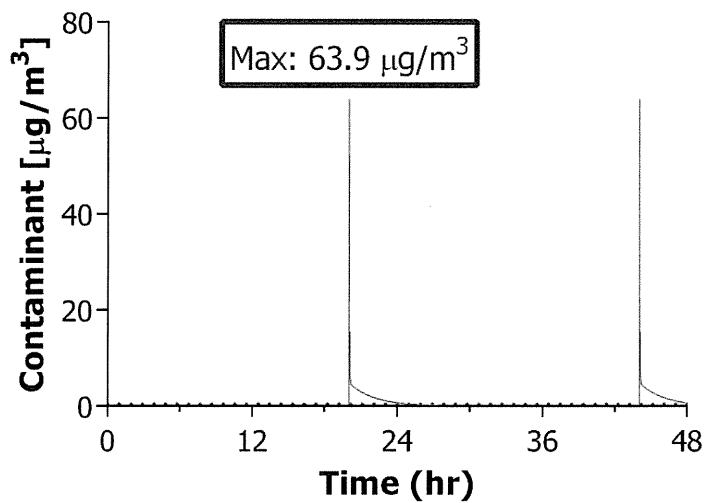
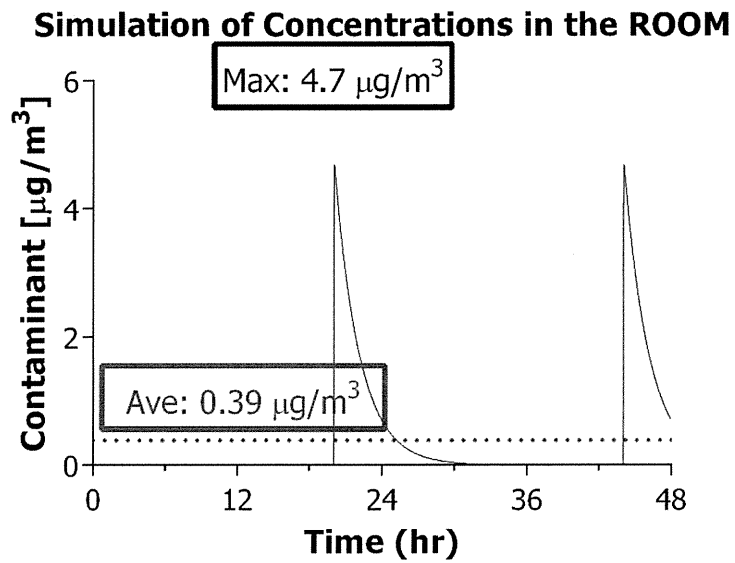


図2 室内 (上段) および呼吸域 (下段) の化学物質濃度変化のシミュレーション
(気流 0.01 m/s)



Simulation of Concentrations in the Breathing Zone

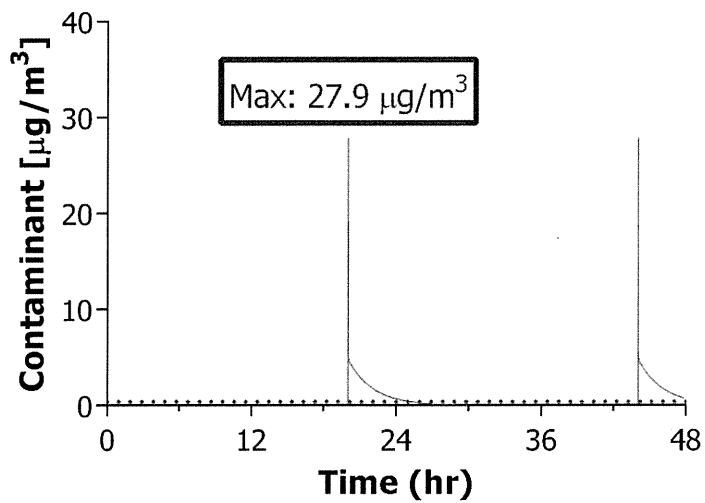


図3 室内 (上段) および呼吸域 (下段) の化学物質濃度変化のシミュレーション
(気流 0.05 m/s)

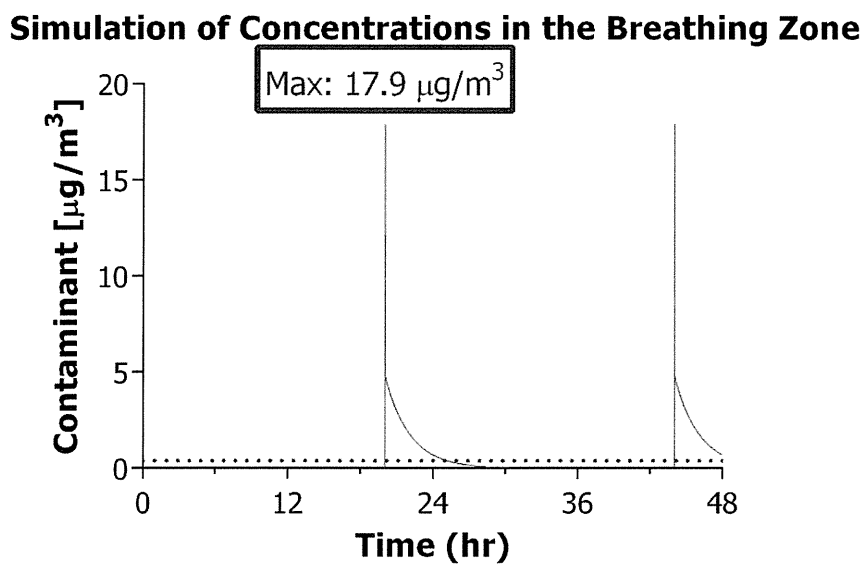
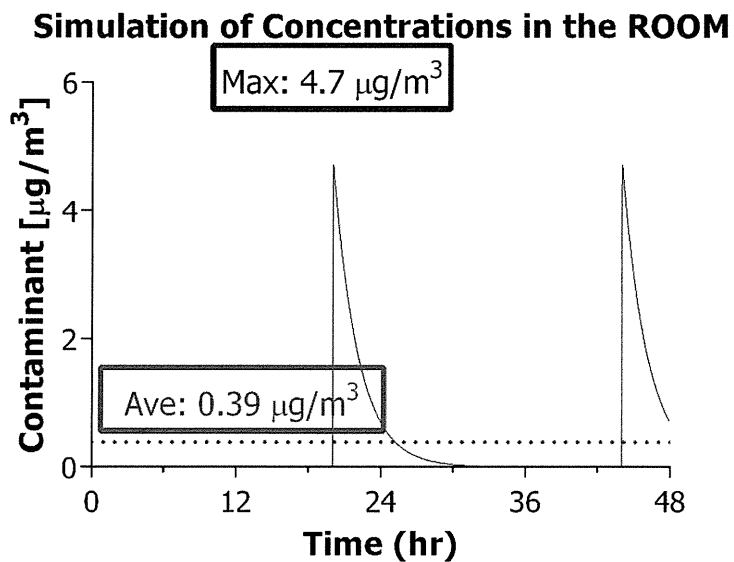


図4 室内 (上段) および呼吸域 (下段) の化学物質濃度変化のシミュレーション
(気流 0.1 m/s)

厚生労働科学研究費補助金 (化学物質リスク研究事業)

分担研究 総合研究報告書

家庭用品から放散される揮発性有機化合物/準揮発性有機化合物の
健康リスク評価モデルの確立に関する研究

高残香性衣料用柔軟仕上げ剤中の揮発成分による気道刺激に関する研究

研究協力者 香川(田中)聡子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 主任研究官
(現 横浜薬科大学 薬学部 教授)

研究協力者 神野 透人 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部 第一室長
(現 名城大学 薬学部 教授)

研究協力者 田原 麻衣子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部

研究協力者 岡元 陽子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部

研究協力者 川原 陽子 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部

研究協力者 真弓 加織 国立医薬品食品衛生研究所 生活衛生化学部

研究要旨: 衣料用柔軟仕上げ剤は本来繊維を柔らかくすることを目的に使用されるが、2000年代後半から香りの強い海外製の柔軟仕上げ剤がブームとなったのをきっかけに、現在は、芳香性を工夫した商品の市場規模が拡大している。それに伴い、危害情報も含めた柔軟仕上げ剤に関する相談件数が急増しており、呼吸器障害をはじめ、頭痛や吐き気等の体調不良が危害内容として報告されている。本研究では、侵害受容器であり気道過敏性の亢進にも関与することが明らかになりつつある TRP イオンチャネルに対する柔軟仕上げ剤中揮発成分の影響を検討した。ヒト TRPA1 及びヒト TRPV1 をそれぞれ安定的に発現する Flp-In 293 細胞を用いて、細胞内 Ca^{2+} 濃度の増加を指標として、高残香性衣料用柔軟仕上げ剤から抽出した揮発性成分について TRPA1 及び TRPV1 の活性化能を評価した。製品 2g から抽出した揮発性成分 Methanol 抽出液について活性化能を評価した結果、TRPA1 については 20 製品中 18 製品が濃度依存的に溶媒対照群の 2 倍以上の活性化を引き起こすことが明らかになった。さらに、Methanol 抽出液の GC-MS 分析結果より、揮発性成分として含まれることが判明した Linalool 及び Rose oxide が TRPA1 を顕著に活性化することが明らかになった。これらの結果より、高残香性衣料用柔軟仕上げ剤に含まれる香料成分が TRP イオンチャネルの活性化を介して気道過敏性の亢進を引き起こす可能性が考えられる。以上の結果は、未だ十分に解明されていないシックハウス症候群や本態性多種化学物質過敏状態の発症メカニズムを明らかにする上でも極めて重要な情報であると考えられる。