

製品に関する暴露係数は文化や風習によって異なる可能性があり、噴霧量はその例の一つだと思われる。

#### [粒径分布と 10 $\mu\text{m}$ 以下の粒子存在率]

既存文献では粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子存在率が示されていない、粒子径に関して中央値あるいは平均値が示されている場合がある。そのようなデータからの粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子存在率の推定方法を検討した。今回収集したデータの平均値が示されているスプレー製品とそのスプレーの粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子存在率を比較したところ、平均値の逆数と粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子存在率との間に正の相関関係 ( $r^2=0.92$ ) があつた (図 8)。また同様に中央値との比較を実施したところ、正の相関関係 ( $r^2=0.89$ ) があつた (図 9)。平均値あるいは中央値から粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子存在率を推定することが可能であると思われた。

### D.3 スプレー噴霧および防虫剤使用に関するシミュレーション手法の適用

#### D.3-1 スプレー噴霧

簡略化モデルで算出した室内濃度は 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子濃度であるが、検証に用いた実測値は全粒子濃度であつた。11 種類のスプレーの粒径分布を用いて全粒子濃度と粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子濃度を計算し、120、600、1800 sec で比較したところ、図 8 に示したように回帰直線の傾きが時間経過と共に 0.312、0.668、0.947 と変化し、1800 sec での全粒子濃度中の粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子濃度は 50~98 %で、

平均 84 %であつた。これは大きな粒子が小さな粒子に対して相対的に早く沈着するため、放散から時間が経過すると粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の割合が増加することで生じた結果であると思われた。

再現試験と推定全粒子濃度の比較では、実測値の 1/10 以下あるいは 10 倍を超える推定値がケース 4 (約 1/10 倍) とケース 6 (約 30 倍) の 2 ケースあつた。これらのケースで、放散初期のチャンバー濃度の実測値と、放散量をチャンバー容積で除して算出した放散初期の仮想チャンバー濃度を比較したところ 3/20~24 倍の違いがあつた。参考としてこれらの比にて推定結果を補正したところ、すべてのケースで推定値は実測値の 1/10~1.5 倍以内となつた。したがって、推定値の誤差の主要因は実験条件の詳細な記述がないことによる入力パラメータの誤設定であつたと思われた。

入力設定の問題があるため直接の比較は困難であるが、実測値は全粒子、推定値は粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の濃度であることを考慮すると、推定値は実測値より過小傾向にあつたことは妥当な結果と考えられる。

#### D.3-2 防虫剤の使用

*p*-ジクロロベンゼンを主成分とする防虫剤の使用を再現した試験データとの検証の結果、開発モデルによる推定結果はおおむね実測値と一致していた。過大評価や過小評価が見られた再現試験のうちケース 9~11 はいずれも過大評価となっている。これらのケースが同じ文献からのデータであること、他の文献からの

場合特定の偏った結果となっていないことから、過大評価の原因はモデル式等の問題ではなく実験条件の詳細な記述がないことによる入力パラメータの誤設定である可能性が高い。

#### E. 結論

非定常型暴露シミュレーション手法の開発を目的として、スプレー噴霧および防虫剤の使用に関する暴露係数の取得、モデル構築を実施した。

ConsExpo に代表される既存のスプレーモデルは、入力データとして粒径分布のばらつきに関する情報が必要であるが、一般に入手が困難である。今回開発したモデルは粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子存在率がわかれば計算を行うことができる。この値はすでに約 60 種類以上のスプレー製品についての情報が集積されており、粒径分布のばらつきの情報と比べると比較的容易に入手できる。

また防虫剤を対象としたマルチボックス (マルチゾーン) モデルの検証を実施した。モデルによる推定値は既報の再現試験の実測値とおおむね一致し、実測値の 1/2~2 倍の範囲内であった。開発したモデルを用いることにより、収納空間に設置された放散源の居室濃度へ及ぼす影響を考慮することが可能となる。

#### F. 参考文献

- 1) 大坂百合子、土橋明美、林雅子. 1997. 被服保存に関する実態調査. 繊維製品消費科学会誌 38(6):319-323.
- 2) 香川 (田中) 聡子、神野透人、小濱とも子、西村哲治、徳永裕司 2008. ハ

ンドスプレー式家庭用品から放散する揮発性有機化合物に関する研究. 国立医薬品食品衛生研究所報告. 126:88-92.

- 3) 鹿庭正昭. 2000. トリガータイプの家庭用エアゾル製品に関する研究総括研究報告書.
- 4) 亀田紀子、本間博文. 2003. 戸建て注文住宅の面積配分に関する考察 : 住宅誌の掲載事例にみる領域面積の比率. 日本建築学会技術報告集 17:299-302.
- 5) 国土交通省 2006. 新築住宅における化学物質濃度の実態調査.
- 6) 国立医薬品食品衛生研究所 2013. 平成 24 年度室内空気汚染全国実態調査・新築住宅調査結果の概要. 第 17 回シックハウス (室内空気汚染) 問題に関する検討会 配付資料.
- 7) 産業技術総合研究所、製品評価技術基盤機構 2010. 生活行動パターン情報等のアンケート調査報告書.
- 8) 国民生活センター 2001. スプレータイプの消臭剤の商品テスト結果.
- 9) 国民生活センター 2005. 虫よけ剤一子供への使用について一.
- 10) 国民生活センター 2013. フッ素樹脂、シリコン樹脂等を含む衣類用スプレー製品の安全性.
- 11) 斉藤育江、大貫文、前野智和、保坂三継、中江大. 2014. スプレー粒子の粒径分布及び粒子中成分の測定. 東京都健康安全研究センター研究年報 65:223-229.
- 12) 佐藤鮎子、砺波恵子、本間博文、毛利浩美、鈴木時子、西川繁、亀田紀子.

1998. 独立住宅における収納スペースの変遷：住宅誌の掲載事例にみる住宅の平面構成の変化に関する研究(その4). 日本建築学会学術講演梗概集 E-2, 建築計画 II, 住居・住宅地, 農村計画, 教育 177-178.
- 13) 産業技術総合研究所 安全科学研究部門. 2014. 製品含有化学物質の経皮・経口及び吸入暴露に係る調査 成果報告書.
- 14) 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 2015. 消費者製品に含まれる化学物質の室内暴露評価に係る調査 成果報告書.
- 15) 神野透人、香川(田中)聡子、古川容子 2009. 暴露シミュレーションモデルの開発—衣料収納容器の換気回数—. In: 神野透人編, 化学物質、特に家庭内の化学物質の暴露評価手法の開発に関する研究 平成 20 年度総括・分担報告書. pp. 24-44.
- 16) 東京都消費生活総合センター 2002. 衣類用防虫剤・トイレ用防臭剤—家庭内の化学物質・パラジクロロベンゼン—. 東京.
- 17) 東京都生活文化局消費者部. 1996. エアゾール製品に含まれる成分の室内挙動調査. 東京.
- 18) 中島喜代子. 1990. 住宅における収納スペースの設置状況(ハウスメーカーに対する調査). 三重大学教育学部研究紀要 41:123-140.
- 19) 中村久美、今井範子、牧野唯. 2011. 集中収納空間としての納戸の使用様態とその評価:—生活管理の視点からみた収納様式に関する研究—. 日本家政学会誌 62(11):709-720.
- 20) 東野晴行. 2014. 非定常型暴露シミュレーション手法の開発. In: 香川聡子編、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 平成 25 年度総括・分担報告書. pp. 76-99.
- 21) 東野晴行. 2015. 非定常型暴露シミュレーション手法の開発. In: 香川聡子編、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 平成 26 年度総括・分担報告書. pp. 29-48.
- 22) 本間博文、亀田紀子. 2003. 戸建て注文住宅の面積配分に関する考察：住宅誌の掲載事例にみる領域面積の比率. 日本建築学会学術講演梗概集 E-2, 建築計画 II, 住居・住宅地, 農村計画, 教育, 357-358.
- 23) 松本 真理. 1990. 住宅の収納空間に関する研究. 日本建築学会学術講演梗概集 E, 建築計画, 農村計画 269-270.
- 24) 望月大介、菅野尚子、鈴木由利子、浮島美之、房家正博 2004. 家具の中に含まれる化学物質過敏症等に関連した化学物質—p-Dichrolobenzene を主成分とする防虫剤および衣類収納容器—静岡県環境衛生科学研究所報告. 47:57-61.
- 25) 山本俊介、浅川富美雪、須那滋、載紅、大西聡、北窓隆子、平尾智広、福永一郎、實成文彦. 2000. 生活行動と VOCs 暴露について—パラジクロロベンゼ

- ン暴露に関する実験的検討一. 地域  
環境保健福祉研究. 4(1):106-109
- 26) Cope RB, Nance P, Dourson M. 2014.  
Human Health Risk Assessment of  
Inhaled Materials, In: Salem H &  
Katz SA. eds., *Inhalation  
toxicology, Third edition*. Boca  
Raton, FL. pp.71-119.
- 27) Delmaar JE, van der Zee Park M,  
van Engelen JGM(2006). ConsExpo -  
Consumer Exposure and Uptake  
Models -Program Manual. RIVM  
Report 320104004
- 28) Delmaar JE, Bremmer HJ. 2009. The  
ConsExpo spray model - Modelling  
and experimental validation of the  
inhalation exposure of consumers  
to aerosols from spray cans and  
trigger sprays. RIVM Report  
320104005.
- 29) Matoba Y, Ohnishi J, Matsuo M.  
1993. A simulation of insecticides  
in indoor aerosol space spraying.  
*Chemosphere* 26(6):1167-1186.
- 30) Shinohara N, Ono K, Gamo M. 2008.  
*p*-dichlorobenzene emission rates  
from moth repellents and leakage  
rates from cloth storage cases.  
*Indoor Air* 18(1):63-71.
- 31) Steiling W, Bascompta M, Carthew P,  
Catalano G, Corea N, D'Haese A,  
Jackson P, Kromidas L, Meurice P,  
Rothe H, Singal M. 2014. Principle  
considerations for the risk  
assessment of sprayed consumer  
products. *Toxicol Lett* 227(1):41-
- 49.
- G. 研究発表
1. 論文発表  
なし
  2. 学会発表  
なし
- H. 知的所有権の取得状況
1. 特許取得  
なし
  2. 実用新案登録  
なし
  3. その他  
なし

表 1 スプレーモデル開発時に用いた入力パラメータの一覧

パラメータ	値	単位
換気回数	0.5	回/h
部屋面積	10	m <sup>2</sup>
部屋容積	25	m <sup>3</sup>
噴霧時間	5	sec
噴霧量	0.85	g/sec
対象物質含有率	1.0	%
気中画分	20	%
計算時間	30	min

10 μm 以下の粒子存在率は昨年度の測定データを使用した。

表 2 簡易スプレーモデルの検証条件

項目		条件 (数値)		
環境条件	換気回数 [回/h]	0.2	0.5	10
	部屋容積 [m <sup>3</sup> ]	10	25	50
放散条件	対象物質含有率 [%]	1	5	10
	噴霧時間 [sec]	1	5	10

表 3 補正係数の一覧

	粒子径 10 μm 以下の 液滴割合 [Q <sub>10</sub> , %]	補正係数
製品 1	0.19	4.04
製品 2	2.08	2.04
製品 3	2.41	2.94
製品 4	0.38	3.61
製品 5	0.09	4.42
製品 6	0.25	3.91
製品 7	4.31	1.52
製品 8	15.06	2.15
製品 9	3.92	2.10
製品 10	18.71	3.01
製品 11	1.71	2.97

粒子径 10 μm 以下の終端速度 = 補正係数 × 平均終端速度

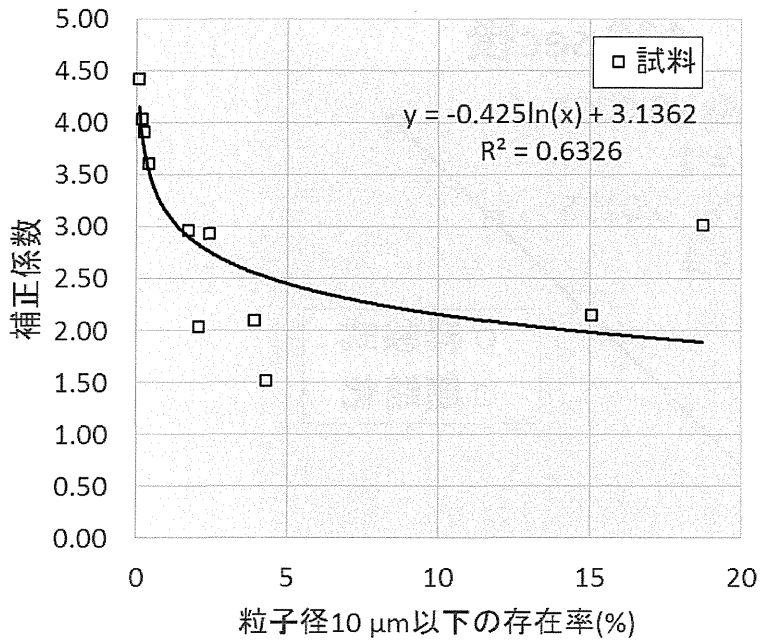


図 1 補正係数と粒子径 10 μm 以下の粒子存在率との関係

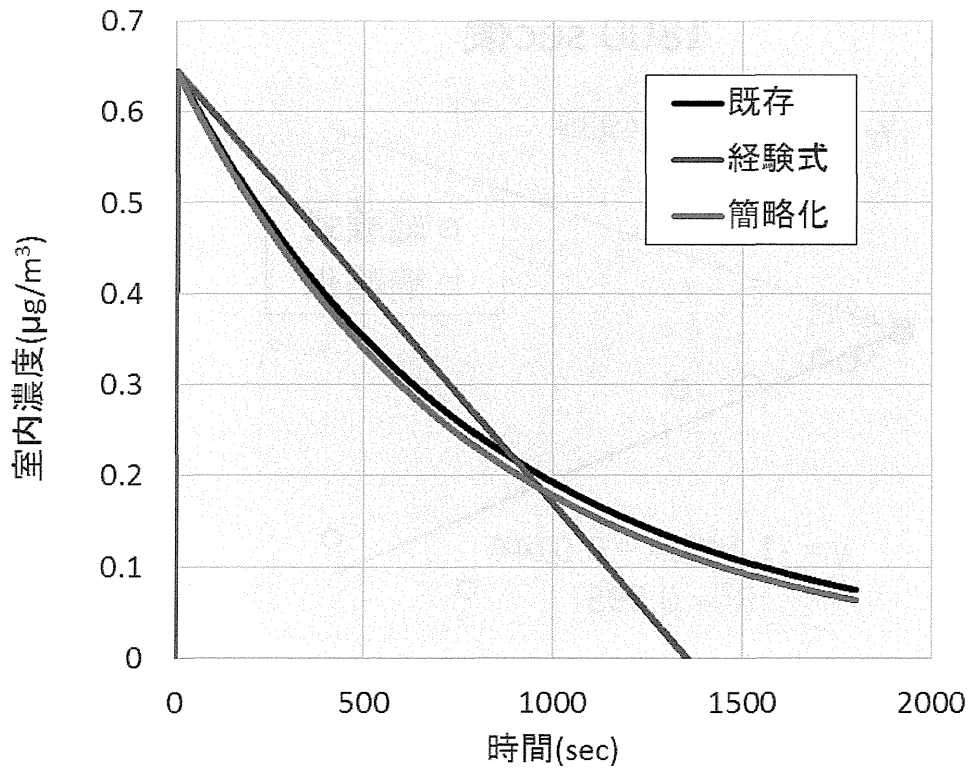


図 2 3 種のモデルを用いた粒子径 10 μm 以下の粒子濃度の推定結果の一例 (製品 1)

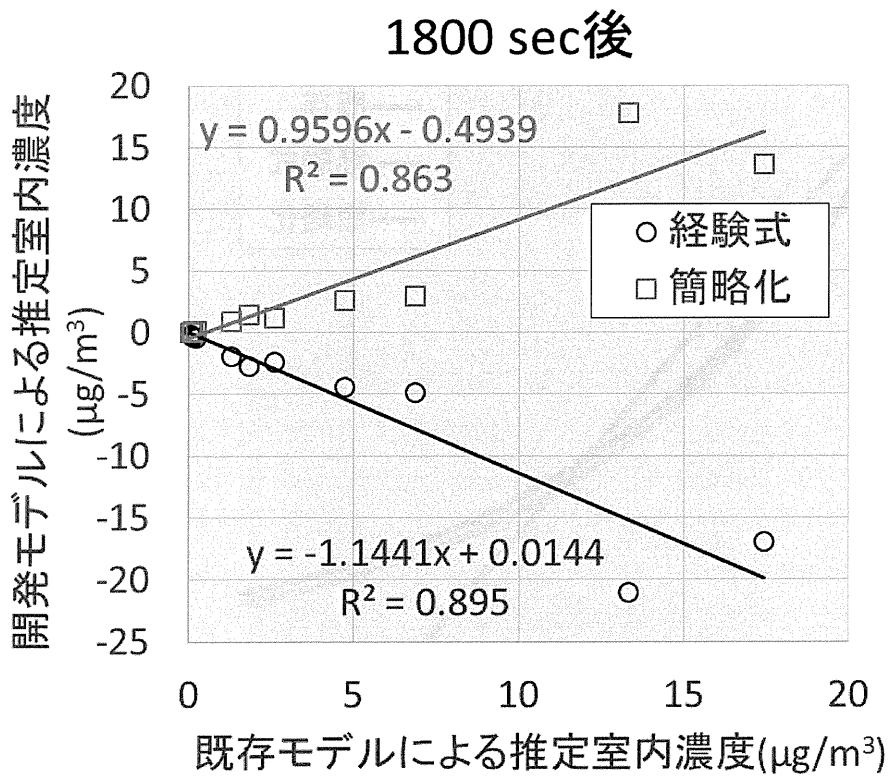
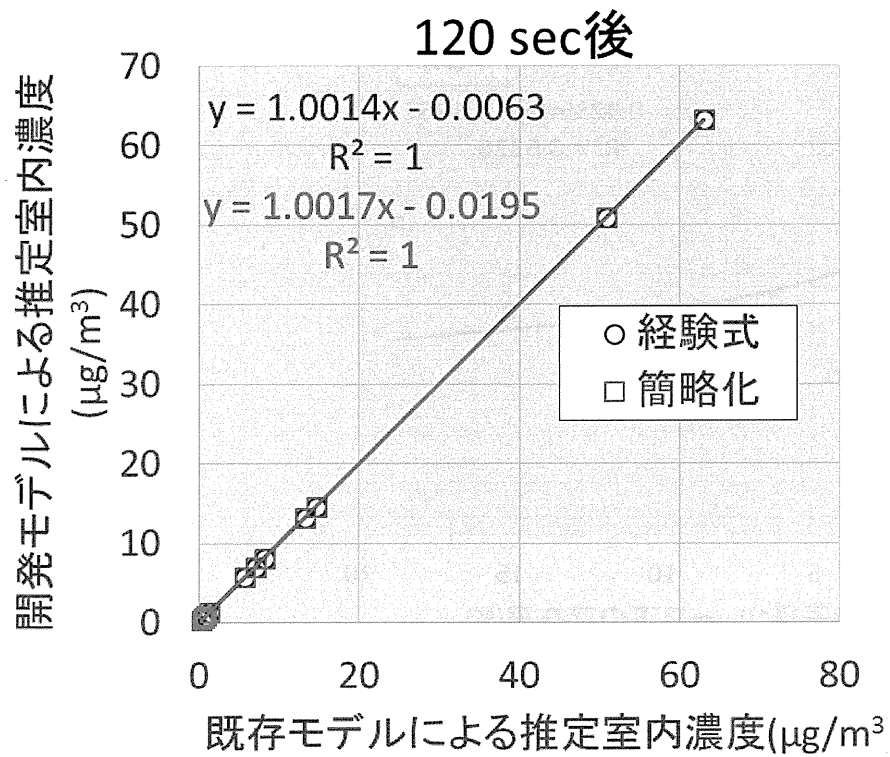


図 3 既存モデルと開発モデルを用いた粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の粒子濃度の推定結果の比較

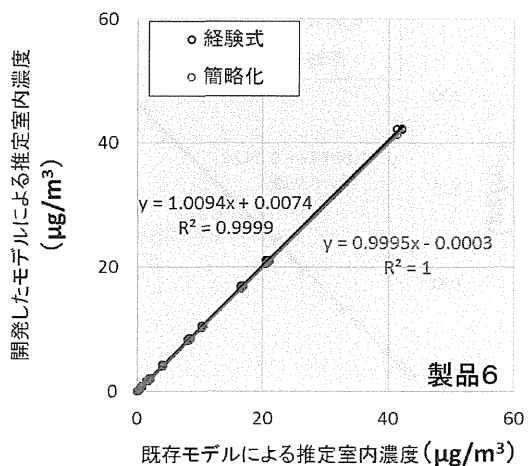
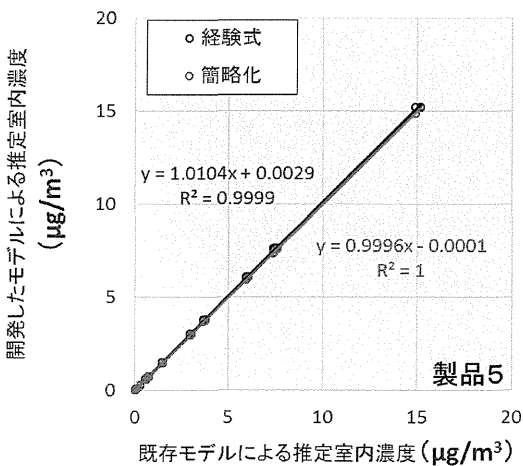
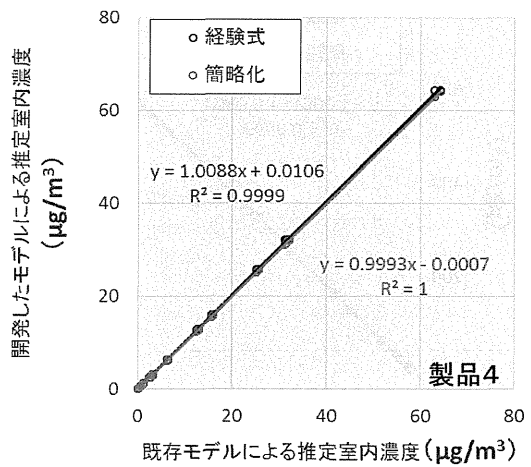
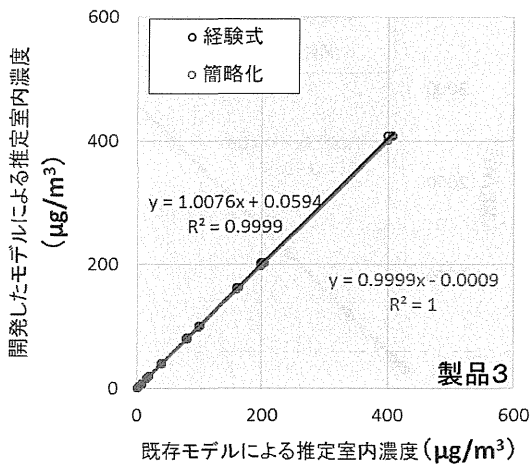
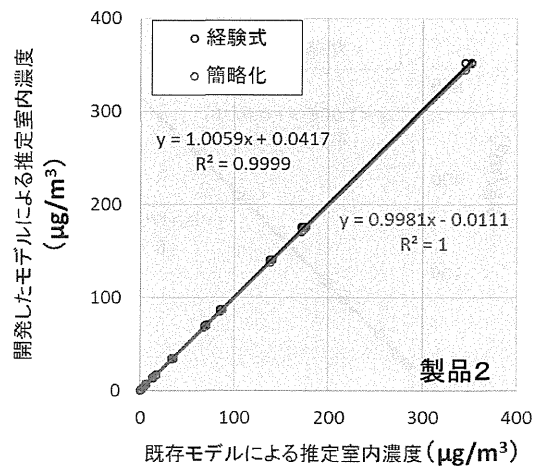
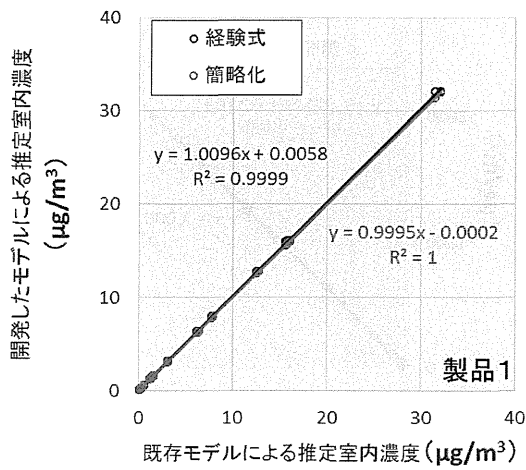


図 4 計算条件が異なる場合の 120 秒後の粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の室内濃度推定結果の比較



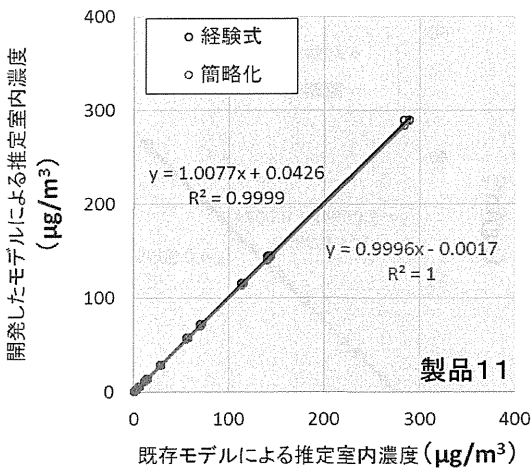
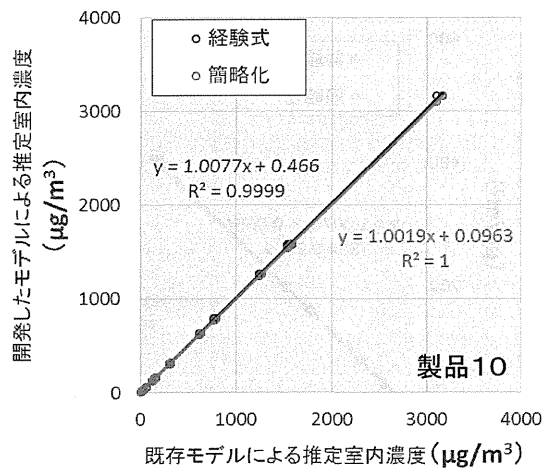
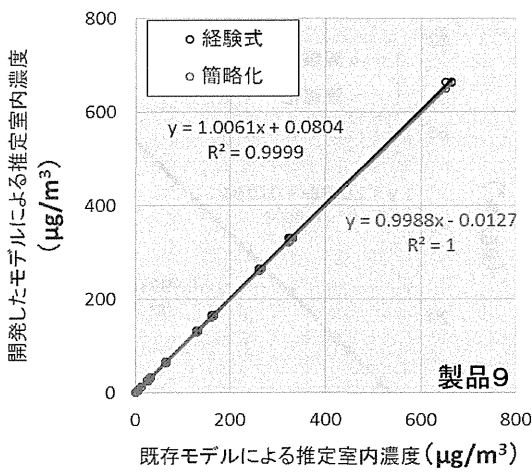
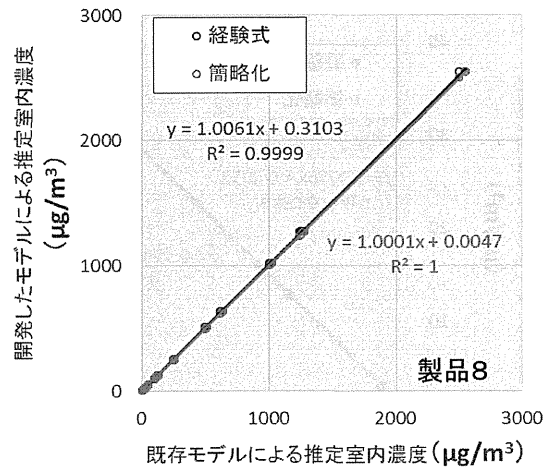
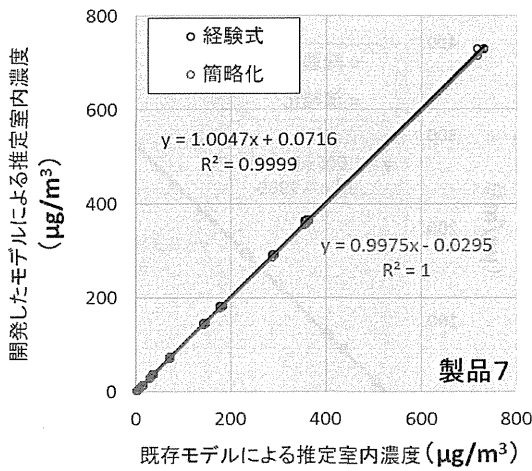


図 4 計算条件が異なる場合の 120 秒後の粒子径 10 μm 以下の室内濃度推定結果の比較 (つづき)

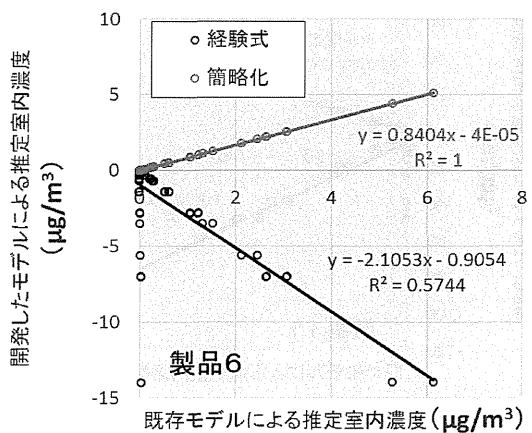
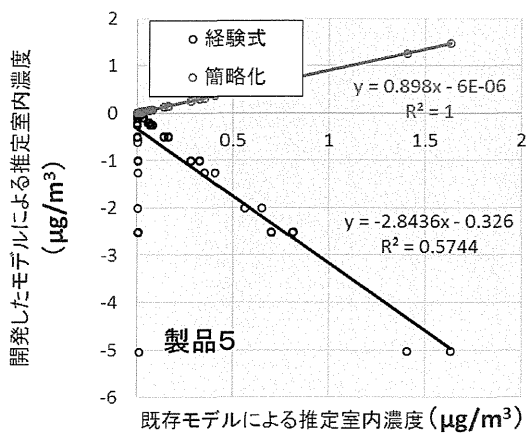
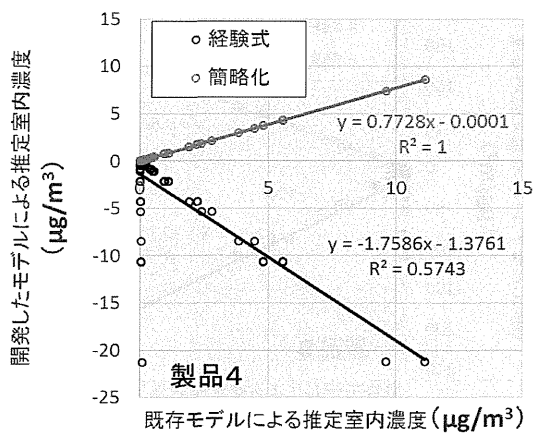
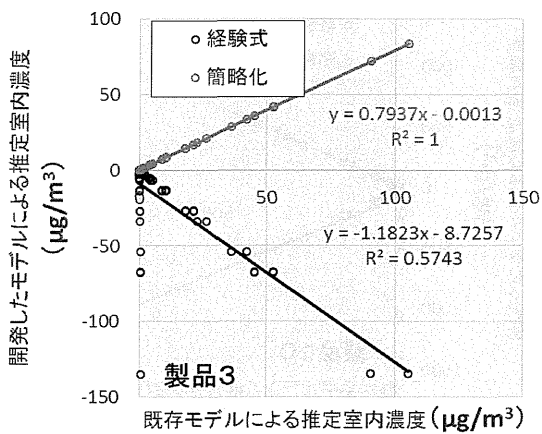
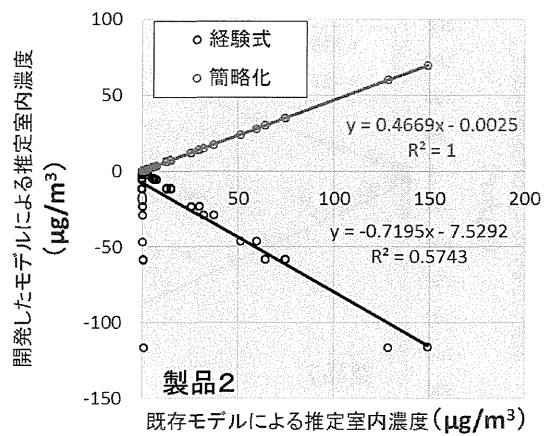
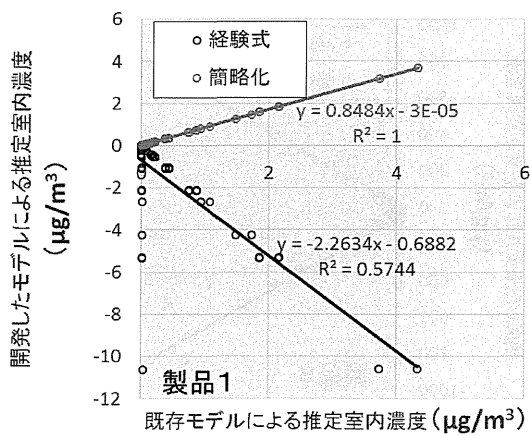


図 5 計算条件が異なる場合の 1800 秒後の粒子径  $10 \mu\text{m}$  以下の室内濃度推定結果の比較

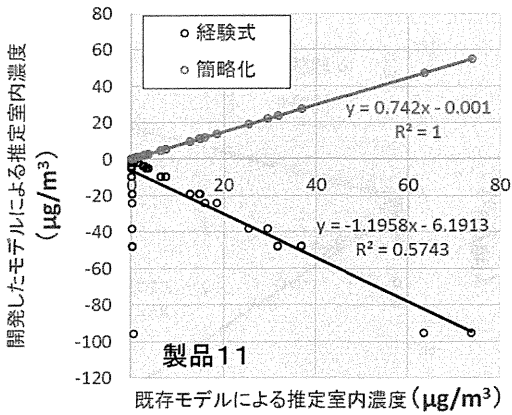
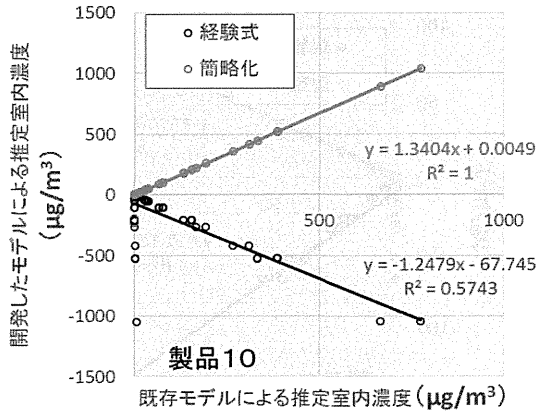
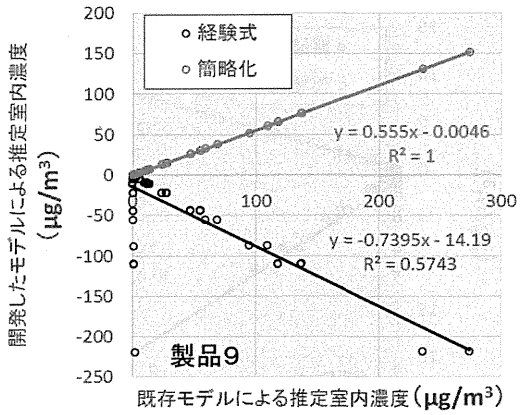
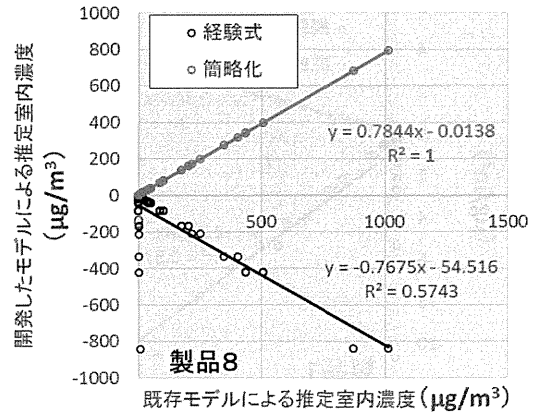
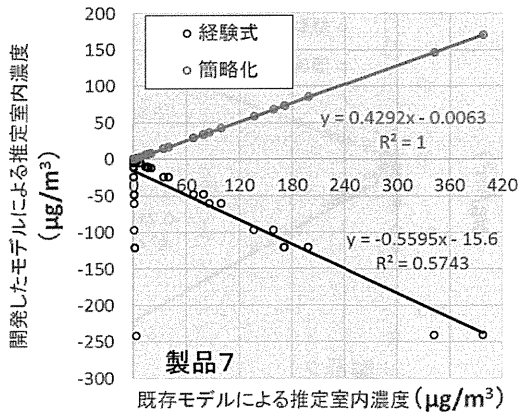


図 5 計算条件が異なる場合の 1800 秒後の粒子径 10  $\mu\text{m}$  以下の室内濃度推定結果の比較 (つづき)

表 4 10 μm 以下の粒子存在率（スプレー缶）

種類	測定数	10 μm 以下の 粒子存在率(%)
殺虫剤	3	6.9
害虫忌避剤	10	12.3
芳香・消臭剤	14	20.1
制汗剤	3	24.8
整髪剤	3	2.6
洗剤	2	0.1
防水剤	3	0.3
衣類用撥水剤	5	8.2
静電気防止剤	2	38.1

表 5 10 μm 以下の粒子存在率（ポンプ式）

種類	測定数	10 μm 以下の 粒子存在率(%)
害虫忌避剤	5	0.7
芳香・消臭剤	5	0.5
制汗剤	1	0.2
整髪剤	1	0.1
洗剤	10	0.1

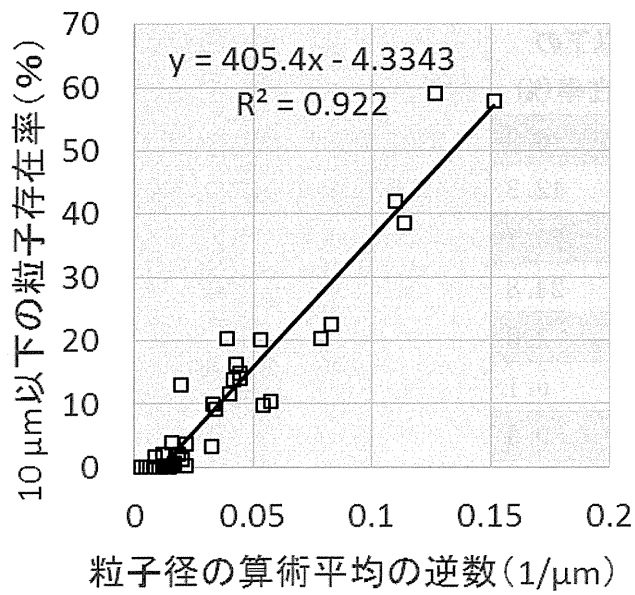


図6 粒子径の算術平均と10 μm以下の粒子存在率 (%)の比較

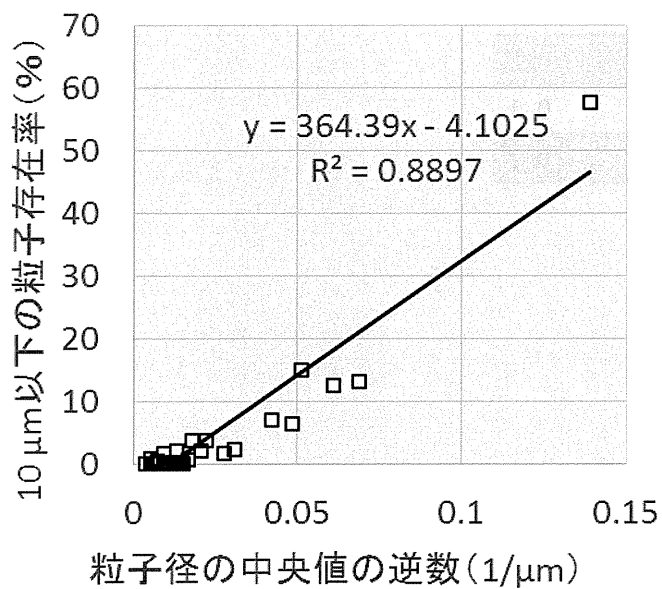


図7 粒子径の中央値と10 μm以下の粒子存在率 (%)の比較

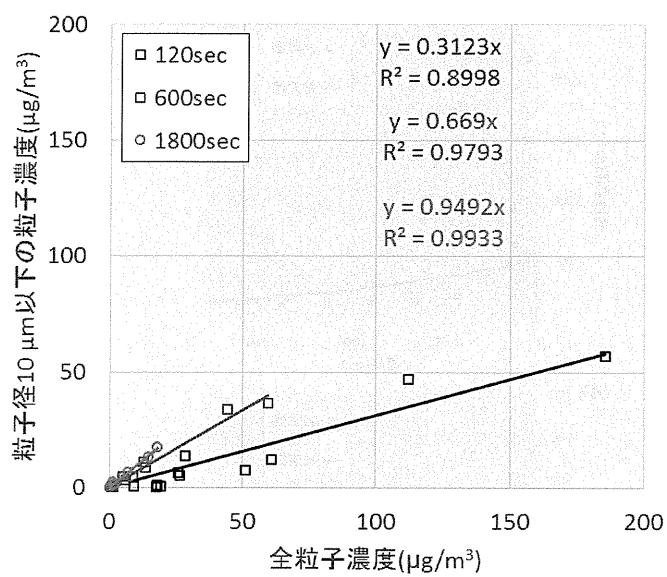
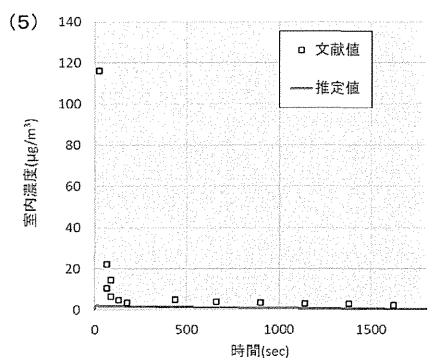
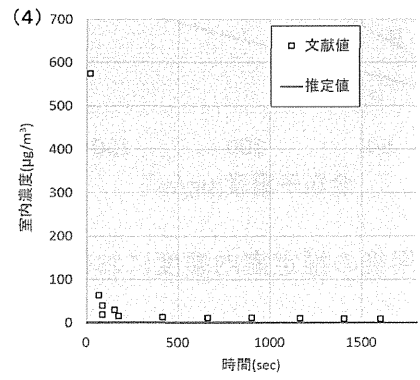
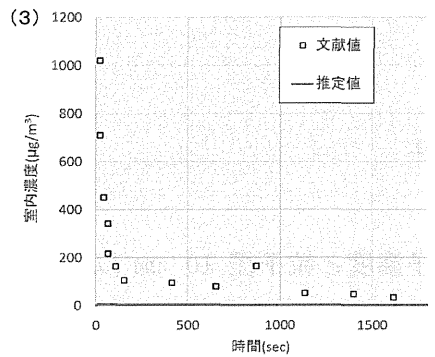
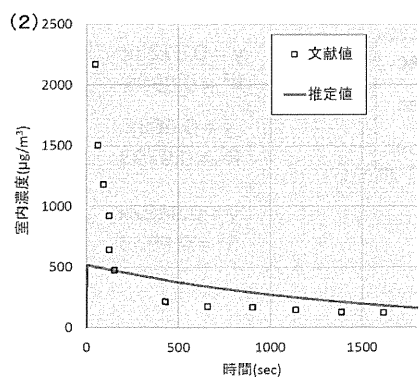
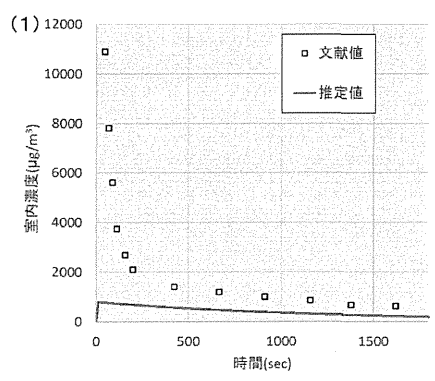
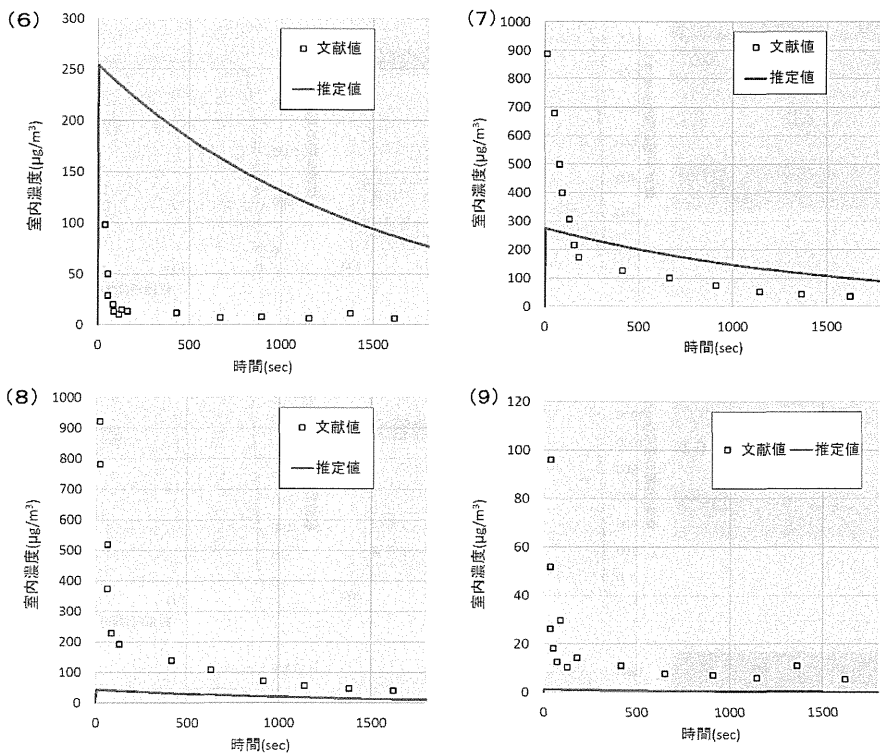


図8 スプレー使用後の推定室内濃度における全粒子濃度と粒子径 10 μm 以下の粒子濃度の関連性



項目	単位	1	2	3	4	5
噴霧時間	sec	10	5	10	6	6
噴霧速度	g/sec	0.77	0.62	1.47	1.47	1.17
非揮発性物質割合	-	0.05	0.025	0.012	0.02	0.004
化学物質含有率	%	100	100	100	100	100
気中画分	-	100	100	10	20	10
粒子径5 μm以下の存在率	%	2	6	0.4	0.4	0.4
粒子径10 μm以下の存在率	%	4	13	0.6	0.6	1.4

図9 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	%	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>
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9 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)



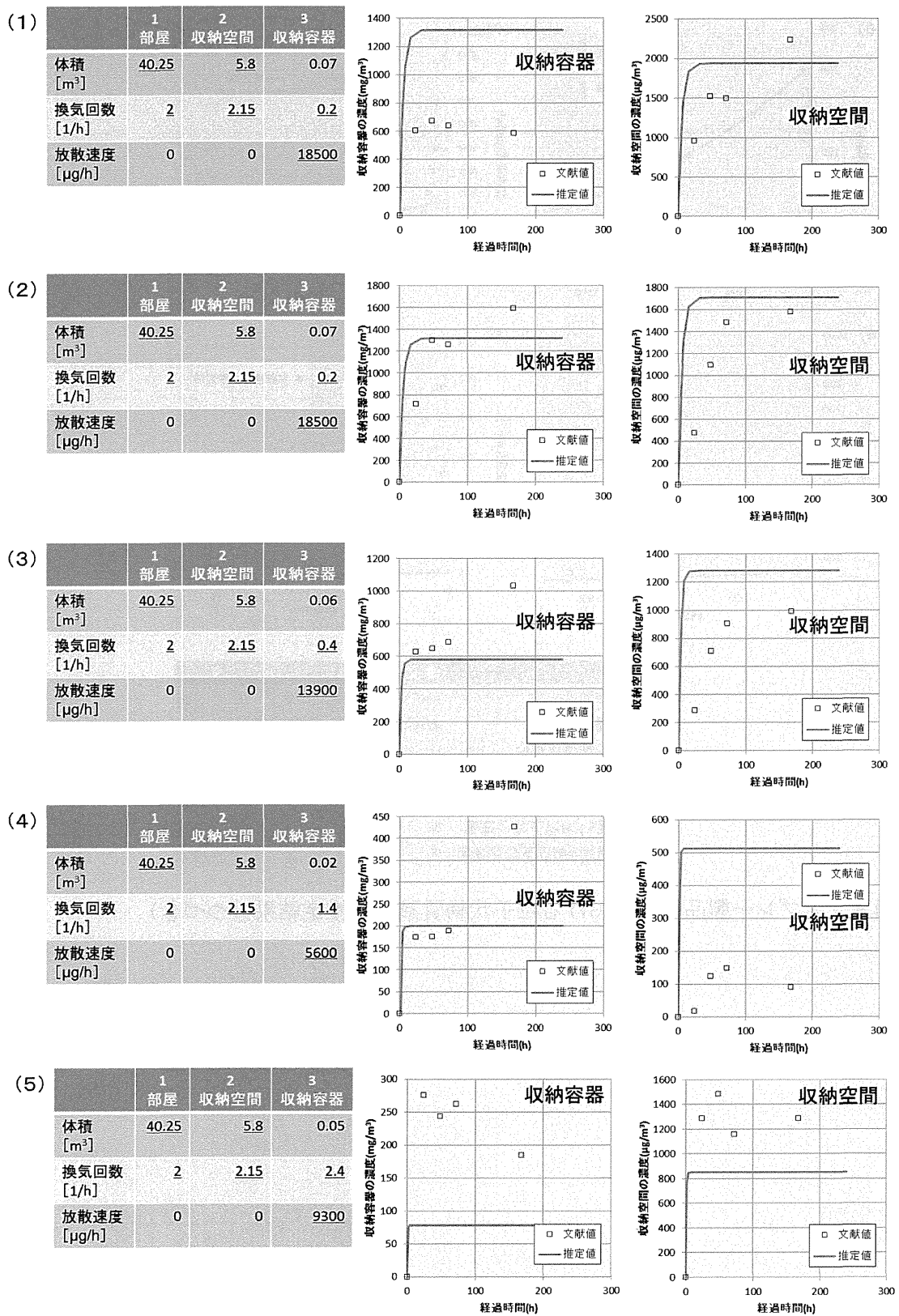
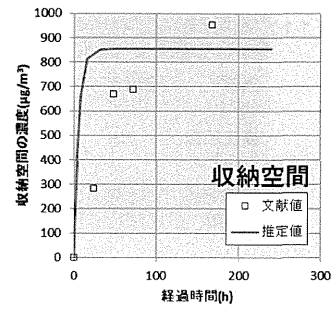
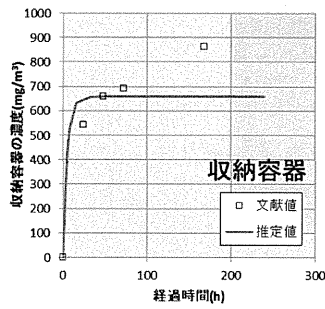


図 10 防虫剤使用におけるパラジクロロベンゼン濃度の推定結果

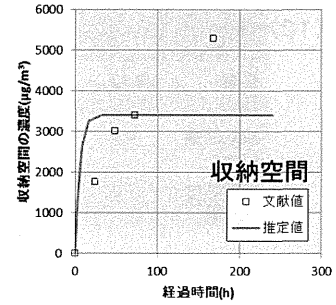
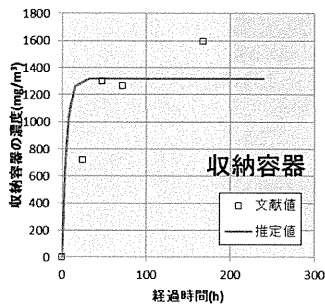
(6)

	1 部屋	2 収納空間	3 収納容器
体積 [m <sup>3</sup> ]	40.25	5.8	0.07
換気回数 [1/h]	2	2.15	0.2
放散速度 [μg/h]	0	0	9300



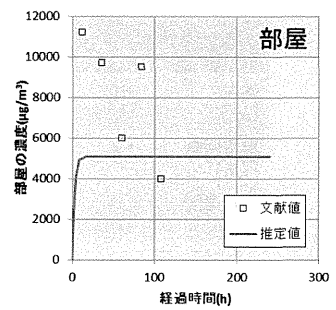
(7)

	1 部屋	2 収納空間	3 収納容器
体積 [m <sup>3</sup> ]	40.25	5.8	0.14
換気回数 [1/h]	2	2.15	0.2
放散速度 [μg/h]	0	0	37000



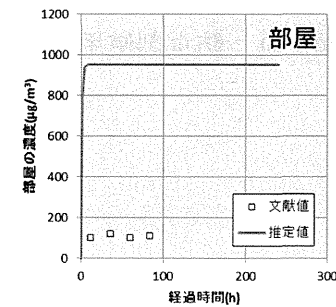
(8)

	1 部屋	2 収納空間	3 収納容器
体積 [m <sup>3</sup> ]	17.50		0.14
換気回数 [1/h]	0.5		1.4
放散速度 [μg/h]	0		44000



(9)

	1 部屋	2 収納空間	3 収納容器
体積 [m <sup>3</sup> ]	23.33		0.14
換気回数 [1/h]	2		1.4
放散速度 [μg/h]	0		44000



(10)

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

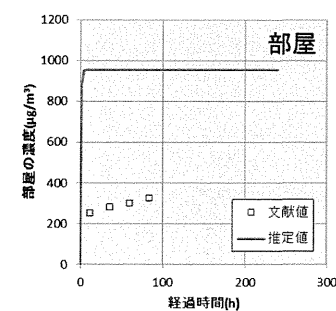
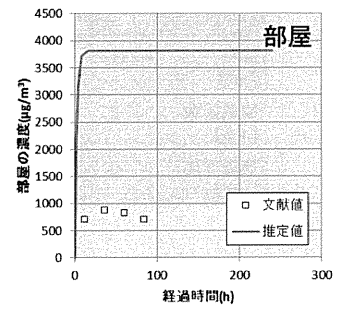


図 1 0 防虫剤使用におけるパラジクロロベンゼン濃度の推定結果 (つづき)

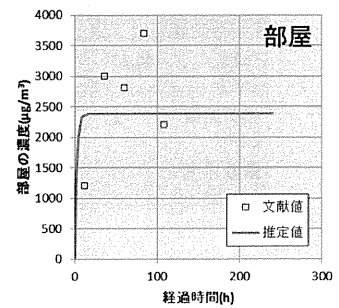
(11)

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

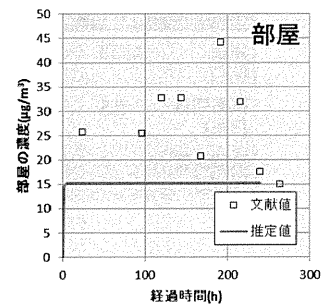
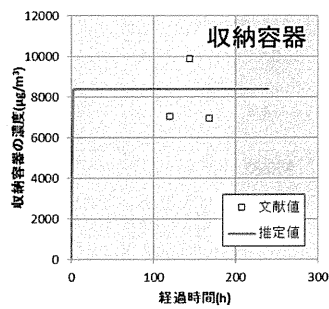


図 10 防虫剤使用におけるパラジクロロベンゼン濃度の推定結果 (つづき)

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

香料アレルゲンによる気道刺激に関する研究

研究分担者 神野 透人 名城大学 薬学部 衛生化学研究室 教授  
研究代表者 香川(田中)聡子 横浜薬科大学 薬学部 環境科学研究室 教授

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。本研究事業初年度の成果として、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結果、市販の高残香性衣料用柔軟仕上げ剤に含まれる香料成分が TRPA1 イオンチャネルを活性化することを明らかにした。そこで本年度の研究では、欧州連合の化粧品指令でアレルギー物質としてラベル表示を義務付けられた香料成分を対象として、ヒト TRPV1 及び TRPA1 の安定発現細胞株を用いて、細胞内  $Ca^{2+}$ 濃度の増加を指標として対象化合物のイオンチャネルの活性化能を評価した。その結果、香料アレルゲンとして表示義務のある香料リストのうち植物エキス等を除いて今回評価可能であった 17 物質中 8 物質が濃度依存的に TRPA1 の活性化を引き起こすことが判明した。この結果は、これら香料アレルゲンが TRPA1 の活性化を介して気道過敏の亢進を引き起こす可能性を示唆しており、シックハウス症候群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。

A. 研究目的

最近、衣類に香りを付加するという副次的な機能をもった柔軟剤が注目され、さまざまな製品が販売されている。香り

を楽しむこと自体は個人の嗜好の範疇ではあるものの、過度の香りによる健康被害が社会的な問題となりつつある。2013年9月に国民生活センターから出された