

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

気道障害性を指標とする室内環境化学物質のリスク評価手法の開発に関する研究

定量的 VOC 放散データベースの構築

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

研究要旨：

室内濃度指針値の見直し、もしくは追加検討対象となる揮発性有機化合物のリスク評価に資する情報を収集するための「定量的 VOC 放散データベース」を構築する目的で、家庭用品の放散試験を実施し、放散化学物質の単位面積 [unit; m²] 当たりの放散速度および気中濃度データを集積した。

今年度は、室内環境中において容積負荷率の高いカーテンやブラインド等のウィンドウトリートメント製品 20 検体(表裏のべ 40 検体)を対象とし、超小形チャンバーを使用した放散試験を行い、加熱脱離-ガスクロマトグラフ/質量分析計を用いて放散化学物質を定量分析した。

その結果、室内濃度指針値の新規策定が検討されている 2-Ethyl-1-hexanol が 29 検体、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate が 36 検体、2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate が 19 検体と約半数以上のサンプルから検出された。これらの 3 化合物について試験検体の気中濃度を算出した結果、木製ブラインド製品が最も高い値を示した。その他の放散化学物質としては、石油製品や溶剤等に広く使用されている Hexamethylcyclotrisiloxane, *n*-Tetradecane, *n*-Dodecane, 酸化防止剤の Dibutylhydroxytoluene 等が検出された。結論として、ウィンドウトリートメント製品は室内空気汚染の要因の一つとなることが示された。

A. 研究目的

室内濃度指針値の見直し、もしくは追加検討対象となる揮発性有機化合物 (VOC; Volatile Organic Compounds) のリスク評価に資する情報を収集するための「定量的 VOC 放散データベース」を構築する目的で、家庭用品等の放散試験を行った。

平成 29 年度は、室内環境中において容積負荷率の高いカーテンやブラインド等のウィンドウトリートメント製品 20 検体 (表裏のべ 40 検体) を対象とし、室内濃度指針値の

新規策定が検討されている 2-Ethyl-1-hexanol, 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol monoisobutyrate (TexanolTM, TMPD-MIB と略す), 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (TXIBTM, TMPD-DIB と略す)について、それらの単位面積 [unit; m²] 当たりの放散速度および気中濃度を算出した。その他の放散化学物質については GC/MS 内ライブラリーのシミラリティ検索による同定を試みた。

B. 研究方法

試験検体

本研究で放散試験に供したウィンドウトリートメント製品を表1に示す。

素材の異なるカーテン類 20 製品 (サンプル A ~ T) をインターネット市場より入手した。カーテン類の選定は、素材別に天然繊維 (5 製品; サンプル A~E), 天然繊維と化学繊維の混合品 (3 製品; サンプル F~H), 化学繊維 (9 製品; サンプル I~Q), ブラインド (3 製品; サンプル R~T) の 4 種に分類し、実際に使用する際に室内側を「表」、窓側を「裏」と定義し、表裏それぞれの計 40 検体について放散試験を実施した。

放散試験

放散試験には ISO 規格 12219-3 (Interior air of road vehicles; 車室内の VOC 濃度評価に関する実験法) および ASTM 規格 D7706 (Rapid screening of VOC emissions from products; 製品からの VOC 放散迅速スクリーニング法) に準拠する超小形チャンバー (Micro-Chamber/Thermal Extractor μ -CTE250, Markes International 社) を使用した。検体は円切りカッター (NT カッター ec-1500P, エヌティー社) で直径約 65 mm の円形に裁断した。これら裁断した検体をステンレスチャンバー内にセットし、室温を想定した 28°C 恒温条件下で、高純度ヘリウムを約 50 mL/min の流速で通気して放散試験を実施した (図 1)。

放散試験のサンプリングには、300°C でコンディショニングした Tenax TA ステンレス捕集管 (Markes International 社 / CAMSCO 社) を用いた。サンプリング時間は原則として 30 min (積算捕集体積 1.5 L) とし、高濃度の VOC により定量に支障をきたした場合には 5 min (積算捕集体積 0.25 L) とした。VOC は加熱脱離-ガスクロマトグラフ/質量分析計 (TD-GC/MS) を用いて分析を行った。

標準物質には SUPELCO 社製 H48 Component Indoor Air Standard および 2-Ethyl-1-hexanol

(98% 和光特級, 和光純薬工業), 3-Hydroxy-2,2,4-trimethylpentyl isobutyrate (東京化成工業), 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate (> 97.0%, 東京化成工業) を、内部標準には和光純薬工業社製 Toluene- d_8 使用した。標準溶液の調製には Methanol 5000 (残留農薬・PCB 試験用, 和光純薬工業) を用いた。

分析方法

TD-GC/MS による VOC の分析には TD-20 及び GCMS-QP2010 Ultra (島津製作所製) を使用した。主要な測定条件を以下に記した。

2-Ethyl-1-hexanol, TMPD-MIB, TMPD-DIB に関しては SCAN および SIM モードを高速にスイッチする FASST (Fast Automated Scan / SIM Type) モードで測定し、Toluene- d_8 を用いた内部標準法によって定量した。検量線の範囲は 0.5-100 ng とし、範囲を超過した場合は外挿値として算出した。GC/MS 分析で得られた標準物質のクロマトグラムを図 2 に示す。また、Scan 測定により検出したピークについて GC/MS (GCMSsolution) 内ライブラリーのシミラリティ検索 [NIST11.lib および FFNSC 1.2.lib] を用いて化合物を同定した。

[加熱脱離]

Desorption: 280°C, 8 min, 50 mL He/min

Cold Trap: -20°C

Trap Desorption: 280°C, 5 min

Line and Valve Temperature: 250°C

[GC]

Column: Rtx-1 (0.32 mm i.d. x 60 m, 1 μ m)

Carrier Gas: He, 40 cm/sec

Split Ratio: 1 : 20

Oven Temperature:

40°C-(5°C/min)-280°C (4 min)

[MS]

Interface Temperature: 250°C

Ion Source Temperature: 200°C

Scan Range: 35-450 m/z

Scan Rate: 10 Hz

放散速度および気中濃度の算出・計算方法

TD-GCMS の定量結果より、ウィンドウトリートメント製品 1 m² 当たりの放散速度 [μg/unit/h] を算出した。また、製品を実際に使用した際に室内空気がどの程度汚染されるかを評価するために気中濃度 [μg/m³] を算出した。室内環境モデル条件として、約 6 畳一間分の容積 20 m³、換気回数 0.5 回/h、温度は 28℃でモデル室内の窓面積 4 m² にカーテンおよびブラインドが張られている状態を想定した。

計算式

次式により検体から単位面積 [m²/unit] 当たりの各測定対象物質の放散速度を算出した。

放散速度 [m²/unit] = (検出濃度 [ng] / 1,000) x (10,000 / 面積 [24.617 cm²]) x (60 / 放散時間 [min])

次式により室内気中濃度 [μg/m³] を算出した。

気中濃度 [μg/m³] = (放散速度 [m²/unit] x 窓面積 [4 m²]) / (換気回数 [0.5 回/h] x 容積 [20 m³])

C. 研究結果および考察

ウィンドウトリートメント製品を対象とした放散試験を実施し、TD-GC/MS を用いて放散化学物質を分析した。GC/MS 分析で得られた試験検体の定量データをもとに、試験検体の単位面積 [unit; m²] 当たりの 2-Ethyl-1-hexanol, TMPD-MIB および TMPD-DIB の放散速度 [μg/m²/h] を算出し、気中濃度を算出した(表 2)。

20 サンプル (各表裏) の 40 検体について放散試験に供した結果、2-Ethyl-1-hexanol が 29 検体、TMPD-MIB が 36 検体、TMPD-DIB が 19 検体と約半数以上のサンプルから検出された。気中濃度の最大値は木製ブラインドの 2-Ethyl-1-

hexanol が 14.74 μg/m³、TMPD-MIB が 10.03 μg/m³、TMPD-DIB が 9.12 μg/m³であった (サンプル T の表)。

各製品の表裏の放散量を比較したところ、ほとんどの製品で差異は認められなかったが、化学繊維カーテン (サンプル L) では TMPD-MIB に関して表裏で 2 倍近くの濃度差が認められた。この製品は遮熱・防音効果を高めるため裏面にアクリル樹脂コーティングを施してあった。アクリル樹脂コーティング剤には Toluene, Xylene, Butanol, Butyl Acetate, Mineral Spirits (石油系炭化水素混合物) 等の多種の溶剤が使われているため、その影響が考えられた。

厚生労働省では 13 種類の VOC の室内濃度指針値に加えて、総揮発性有機化合物 (TVOC) の暫定目標値を 400 μg/m³ と設定している。放散試験で最も高濃度で検出された木製ブラインド (サンプル T) については、2-Ethyl-1-hexanol, TMPD-MIB, TMPD-DIB の 3 化合物の気中濃度を表裏合算すると暫定目標値の 1/10 を超過することから、ウィンドウトリートメント製品が室内空気汚染の一因になっていることが明らかになった。また、気中濃度を表裏合算して一製品当たりとし、素材の分類毎に平均値を比較した結果、3 化合物全てにおいてブラインド製品が高い値を示した (表 3)。これらの結果から、ウィンドウトリートメント製品の中でも特にブラインド製品が室内空気の汚染源となる可能性が示唆された。

各検体から放散された総揮発性有機化合物 (TVOC) の構成成分について、シミラリティ検索による同定を行った。ピークエリアの大きい順に検索を行い、上位 5 位のピークまでを同定した (フラグメントイオンの生成パターンから Unknown とされたピークについては除外した)。その結果、表 4 に示すように、石油製品や溶剤等に使われている Hexamethylcyclotrisiloxane, *n*-Tetradecane, *n*-Dodecane, 酸化防止剤の

Dibutylhydroxytoluene 等が検出された。

D. まとめ

室内濃度指針値の見直し、もしくは追加対象となる揮発性有機化合物のリスク評価に資する情報を収集するための「定量的 VOC 放散データベース」を構築する目的で、家庭用品等の放散試験を実施し、放散化学物質の同定およびその放散速度等の分析データを集積した。

室内環境中において容積負荷率の高いカーテンやブラインド等のウィンドウトリートメント製品を入手して放散試験を実施し VOC の同定を試みたところ、2-Ethyl-1-hexanol, TMPD-MIB, TMPD-DIB が高頻度で検出された。更にそれらの気中濃度を算出した結果、ブラインド製品の放散量が高いことが明らかになった。

これまでの2年間における家庭用品等の放散試験によって集積された分析データをもとに、Web ブラウザで検索できる「定量的 VOC 放散データベース」の構築を試みる。具体的には、室内空気環境汚染化学物質調査等において分析対象とされる VOC 約 50 化合物について個別定量値及び TVOC 定量値、放散速度等をデータベースにアップロードする。試験に供した検体は、家庭用品、放散試験システム、ハザード情報等の項目毎にカテゴリ化することで、簡易なキーワード検索を可能にする。取得データについては、登録されたモデル容積等のマクロ条件を呼び出すことで、放散速度から気中濃度を自動的に算出するようにプログラムし、外部データベースにリンクすることで放散化学物質の包括的なリスク評価に資する情報を入手できるように設計する。

本データベースを構築・提供することにより、科学的エビデンスに基づく家庭用品等の選択・居住環境改善等、能動的なシックハウス対策が可能になり、室内環境衛生に係る厚

生労働行政の推進、安心、安全な国民生活の維持に貢献出来るものと考えられる。

(参考文献)

- ・室内濃度指針値一覧 国立医薬品食品衛生研究所
(<http://www.nihs.go.jp/mhlw/chemical/situationai/hyou.html>)
- ・建築基準法に基づくシックハウス対策について 国土交通省
(http://www.mlit.go.jp/jutakuken-tiku/build/jutakuken-tiku_house_tk_000043.html)
- ・建築に使われる化学物質辞典 CHEMICAL DICTIONARY FOR ARCHITECTURE 著者：東賢一，池田耕一，久留飛克明，中川雅至，長谷川あすみ，森有紀子，山田裕巳 発行人：山下武秀 発行所：株式会社 風土社
- ・The PubChem Project (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>)
- ・ウィンドウトリートメント 編集：社会法人 日本インテリアファブリックス協会 調査・人材育成委員会 発行：社会法人 日本インテリアファブリックス協会
- ・IS 使い方シリーズ シックハウス対策に役立つ小型チャンバー法解説 (JIS A 1901) 監修 村上周三，編集委員長：田辺新一，発行者：板倉省吾 発行所 日本規格協会 製本：株式会社宝文社 2003 年 4 月 21 日発行
- ・東京都福祉保健局 シックハウス FAQ (http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/kankyo/kankyo_eisei/jukankyo/indoor/sickhouse_faq/index.html)
- ・化学物質過敏症支援センター 北里研究所病院臨床環境医学センターの坂部貢先生による化学物質過敏症の原因 (<http://www.cssc.jp/cs.html>)

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

1. 田原麻衣子, 杉本直樹, 香川 (田中) 聡子, 酒井信夫, 五十嵐良明, 神野透人: ホルムアルデヒドおよびアセトアルデヒドの定量分析における qNMR を用いたトレーサビリティの確保, 薬学雑誌, in press, 2018.
2. 酒井信夫. 室内空気汚染物質の指針値と測定法, ぶんせき, 2018, 28-29.

2. 学会発表

1. 田原麻衣子, 神野透人, 香川 (田中) 聡子, 酒井信夫, 五十嵐良明 “qNMR によるアルデヒド類のトレーサビリティの確保” 日本薬学会第 137 年会, 仙台, 2017 年 3 月
2. 秋月真梨子, 田原麻衣子, 遠山友紀, 青木明, 岡本誉士典, 植田康次, 榎本孝紀, 埴岡伸光, 五十嵐良明, 香川 (田中) 聡子, 酒井信夫, 神野透人 “間欠サンプリング法による室内空气中総揮発性有機化合物測定法の開発” 日本薬学会第 137 年会, 仙台, 2017 年 3 月
3. 田原麻衣子, 神野透人, 香川 (田中) 聡子, 酒井信夫, 五十嵐良明 “アルデヒド類の市販試薬における異性体の値付け” 環境科学会 2017 年会, 北九州, 2017 年 9 月
4. 酒井信夫, 田原麻衣子, 遠山友紀, 五十嵐良明, 奥田晴宏, 千葉真弘, 佐々木陽, 佐藤由紀, 竹熊美貴子, 横山結子, 高梨嘉光, 斎藤育江, 上村仁, 田中礼子, 今井美紗子, 高田博司, 小林浩, 鈴木光彰, 青木梨絵, 小林博美, 中嶋智子, 吉田俊明, 古市裕子, 八木正博, 新井清, 荒尾真砂, 中島亜矢子, 田崎盛也 “平成 28 年度 室内空気環境汚染に関する全国実態調査” 第 54 回全国衛生化学技術協議会年会, 奈良, 2017 年 11 月
5. 酒井信夫 “室内空気の規制に関する最新情

報” 第 54 回全国衛生化学技術協議会年会, 奈良, 2017 年 11 月

6. 田原麻衣子, 遠山友紀, 酒井信夫, 五十嵐良明 “カーテン類から放散される揮発性有機化合物に関する研究” 第 54 回全国衛生化学技術協議会年会, 奈良, 2017 年 11 月
7. 田原麻衣子, 酒井信夫, 千葉真弘, 大泉詩織, 斎藤育江, 大貫文, 香川 (田中) 聡子, 神野透人, 五十嵐良明, 奥田晴宏 “室内濃度指針値新規策定化合物の標準試験法の開発—加熱脱離捕集剤の検討—” 平成 29 年室内環境学会学術大会, 佐賀, 2017 年 12 月
8. 大貫文, 菱木麻佑, 千葉真弘, 大泉詩織, 香川 (田中) 聡子, 上村仁, 神野透人, 田原麻衣子, 酒井信夫, 斎藤育江, 小西浩之, 守安貴子 “溶媒抽出法を用いた TVOC 測定法の検討” 平成 29 年室内環境学会学術大会, 佐賀, 2017 年 12 月
9. 千葉真弘, 大泉詩織, 大貫文, 斎藤育江, 神野透人, 香川 (田中) 聡子, 上村仁, 田原麻衣子, 酒井信夫 “室内空気中における未規制揮発性有機化合物分析法の検討” 化学系学協会北海道支部 2018 年冬季研究発表会, 札幌, 2018 年 1 月
10. 田原麻衣子, 酒井信夫, 斎藤育江, 大貫文, 香川 (田中) 聡子, 神野透人, 五十嵐良明 “フタル酸エステル類の室内濃度指針値の改定案と測定方法の開発” 日本薬学会第 138 年会, 金沢, 2018 年 3 月

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

表 1 放散試験に供したウィンドウトリートメント製品

サンプル	分類	主な素材
A		リネン (亜麻) 100%
B		綿 85%, 麻15%
C	天然繊維	リネン (亜麻) 50%, ラミー (苧麻) 50%
D		綿 100%
E		綿 100%
F		ポリエステル 70%, 綿 30%
G	天然+化学	ポリエステル 65%, 綿 35%
H		ポリエステル 60%, 麻 40%
I		エチレン酢酸ビニル共重合体・ポリエチレン
J		4層アクリル樹脂コーティング
K		ポリエステル 100%
L		ポリエステル 100% (裏面=アクリル樹脂コーティング)
M	化学繊維	ポリエステル 100%
N		ポリエステル 100%
O		ポリエステル 100%
P		ポリエステル 100%
Q		タテ:アクリル系100%, ヨコ:アクリル系100%
R		布地:不織布 (ポリエステル)
S	ブラインド	アルミ
T		木製

表2 ウィンドウトリートメント製品より放散される化学物質の放散速度および気中濃度

分類	サンプル	2-Ethyl-1-hexanol		TMPD-MIB		TMPD-DIB		
		放散速度 [mg/unit/h]	気中濃度 [mg/m ³]	放散速度 [mg/unit/h]	気中濃度 [mg/m ³]	放散速度 [mg/unit/h]	気中濃度 [mg/m ³]	
天然繊維	A	表	1.54	0.62	ND	-	ND	-
		裏	2.76	1.10	1.48	0.59	ND	-
	B	表	1.59	0.63	1.75	0.70	ND	-
		裏	1.57	0.63	1.28	0.51	1.63	0.65
	C	表	2.55	1.02	2.79	1.12	1.14	0.46
		裏	2.79	1.12	2.62	1.05	1.11	0.45
	D	表	1.70	0.68	4.28	1.71	0.93	0.37
		裏	1.82	0.73	5.54	2.22	0.98	0.39
	E	表	2.06	0.83	2.55	1.02	2.43	0.97
		裏	2.58	1.03	3.58	1.43	2.56	1.02
天然+化学	F	表	2.55	1.02	ND	-	ND	-
		裏	2.50	1.00	ND	-	ND	-
	G	表	2.19	0.88	3.77	1.51	ND	-
		裏	1.61	0.64	5.07	2.03	ND	-
	H	表	0.95	0.38	4.09	1.64	1.11	0.44
		裏	ND	-	3.50	1.40	1.08	0.43
	I	表	28.57	11.43	4.07	1.63	ND	-
		裏	12.61	5.04	2.63	1.05	ND	-
J	表	7.13	2.85	0.85	0.34	ND	-	
	裏	6.33	2.53	1.23	0.49	ND	-	
K	表	ND	-	ND	-	ND	-	
	裏	ND	-	0.83	0.33	ND	-	
L	表	5.24	2.10	6.76	2.71	ND	-	
	裏	7.37	2.95	13.18	5.27	ND	-	
化学繊維	M	表	1.15	0.46	2.33	0.93	0.97	0.39
		裏	0.89	0.36	1.54	0.61	0.93	0.37
	N	表	ND	-	4.15	1.66	ND	-
		裏	ND	-	5.10	2.04	ND	-
	O	表	ND	-	1.61	0.64	ND	-
		裏	ND	-	1.71	0.69	ND	-
	P	表	13.13	5.25	1.05	0.42	2.25	0.90
		裏	3.98	1.59	2.24	0.90	2.04	0.82
	Q	表	ND	-	5.12	2.05	ND	-
		裏	ND	-	5.47	2.19	ND	-
R	表	8.86	3.54	6.59	2.64	1.05	0.42	
	裏	9.52	3.81	6.91	2.76	1.07	0.43	
プラインド	S	表	ND	-	3.15	1.26	1.89	0.75
		裏	ND	-	3.12	1.25	1.84	0.74
	T	表	36.86	14.74	25.07	10.03	22.80	9.12
		裏	25.54	10.22	20.33	8.13	22.76	9.10

NDは< LOQ (0.81µg mg/unit/h)

表3 ウィンドウトリートメント製品の素材の分類毎の気中濃度の比較

分類	n	気中濃度の平均値 [mg/m ³]		
		2-Ethyl-1-hexanol	TMPD-MIB	TMPD-DIB
天然繊維	5	1.68	2.07	0.86
天然+化学	3	1.31	2.19	0.29
化学繊維	9	3.84	2.66	0.28
ブラインド	3	10.77	8.69	6.85

表 4 TVOC 構成成分の上位 5 化合物 (シミラリテイ検索による定性分析)

分類	サンプル	1	2	3	4	5	
天然繊維	A 表裏	Hexamethylcyclotrisiloxane Tetradecane	Tetradecane Octanal	Dodecane Dodecane	Octanal Benzaldehyde	Octamethylcyclotetrasiloxane Phenol	
	B 表裏	Dodecane Dodecane	Hexamethylcyclotrisiloxane Tetradecane	Dodecane Tetradecane	Hexamethylcyclotrisiloxane 2-Butyl-1-decene	7-Methylenetrildecane	
	C 表裏	Tetradecane Tetradecane	Dodecane Dodecane	Hexamethylcyclotrisiloxane 9-Methylheptadecane 9-Methylheptadecane	Hexamethylcyclotrisiloxane 2-Butyl-1-decene		
	D 表裏	Benzaldehyde Propylene Glycol	Benzene Hexamethylcyclotrisiloxane	1,3-Dichlorobenzene Dimethylsilanediol	Heptyl dichloroacetate Benzoic acid	Hexamethylcyclotrisiloxane	
	E 表裏	1,3-Dioxolane 1,3-Dioxolane	Benzaldehyde Benzaldehyde	1,3,5,7-Tetroxane Benzoic acid	Hexamethylcyclotrisiloxane Benzoic acid	Hexamethylcyclotrisiloxane	
	F 表裏	Tetradecane Tetradecane	Hexadecane 1-Bromotetracosane	5-Methyltetradecane 10-Methylicosane	Benzaldehyde Hexamethylcyclotrisiloxane	Butylated hydroxytoluene 1-Butanol	
	G 表裏	Tetradecane Tetradecane	Dodecane Hexamethylcyclotrisiloxane	2,4-Bis(1,1-dimethylethyl)phenol Decamethylcyclopentasiloxane	Hexamethylcyclotrisiloxane Dodecane		
	H 表裏	Tetradecane Tetradecane	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane			
	天然 + 化学	I 表裏	2,2-Dimethyldecane 2,2-Dimethyldecane	Dodecane Dodecane	2,5-Dimethylundecane 2,5-Dimethylundecane	Undecane Undecane	3,6-Dimethylundecane 2,5-Dimethylundecane
		J 表裏	Dodecane Dodecane	1-Butanol 1-Butanol	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane	2,6,11-Trimethylundecane Tetradecane	Tetradecane 2,6,11-Trimethylundecane
		K 表裏	Tetradecane Tetradecane	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane	Hexamethylcyclotrisiloxane (3-Methyl-oxiran-2-yl)-methanol 1,4-Dichlorobenzene	Tetradecane Hexadecane Hexadecane	
		L 表裏	Tetradecane 4-Methylundecane	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane	5-Ethyl-2,2,3-trimethylheptane 5-Ethyl-2,2,3-trimethylheptane	3-Methyl-5-propylnonane 3-Methyl-5-propylnonane	2,2-Dimethyldecane 2,2-Dimethyldecane
		M 表裏	5-Butylnonane Hexamethylcyclotrisiloxane	2,5-Dimethylundecane Tetradecane	2,5-Dimethylundecane Tetradecane	Octamethylcyclotetrasiloxane Butylated hydroxytoluene	
		N 表裏	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane	Tetradecane Tetradecane	Butylated hydroxytoluene Butylated hydroxytoluene	Octamethylcyclotetrasiloxane Hexamethylcyclotetrasiloxane	
		O 表裏	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane	1,3-Butanediol 1,3-Butanediol	Dimethylsilanediol Dimethylsilanediol	Octamethylcyclotetrasiloxane Octamethylcyclotetrasiloxane	
P 表裏		5-(2-Methylpropyl)nonane 5-Butylnonane	6-Methyltridecane 6-Methyltridecane	3,6-Dimethylundecane 2,5-Dimethylundecane	2,2,6-Trimethyldecane Hexamethylcyclotrisiloxane	6-Methyltridecane 5-Ethyl-2,2,3-trimethylheptane	
Q 表裏		Tetradecane Tetradecane	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane	Butylated hydroxytoluene Butylated hydroxytoluene	Hexamethylcyclotrisiloxane Butylated hydroxytoluene		
R 表裏		Butylated hydroxytoluene Butylated hydroxytoluene	Toluene Toluene	1,6-Dioxacyclododecane-7,12-dione Tetradecane	Dodecane 1,6-Dioxacyclododecane-7,12-dione	Tetradecane Dodecane	
ブランド		S 表裏	Hexamethylcyclotrisiloxane Hexamethylcyclotrisiloxane	Toluene Toluene			
		T 表裏	Butyl acetate Butyl acetate	Acetic acid Acetic acid	o-Xylene o-Xylene	1-Butanol 1-Butanol	Hexanal Hexanal

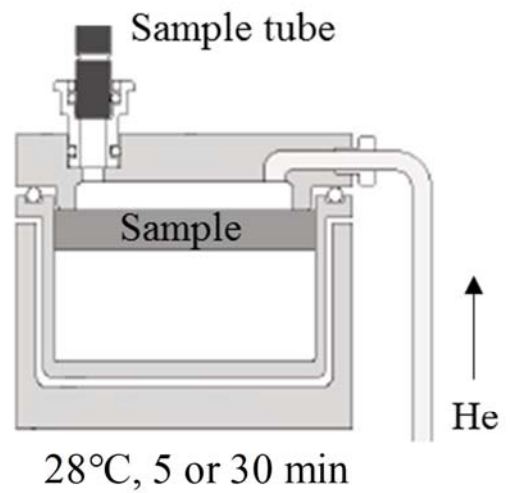
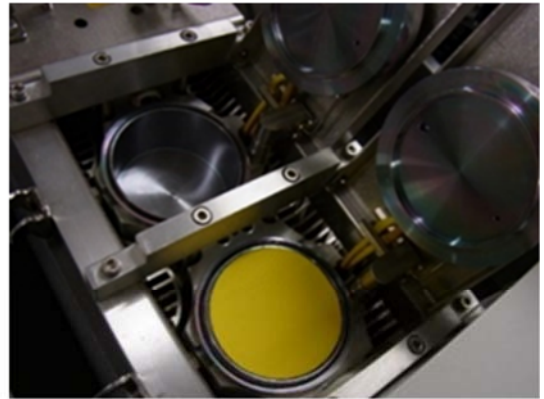
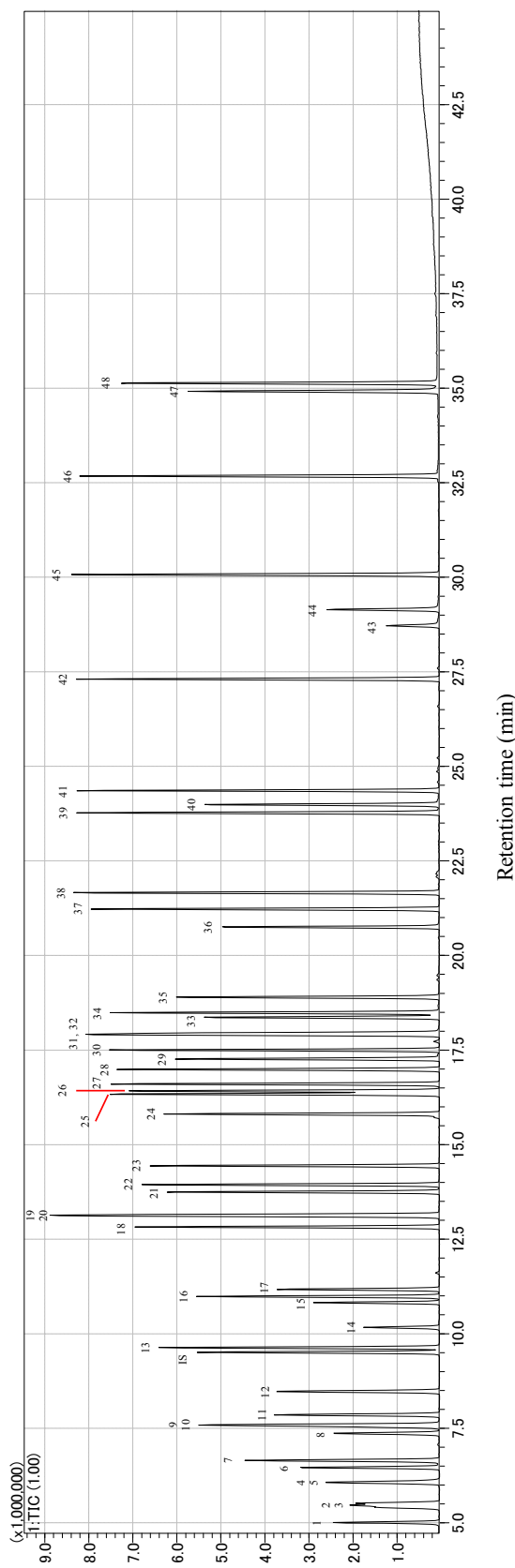


図1 超小形チャンバーμ-CTE250の装置概略図

左; 全体図, 右上; チャンバー内試料設置時
右下; チャンバーの仕様



1; 2-Butanone, 2; Hexane, 3; Chloroform, 4; 1,2-Dichloroethane, 5; 2,4-Dimethylpentane, 6; n-Butanol, 7; Benzene, 8; 1,2-Dichloropropane, 9; Bromodichloromethane, 10; Trichloroethylene, 11; n-Heptane, 12; 4-Methyl-2-Pentanone, 13; Toluene, 14; Dibromochloromethane, 15; n-Butyl acetate, 16; n-Octane, 17; Tetrahydrofuran, 18; Ethylbenzene, 19; m-Xylene, 20; p-Xylene, 21; Styrene, 22; o-Xylene, 23; n-Nonane, 24; (1S)-(-)-Alpha-Pinene, 25; 3-Ethyltoluene, 26; 4-Ethyltoluene, 27; 1,3,5-Trimethylbenzene, 28; 2-Ethyltoluene, 29; (1S)-(-)-Beta-Pinene, 30; 1,2,4-Trimethylbenzene, 31; n-Decane, 32; 1,4-Dichlorobenzene, 33; 2-Ethyl-1-hexanol, 34; 1,2,3-Trimethylbenzene, 35; R-(+)-Limonene, 36; Nonanal, 37; n-Undecane, 38; 1,2,4,5-Tetramethylbenzene, 39; Naphthalene, 40; Decanal, 41; n-Dodecane, 42; n-Tridecane, 43; TMPD-MIB-1, 44; TMPD-MIB-2, 45; n-Tetradecane, 46; n-Pentadecane, 47; TMPD-DIB, 48; n-Hexadecane, 49; Toluene-d₆.

図2 揮発性有機化合物標準品 (48物質) のGC/MSクロマトグラム