

アウトガス・放散ガス評価

(株)住化分析センター

千葉事業所

野 中 辰 夫
大 川 典 子
大 橋 一 俊
竹 田 菊 男

Emission Gas Analysis

Sumika Chemical Analysis Service, Co., Ltd.
Chiba Branch

Tatsuo NONAKA
Noriko OKAWA
Kazutoshi OHASHI
Kikuo TAKEDA

The importance of outgassing analysis, which is the investigation method of the chemical contamination source, has been increasing in the industrial field and the environmental field. The dynamic headspace method, which accelerates the emission rate from sample by heating, is used for the outgassing analysis. The emission rate and the decrease rate of outgassing from material depend on the experiment temperature. In this study, the relationship between the outgassing behavior and the experimental temperature was examined. The modeling formulas of outgassing behavior were proposed using these examined results.

はじめに

各種部材や建材からのアウトガスや放散ガスと呼ばれる揮発性の化学物質の評価が、電子、建築、自動車など幅広い産業分野において注目されている。電子産業の分野においては、L. A. Fergason が1986年にシリコンウェーハ表面の有機物汚染を報告¹⁾以来、有機物を中心とした化学汚染の研究とその対策が進められ、特に半導体デバイスの分野では化学汚染対策無くして先端デバイスの製造は不可能とも言える状況となっている。電子デバイスの製造に不可欠なクリーンルームでは、空気質の清浄化を目的としたケミカルフィルタによる化学物質の除去に加えて、クリーンルームを構成する各種部材や建材の低アウトガス化も空気質の清浄化での重要な技術となっている。クリーンルームでは床材、壁材、天井材、フィルター材、塗料、接着剤、シーラントなどの構成材料に加えて、局所的な清浄空間を実現するためのミニエンバイロメントに使用されるSMIF-PodやFOUPと呼ばれる樹脂容器もクリーン化技術の発展に伴ってアウトガスの制御新たな対象となっている。

一方で、建築や自動車産業の分野ではシックハウス症候群に代表される室内空気中の化学物質による汚染が大きな社会問題となったことを受け、建築物や自動車などの構成材料からの放散ガスを低減する対応を進めている。厚生労働省室内空気汚染検討会では、室内空気質指針の適用範囲の在り方として、住居、オフィスビル、病院・医療機関、学校・教育機関、幼稚園・保育園、養護施設、高齢者ケア施設、宿泊・保養施設、体育施設、図書館、飲食店、劇場・映画館、公衆浴場、役所、地下街、車両、その他あらゆる室内空間に適用されるべき²⁾としており、その結果として、各種の建材、部材、家具、家電、AV機器、OA機器、カーエレクトロニクス機器等、幅広く室内環境を取り巻く材料や製品からの放散ガスを限なく評価しなければならない状況となりつつある。本報告では、電子デバイス製造におけるクリーン化対策技術で求められるアウトガス評価技術並びに室内環境汚染対策技術として求められる放散ガス評価技術について述べる。なお、アウトガスと放散ガスは同意語であるが、本報告ではそれぞれの技術分野での一般的な呼称を優先し、敢えてそれぞれの項に

においてことばを変えて使用することとした。本報告をお読みの方々には同意語の混在に違和感を覚えるところもあるかと思われるがご理解頂きたい。

クリーンルーム構成材料等のアウトガス分析法

クリーンルーム構成材料等のアウトガス評価の手法としては、(社)日本空気清浄協会よりJACA No.34『クリーンルーム構成材料から発生する分子状汚染物質の測定方法指針』³⁾が国内唯一の試験法として規定されている。この指針はアウトガス手法のほぼ全てを網羅する形で構成されているが、電子デバイスにおいて製品の歩留まりに影響を及ぼす化学物質は、シリコンウェーハ等の表面に吸着や凝縮する化学物質であり、そのような特性のある化学物質を高感度に検出できることがクリーンルーム構成材料等のアウトガス分析法には求められる。アウトガス手法とその特徴をTable 1に示した。クリーンルーム構成材料等のアウトガス分析法として特に有効なダイナミックヘッドスペース - スクリーニングテスト法(一般には加熱加速試験法と呼ばれる)について詳細を説明する。

Table 1 Comparison of emission analysis methods

Methods	Characteristic
Screening method	Excellent in fixed quantity, reproducibility, and analysis efficiency. It is necessary to make the shape of a sample according to the chamber shape.
Products test method	There is little restriction of sample size. (Large chamber method) Inferior in fixed quantity, reproducibility, and analysis efficiency as compared with the screening method.
Surface emission method	Suitable for evaluation of surface treatment material. It is necessary to make the shape of a sample according to the cell shape.
Surface adsorption method	It is possible to choose and evaluate the compounds which adsorb onto a substrate. It is necessary to take heed to the determination of exposure conditions.
Onsite method	Effective in emission source investigation of the site. In order to receive restriction of emission conditions at the site, there is a problem of sensitivity.
Static headspace method	Suitable for evaluation of low boiling point compounds. Inferior to the above emission test method about the sensitivity of high boiling point compounds.

1. **ダイナミックヘッドスペース - スクリーニングテスト法**
ダイナミックヘッドスペース(DHS)法とは、試験体を容器(チャンバー)に設置し、キャリアガス(不活性ガスまたは空気)を連続的に通気させ、流出

キャリアガス中に含まれるアウトガスを吸着剤または吸収液などにより捕集する方法である。また、スクリーニングテストとは、試験体を加熱しながらDHS法でアウトガスを採取する一種の加熱加速試験法となる。DHS法で採取したアウトガスは、ガスクロマトグラフィー - 質量分析(GC-MS)法やイオンクロマトグラフィー(IC)などで分析される。なお、スクリーニングテストに使用するチャンバーは、マイクロチャンバー(～0.001m³)からスモールチャンバー(0.001m³～1m³)の範囲で試料サイズに合わせて選択される。DHS法における装置構成の例をFig. 1に示す^{4), 5)}。スクリーニングテストは基本的にはバルクからのアウトガス測定が中心となるが、その応用例として試料表面からの発生ガスや密閉容器内部に発生するガス分析等種々の試料形態に対応し変化させる。

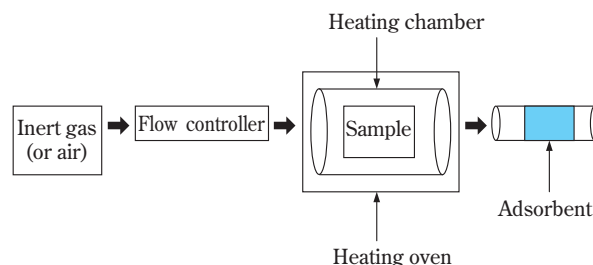


Fig. 1 Schematic diagram of dynamic headspace apparatus

室内環境汚染と放散ガス分析法

一般居住環境での空気質改善に対応した放散ガス試験の方法は、その原理的な部分においては前述のクリーンルーム構成材料のアウトガス分析法と何ら変わりはないが、クリーンルーム構成材料のアウトガス分析法のように特定の化学物質(基板表面に吸着・残留し製品歩留まりに影響する化学物質)に対して高感度に測定することを求められる方法ではなく、あくまでも居住環境条件(常温, 常湿度)において建材, 部材及び製品から放散する化学物質を一様に評価することが求められている。その点において部材スクリーニングの方法でも前述の加熱条件で実施するアウトガス法とは異なる。一般建築や家具等の部材スクリーニング法としては、JIS A 1901『建築材料の揮発性有機化合物(VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法 - 小形チャンパー法』(通称: 小形チャンパー法)という方法^{6), 7)}が2003年1月20日に制定された。この方法は、建築基準法の改訂とも相まって現在の住宅建材の選定に必須の評価となっている。また、家具や家電等の製品からの放散ガス試験法については

現段階ではJIS化されていないが、これら製品の放散ガス評価についてもJIS化へ向けた取組みが進められている⁸⁾。放散ガス評価において先行する欧州では、家具等を対象とした木質製品からの放散ガスやパソコン、複写機、プリンター等のOA機器から発生する放散ガスに対する評価法が既に定められおり、欧州へ製品を輸出するメーカーにとっては製品の低放散ガス化が新たな技術課題となっている。本項では、最も広く用いられているJIS A 1901小形チャンパー法に加え家具、家電、電気・電子機器などの製品の放散ガス試験法について欧州での測定法を交えながら説明する。

1. 建材の放散ガス分析法 - JIS A 1901 小形チャンパー法 -

小形チャンパー法も一種のダイナミックヘッドスペース法であり、前述のクリーンルーム構成材料のアウトガス試験法で言うところではエンジニアリングテストに近いイメージでの試験となる。小形チャンパー法ではチャンパー容積20L～1000Lまでの範囲



Fig. 2 JIS small chamber system (chamber volume : 20L)

Table 2 Guideline of the indoor air quality established by Ministry of Health, Labour and Welfare

		unit : $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Compounds	Established value	Compounds	Established value
Formaldehyde	100	Tetradecane	330
Toluene	260	Di-2-ethylhexyl phthalate	120
Xylene	870	Diazinon	0.29
p-Dichlorobenzene	240	Acetaldehyde	48
Ethylbenzene	3800	Fenobucarb	33
Styrene	220	Nonanal*	41
Chlorpyrifos	1	TVOC*	400
	(Child : 0.1)		
Di-n-butyl phthalate	220	*Provisional target value	

で試験法を規定しているが、20L小形チャンパーでの試験を小形チャンパー法として説明される場合が多い。Fig. 2に20L小形チャンパーでの試験設備を示す。放散ガス試験では、試料負荷率（試料表面積/チャンパー容積の比）が放散量に影響する重要な要因となるが、20L小形チャンパー試験では、壁紙や床材などの場合の試料負荷率： $2.2\text{m}^2/\text{m}^3$ （ $147\text{mm} \times 147\text{mm}$ の試料で、両面の場合は1枚、片面の場合は2枚）、接着剤の場合の試料負荷率： $0.4\text{m}^2/\text{m}^3$ （ $80\text{mm} \times 100\text{mm}$ の試料1枚）、塗料の場合の試料負荷率： $1.1\text{m}^2/\text{m}^3$ （ $147\text{mm} \times 147\text{mm}$ 片面1枚）などのように材料毎に定められている。小形チャンパー法で評価する際の環境条件としては、温度：28℃、湿度：50%RH、換気回数：0.5回/hrという日本の居住環境において推奨される標準条件にて測定することを規定し、この条件下で放散されたガスを固体吸着剤に捕集する。固体吸着剤に捕集したアルデヒド類やVOCは、GC-MSやHPLCで分析を行う。小形チャンパー法での定量値は、放散速度（ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ ）という値で示される。実際に厚生労働省指針値（Table 2）と対比して建材からの放散ガスが室内空気をどの程度汚染させるかという議論については、室内中における評価材料の施工面積、室内の換気回数、換気空気中の化学物質質量、室内での吸着等様々な要因を考慮して計算しなければならず、予測式についても様々な提案^{9), 10)}がされている。簡便な計算方法としては厳密ではないが(1)式を用いることによって建材や部材放散ガスの室内環境への影響度を算出¹¹⁾することができる。

$$C = \frac{EF \times A}{n \times V} \quad (1)$$

ここで、C：室内空気濃度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、EF：放散速度（ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ ）、A：室内の部材等の表面積（ m^2 ）、n：換気回数（times/h）及びV：室内容積（ m^3 ）を示す。

2. 製品からの放散ガス試験法 - 大形チャンパー法 -

1) 家具、電気・電子機器等からの放散ガス試験法

家具、家電、及びOA機器等の製品から放散する化学物質の測定法としては、大形チャンパー法と呼ばれる試験法が一般に用いられる。大形チャンパー法の容積は規格上最大サイズでの試験が可能なものであるため幅は広く、現在検討が進められている家具等の放散ガス試験の日本のJIS（案）では欧米の規格を総括した形で 1m^3 超～ 80m^3 の容積までを大形チャンパーとして定めている⁸⁾。一般には、数 m^3 ～ 20m^3 程度までの容積のものが大形チャンパーとして使用

されることが多い。大形チャンバーの利点は、製品をそのままに評価できる点にあり、特に家電やOA機器のように多数の部材で構成されている製品からの放散ガスを実態のままに評価できる意味合いは大きい。その一方で、容積が大きいほどチャンパー内部への吸着による回収率の低下やブランク管理の難しさの増加などの分析精度上の問題が起こりやすくなり、試験設備の維持管理及び検証がより難しくなる。当社では、20L小形チャンパーに加え、150L、1m³、2m³及び20m³の各種チャンパーを有し、様々な製品からの放散ガスに対応可能な体制を確立した。一例として20m³大形チャンパーの写真をFig. 3に示した。家具や建具などからの放散ガスは、大形チャンパー内に製品を設置した状態で評価するが、電気・電子製品の場合には、製品を稼働させることにより製品自体が発熱し放散ガスの発生量が増加するという特徴を持っていることから、放散ガス試験時にも実際に動作させながら評価する必要がある¹²⁾。この条件についても印刷機器からの放散ガス評価のJIS化及び家電、OA機器等の電気・電子機器からの放散ガス試験法のJIS化が進められ、数年後にはこれらJISによる電気・電子機器全般に対する放散ガス評価法が制定されるものと思われる。この種の評価は欧州で先行しており、家具等に加えてOA機器や複写機等からの放散ガス評価法が既に規定されている。欧州では電子機器の放散ガス試験に対してはECMA-328という規格¹³⁾が定められ、複写機やプリンターの放散ガス試験については、ドイツBAM試験法がそれぞれに定められている¹⁴⁾。特にBAM試験は、複写機やプリンターのドイツでの環境ラベル（ブルーエンジェルマーク）取得にその実施が要求されているており、実質的に欧州向けの印刷機器の輸出では放散ガス評価が必要な状況になっている。



Fig. 3 Large chamber system (chamber volume: 20m³)

2) 自動車車室内での放散ガス試験法

自動車車室内での放散ガス評価もその試みが進められている。現在の方法は、自動車そのものを環境試験室に設置して光による外部からの加熱と車室内のエアコンの稼働などの実使用条件にて車室内の環境を動作し、その状態で車室内に発生する化学物質を評価している¹⁵⁾。また、自動車車室内の部品については自動車各社にて評価法の基準を設け、部材実装前のスクリーニングを実施している。

温度とアウトガス速度の関係

アウトガスや放散ガス試験の各種規格や指針について述べたが、ここからは、実際にアウトガスや放散ガスを測定する上で重要となる温度と化学物質の放散速度の関係について検討した結果を報告する。建材や部材などから化学物質が放散される速度は温度に大きく依存する。一般に住宅等の室内環境を考えた場合には、23 前後の温度（但し、小形チャンパー法では、省エネ基準で定められた夏場温度：28 を採用している。）での放散速度が必要であり、自動車などの車室内環境を想定した場合には、定常では無いが60 ~ 70 程度までの温度上昇を考えなければならない。また、電気・電子製品などにおいては稼働時に製品自体の発熱があり、それによって放散ガスの発生量が増大する現象が起こる。加えて、クリーンルーム構成材料のアウトガス試験では、基板へ吸着し易い揮発性有機物を高感度に評価することが必要であることから試料を加熱（60 ~ 100 ）して評価することが求められている。したがって、アウトガス速度を議論する上では様々な温度におけるアウトガス速度の変化を計測し、且つ、予測することが求められる。我々は、この問題に対して装置製作を含めた測定条件の検討を行い、加熱加速試験法としてアウトガス分析におけるアウトガス速度と温度の関係並びにその推定方法を確立した。

1. アウトガス放散速度の推定

部材の温度上昇にともなって部材表面からのアウトガス放散速度は著しく増加することが知られている⁵⁾。Fig. 4にポリプロピレン（PP）、ポリカーボネート（PC）、メタクリル酸樹脂（PMMA）、及びシリコンシーラント固化物の試料片を用いて60 ~ 120 の範囲で有機物の総アウトガス放散速度を求めた結果を示す。横軸に1/T（Tは絶対温度K）をとり、縦軸にアウトガス放散速度（ $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$ ）の対数をとってプロットした結果である。この結果から明らかのように部材の温度(K)の逆数とアウトガス放散速度の対数は良好な直線関係を示し、この結果は、以

下の(2)式で示した経験則が成り立つ⁵⁾。

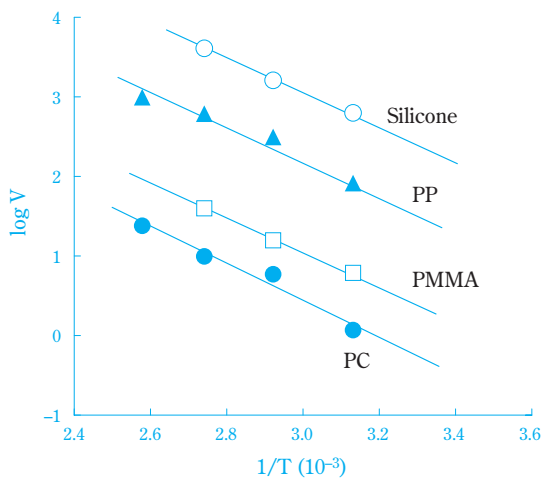


Fig. 4 Relationship between the emission temperature and the emission rate from several polymers

$$\log V = \frac{C_1}{T} + C_2 \quad (2)$$

ここで、Vはアウトガス速度 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$), Tは試験温度 (K), C_1 及び C_2 は定数である。この関係式(2)を用いれば個々の部材において温度の異なるアウトガス速度を相互に関連付けて考えることができ、アウトガス放散速度を一般化する点で有効な方法となると考えられる。

具体的な測定例としてポリカーボネートから発生したクロロベンゼンとノニルアルデヒドの2種類の化合物について $1/T$ (K) とアウトガス放散速度 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$) の対数を取ってプロットした結果を Fig. 5 に示す。この結果が示すように材料から放散するアウトガス速度は、個々の有機物についても(2)式によって示す

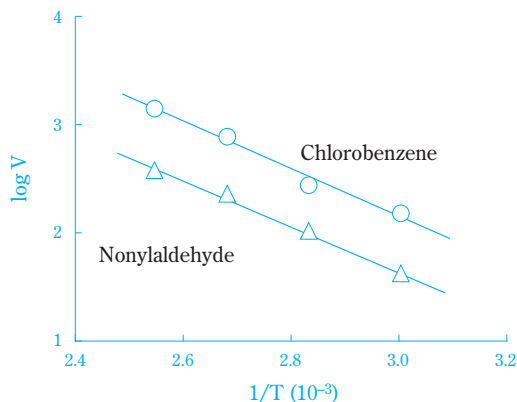


Fig. 5 Relationship between the emission temperature and the emission rates of Chlorobenzene and Nonylaldehyde from polycarbonate

ことができる。

2. 室温におけるアウトガス速度の推定

加熱加速試験法は、試料を加熱してアウトガス発生を促進して高感度な分析が可能なその名が示すとおり一種の加速試験法である。しかし、加熱加速試験法の条件は一般には材料が使用される環境条件とは異なっており、多くの場合、室温でのアウトガス速度を推定する必要がある。Fig. 6 に PP の試料片からの総アウトガスを 60 ~ 120 の範囲で測定してそこから前述の関係式にて求めた結果と別途実施したマイクロスケールでの室温アウトガス試験結果をプロットし比較した結果を示した。ここで、 \circ は外挿値、 \bullet は実測値を示す。(2)式より求めた PP の総アウトガス速度 ($380 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$) は実測値 ($200 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$) と比較的

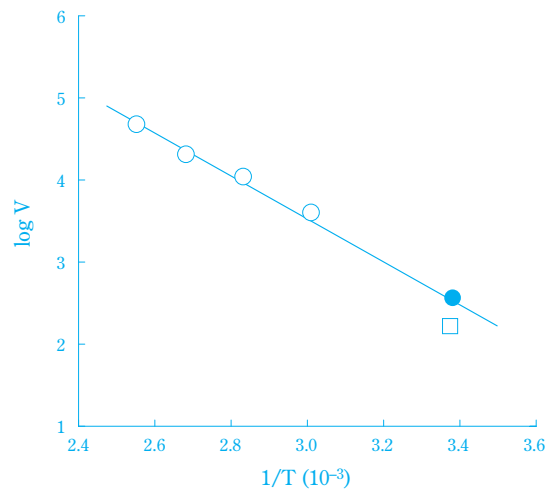


Fig. 6 Comparison of the total emission rate from polypropylene at room temperature by use of extrapolation and the experimental data

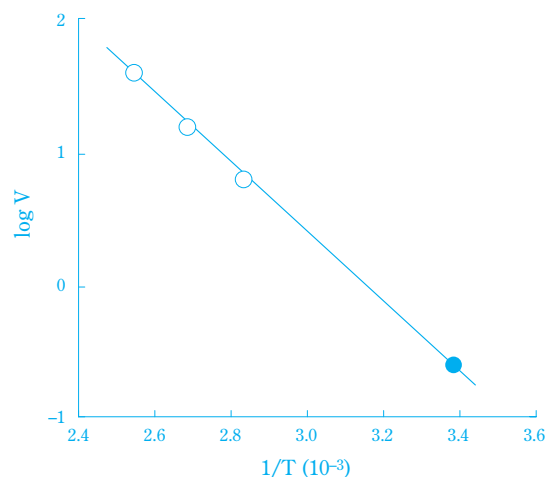


Fig. 7 Estimation of the emission rate of Di-2-ethylhexyl phthalate from polypropylene by use of extrapolation

良好な一致を示した。フタル酸エステルやリン酸エステルなどは樹脂の添加剤として一般使用され、そこから発生するこれら成分のアウトガスは、電子産業用クリーンルームでは有機物汚染の主要因物質として、室内環境でも室内空気質の重要な汚染物質としてその評価が求められている。しかし、これら準揮発性有機物に分類される高沸点有機物の揮発量は極微量であり、室温条件下で部材からのアウトガス量や速度を求めることが非常に難しい。この問題の解決手段として加熱加速試験法での外挿法が活用できる。Fig. 7は、PPから放散したフタル酸ジ-2-エチルヘキシル (DEHP) のアウトガス速度を80~120の間で測定し、その値から室温でのアウトガスを推定した結果である。外挿法で求めた結果DEHPの常温でのアウトガス速度は0.26 μg/m²/hと推定された。この微量は室温でのアウトガス試験法で直接評価することは非常に難しいレベルであるが、加熱加速試験法では長時間のサンプリングを必要とせずその値を推定することが可能である。

物性定数によるアウトガス速度の推定

前節では加熱加速試験法によって2点以上の異なる温度でのアウトガス速度を測定し、そこから(2)式の関係性を求めて室温を含めた任意の温度でのアウトガス速度が推定できることを示した。我々は、更に1点での放散速度の実測値から異なる温度での放散速度を推定する方法を示した¹⁶⁾。多くの有機物の平衡蒸気圧データは入手可能であり、平衡蒸気圧と温度(K)の関係はClausius-Clapeyron式((3)式)が成立することが一般に知られている。

$$\log P = \frac{C_3}{T} + C_4 \quad (3)$$

ここで、Pは絶対温度Tにおける平衡蒸気圧である。(3)式は先に述べた(1)式と類似した関係にある。アウトガス速度の実測値から得た定数C₁と平行蒸気圧の文献値から算出した定数C₃を比較した一例をTable 3に示すが、その値は良く一致した。この結果より、蒸気圧から求めた定数C₃を使用して任意の温

Table 3 Comparison of the constants (C₁) estimated with the dynamic headspace method and the constant (C₃) estimated from vapor pressure

Compounds	C ₁	C ₃
Chlorobenzene	-2.1 × 10 ³	-2.04 × 10 ³
Nonylaldehyde	-2.3 × 10 ³	-2.58 × 10 ³

度におけるアウトガス速度を求める推定式((4)式)を導いた。

$$V_d = V_c \times 10^{C_3(1/T_d - 1/T_c)} \quad (4)$$

ここで、V_d：任意の温度におけるアウトガス速度の推定値 (μg/m²/h), V_c：実測したアウトガス速度 (μg/m²/h), C₃：蒸気圧から算出した定数, T_d：任意の条件での絶対温度 (K), T_c：アウトガス速度を測定した絶対温度 (K)を示す。この推定式を用いることにより平衡蒸気圧データのある種々の有機物に対して様々な温度下でのアウトガス速度を推定することが可能となる。ポリカーボネートからの揮発した有機物のアウトガス速度の実測値と(4)式から算出した推定値を比較した結果をTable 4に示す。実測値と推定値は良い一致を示した。

Table 4 Comparison of the experimental data of emission rate and the calculated data of emission rate in various emission temperatures

Compounds \ Temperature		120°C	100°C	80°C	60°C
Chlorobenzene	Calculated data	150	76	37	16
	Experimental data	143	76	27	15
Nonylaldehyde	Calculated data	53	24	10	3.7
	Experimental data	37	24	11	4.3

アウトガスの減衰挙動の評価

化学汚染の対策として部材や建材のアウトガス量の低い材料を選択することが必要であることは言うまでもないが、それに加えて部材から発生するアウトガス量の減衰が早い材料であることも材料選択の重要な要素となる。材料からのアウトガス発生の初期段階は材料表面部からの物質の脱着が支配的であり、後期段階では材料内部から拡散が支配的となる¹⁷⁾。このアウトガス量の減衰と時間の関係はChangらによって提案された二項指数関数モデル式((5)式)¹⁸⁾として示されている。

$$V = V_{01}e^{-k_1 \cdot t} + V_{02}e^{-k_2 \cdot t} \quad (5)$$

ここで、V：アウトガス速度 (μg/m²/h), V₀₁, V₀₂：初期アウトガス速度 (μg/m²/h), k₁, k₂：減衰定数 (h⁻¹), t：時間 (h)を示す。この二項指数関数モデルは材料のアウトガス減衰傾向を良く示すが、その実験式を得るためには一般に数週間から一ヶ月程度の減衰試験を実施する必要がある。このような試験をスクリーニング的な材料選別段階において多

検体に対して実施することは多大な時間を要すことから我々は、加熱加速試験法を応用してより短時間にアウトガスの減衰のしやすさを選別可能な方法を検討した。PVCシートを用いて60～120℃の温度範囲でのアウトガス速度の減衰を評価した結果をFig. 8に示す。室温でのアウトガスの減衰は二項指数関数モデルで示されるが、高温でアウトガスを加速的に発生される加熱加速試験法では、材料内部でのアウトガスの拡散も加速されることから加熱加速条件下でのアウトガスの減衰は指数関数モデルで示すことができる。

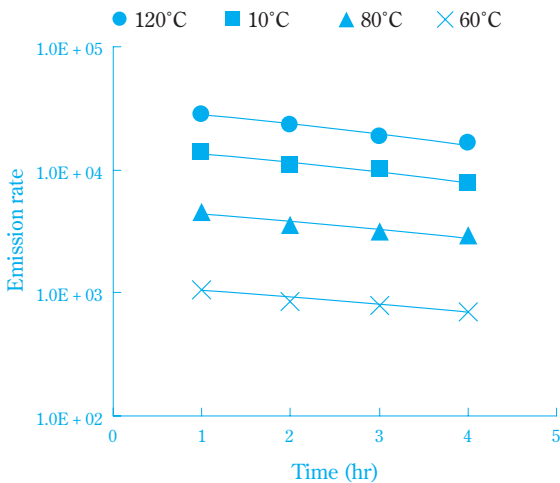


Fig. 8 Comparison of the decrease rates of the emission from PVC sheet with the various emission temperatures

$$V = V_0 e^{-k \cdot t} \quad (6)$$

ここで、 V ：アウトガス速度 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)、 V_0 ：初期アウトガス速度 ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$)、 k ：減衰定数 (h^{-1})、 t ：時間 (h) を示す。

1. 初期アウトガス速度及び減衰定数と温度の関係

前述でアウトガス速度の対数と絶対温度の逆数の間には直線関係が得られ、その関係は、総放散ガス量においても経験的に成立することを見出していたが、Fig. 9に示したように加熱加速試験から得られた初期総アウトガス速度についても同様にその関係が得られた。また、Fig. 10に示した通り、総放散ガス量の減衰定数の対数と絶対温度の逆数との間にも直線関係があることが確認された。この関係は、前述のアウトガス速度と温度の関係同様の実験式によって任意の温度における初期アウトガス速度及び減衰定数を推定することが出来る可能性が考えられる。なお、この実験式で求める減衰定数は、アウトガス速度の減衰のし易さの指標となる数値である。

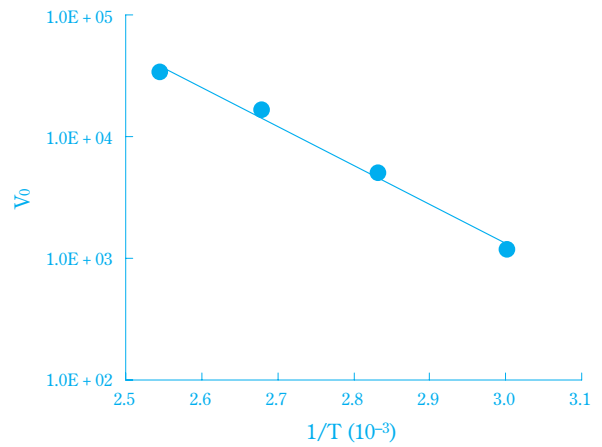


Fig. 9 Relationship between the emission temperature and the initial emission rate (V_0) from PVC sheet

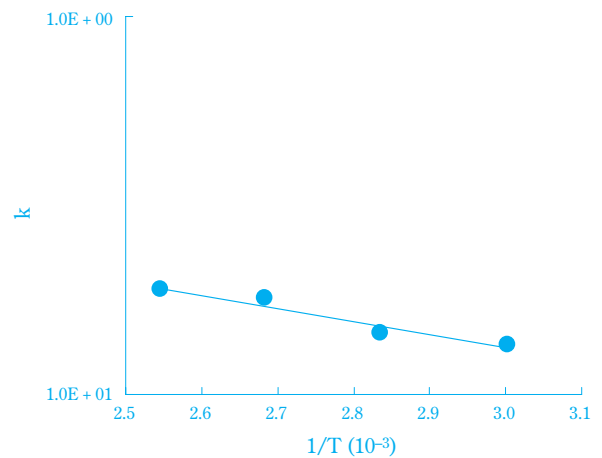


Fig. 10 Relationship between the emission temperature and the decrease rate of emission from PVC sheet

2. 初期アウトガス速度と減衰定数の推定

一般住宅に使用されるPVC製の床シートを試料とし、室温における初期アウトガス速度と減衰定数について実測値と推定値の比較を行った¹⁹⁾。なお、本試験では、小形チャンバー法を用い室温での1週間の減衰を評価した結果と加熱加速試験法で4.5時間での減衰を評価した結果を比較した。トルエン、メチルペンタノン及びテトラデカンの3種類の主要検出成分の初期アウトガス速度の実測値と推定値を比較した結果をTable 5に示す。初期アウトガス速度の実測値と推定値は良い一致を示した。総アウトガス速度と3種類の主要検出成分の減衰定数の実測値と推定値を比較した結果をTable 6に示す。室温での減衰定数の推定値は、実測値に対して若干高めとなったが時間経過と減衰の大小関係については的確に評価されており、スクリーニング試験としては十分有効な結果であると考えられる。

Table 5 Calculated results of the emission rates (V_{01}) of several emissions from PVC sheet

Compounds	unit : $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$			
	Conditions	80°C	25°C	25°C
	Experimental data	Experimental data	Calculation data	
Toluene	4400	340	450	
Methylpentanone	8200	460	580	
Tetradecane	960	34	25	

Table 6 Calculated results of the decrease rate (k) of several emissions from PVC sheet

Compounds	unit : h^{-1}			
	Conditions	80°C	25°C	25°C
	Experimental data	Experimental data	Calculation data	
Toluene	0.64	0.017	0.065	
Methylpentanone	0.55	0.013	0.039	
Tetradecane	0.68	0.003	0.018	

まとめ

建材，部材，各種製品からのアウトガスや放散ガスの評価は，工業から環境に至るまで幅広くその実施が求められている。工業目的と環境目的でアウトガスや放散ガス評価では目的（対象化学物質）が若干異なっていることから本報告で紹介した通りそれぞれの分野に合った形で各種のアウトガスや放散ガス試験法が定められている。但し，アウトガス評価の考え方としては材料選別のためのスクリーニング法と製品のアウトガス実態を調査する製品評価法の二つの手法を組合せて行く点については同一の方向性がある。スクリーニングの為にはアウトガスで起こりうるリスクを過小評価することなく、且つ、効率的に多くの材料を選別できる手法が求められる。その意味において加熱加速試験法は感度及び効率（時間）的に優れた方法であり工業的に用いる意味は大きい。部材等からのアウトガス発生には温度や湿度などの環境条件が影響するが、その影響度は温度が最も大きい。我々はアウトガスと温度の関係について様々に検討し、加熱加速試験法の有効性とアウトガス挙動解析を含めたデータの活用方法について提案した。アウトガス評価の必要性は、工業の意味からも環境の意味からも今後も高まって行くものと思われる。更なるアウトガス評価技術の開発を進めていく。

引用文献

1) L.A.Ferguson, J. Microcontamination, April, p.33 (1986).

2) 厚生省生活衛生局生活化学安全対策室 シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会事務局，シックハウス（室内空気汚染）問題に関する検討会中間報告 - 第4回及び第5回まとめ (2000. 12. 15).

3) JACA No.34-1999, 空気清浄, 37 (2), p.82 (1999).

4) 野中 辰夫, 竹田 菊男, 藤本 武利, クリーンテクノロジー, 9 (2), p.13 (1999).

5) 藤本 武利, 竹田 菊男, 野中 辰夫, 飯田 裕幸, 中原 武利, エアロゾル研究, 14 (4), p.348 (1999).

6) 日本規格協会, JIS A 1901 建築材料の揮発性有機化合物 (VOC), ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物放散測定方法 - 小形チャンパー法, (2003)

7) 日本規格協会, JIS A 1901 解説

8) ISO/TC146 (AIR QUALITY)/SC6 (INDOOR AIR) 国内対策委員会主催, シックハウス対策に関する標準化の枠組みと今後の展望 便概集, (2004), 東京

9) 古澤 晋, 堀木 美香, 熊谷 一清, 木村 洋, 志澤 耕治, 第16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, p.165 - (1998)

10) 田村 一, 藤井 修二, 鍵 直樹, 田中 貴織, 日本建築学会計画系論文集 第540号, p.31 (2001)

11) 壁装材料協会, 放散試験チャンパー法 - 建築材料の揮発性有機物 (VOC) 及びアルデヒド類放散測定 -, (2000.5.30 制定)

12) 野中 辰夫, 竹田 菊男, 大川 典子, 樋口 純一, 大橋 一俊, 藤本 武利, 第21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, A1, p.3 (2003).

13) European Computer Manufacturer Association, ECMA-328 Detection and measurement of chemical emission from electronic equipment, (2001)

14) The Federal Institute for Materials Research and Testing, Test method for the determination of emissions from hardcopy devices with respect to awarding the environmental label for office devices RAL-UZ 62, RAL-UZ 85, RAL-UZ 114

15) 鶴賀 文子, 小野村 恵子, 張替 勝美, 中山 明美, 金子 享礼, 佐々木 左宇介, 自動車技術会学術講演会前刷集 NO. 116 - 04, pp. 13, (2004)

16) K. Takeda, A. Mochizuki, T. Nonaka, I. Matsumoto, T. Fujimoto, T. Nakahara, J. IEST, 44 (1), p.28 (2001).

17) 鍵 直樹, 藤井 修二, 田中 貴織, 田村 一, 第18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, p.34 (2000)

18) Chang, J.C.S., Guo, Z., Characterization of Organic

Emission from a Wood Finishing Product - Wood Stain, Indoor Air (1992)

高行, 藤本 武利, 平成 13 年度室内環境学会総会・研究発表会講演集, p.118 (2001)

19) 野中 辰夫, 竹田 菊男, 大橋 一俊, 藤井 博史, 村上

PROFILE



野中 辰夫

Tatsuo NONAKA

株式会社住化分析センター
千葉事業所 研究開発グループ
サブリーダー



大橋 一俊

Kazutoshi OHASHI

株式会社住化分析センター
千葉事業所 研究開発グループ
グループリーダー



大川 典子

Noriko OKAWA

株式会社住化分析センター
千葉事業所 研究開発グループ



竹田 菊男

Kikuo TAKEDA

株式会社住化分析センター
千葉事業所
取締役千葉事業所長 工学博士