

令和2年度厚生労働科学研究費補助金  
(健康安全・危機管理対策総合研究事業)  
分担研究報告書

7. 室内空气中 SVOC 濃度

研究代表者 金 勲 国立保健医療科学院 上席主任研究官

**研究要旨**

現場での作業性を考慮し、比較的短い2時間の空気サンプリング（空気吸引量12L）で、15家屋、30ヶ所におけるSVOCの空气中濃度測定を行った。既存の測定に比べて短時間・小流量である2時間（捕集量12L）のサンプリング時間でもDEHPまでの定量分析が可能であった。

標準液9成分の定性定量を行ったが、実住宅の空気からはDEP、DnPP、DIBP、DBP、DEHPの5成分が検出された。

気中濃度が最も高く検出されたのはDIBPであり、次いでDEHP、DBP、DEP、DnPPの順となった。DEHP及びDBPは全住宅で満遍なく検出され、両物質ともに偏差が小さく比較的均一な濃度分布を示した。DIBPは2住宅の3ヶ所で $1.94\sim 2.85\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高く、DBP、DEHP、DEPも最大値は $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えていた。一方、DnPPは15軒のうち2軒のみから検出され、濃度も $0.08\sim 0.20\mu\text{g}/\text{m}^3$ と低かった。今回対象としたSVOC成分は同一住宅におけるリビングと寝室間の濃度差は大きくなかった。

呼吸量及び体重から考えると、成人男性に比べ乳児が室内空気より受ける影響は約2.2倍大きくなる。乳児のTDIに対する摂取割合は、DIBPに対する平均摂取割合が5.4%、DBPは4.4%、DEHPは0.8%であったが、最大値はDIBP 27.3%、DBP 14.3%、DEHP 2.0%とDIBP及びDBPが高くなることもある。他の物質はTDIが比較的高いため割合としては小さかった。

今後は、住宅測定の数を増やしてより詳しい実態調査を行い、経口・経皮・吸入による全摂取量に対する吸入の寄与を把握する必要がある。

**A 目的**

SVOCは蒸気圧が低く吸着性が強いいため、空気中には微量しか存在せず、ほとんどがダストや室内の表面に吸着して存在するとされている。SVOCの摂取アロケーションを評価するためには、吸入・経口・経皮曝露量を把握しなければならない。本研究では、住宅内での曝露経路としてダストによる経口摂取、空気からの吸入摂取を評価する。

空气中濃度が低いため、空気サンプリングは大流量で長時間捕集（1日～1週間程度）がよく使わ

れている。しかし、現場測定の合理性を考えると1～2時間以内のサンプリングが望ましいことから、1年目には100mL/minの吸引流量で2hと4hのサンプリングを行い、サンプリング時間の検討を行った。結果、既存の測定に比べて短時間・小流量である2時間（捕集量12L）／4時間（捕集量24L）いずれのサンプリング時間でも結果はほぼ同じであり、DEHPまでの分析に問題はないと判断された。

本年度は一般住宅15軒（30ヶ所）を対象に室内空气中SVOC濃度の実態調査を行った。

## B 研究方法

空気サンプリング条件を表 7-1 に示す。室内空気から低濃度で検出される DEHP を検出する目的で長いサンプリング時間を取ることが多く、既往研究では 24 時間の空気サンプリングがよく採用されてきた。長時間測定は測定者と居住者共に負担が大きいため、分析可能な量が捕集できる範囲でなるべくサンプリング時間を短くすることが望ましい。

そのため、本研究グループによる先行研究<sup>1)</sup>では 8 時間の捕集で測定が出来ることを示した。

また、本研究の 1 年目 (2019 年度) には 4 時間、2 時間の空気サンプリングを行い、2 時間サンプリング (100mL/min \* 120min = 12L) でも十分定量可能なことを示し、8 軒 (16 ヶ所) の住宅測定を行った。

GC-MS の分析条件を表 7-2 に示す。国内可塑性生産量から DEHP 及び DINP が最も量が多く<sup>2)</sup>、特に DEHP は建材や生活用品に長い間使われてきているためレガシー量 (既存蓄積量) が多いことが懸念されている。国内での DEHP 生産量が徐々に減っている一方で DINP の生産量が増える傾向にある。しかし、DEHP は使用期間が長く生産量も膨大であるため既存生産分と生活中の残存分は大きいと考えられる。

DINP は生産量が急激に拡大している DEHP の代替物質であり、本研究においてもハウスダスト中濃度の成分分析を行っているが、先行研究で固体吸着-GC-MS 法では DINP 及び DIDP はピークが広域に広がり定量が難しいことが報告している<sup>1)</sup>。

本研究の空気中成分として分析対象にした物質は DEP、DnPP、DIBP、DBP、DPenP、DHexP、BBP、DCHP、DEHP の 9 成分である。

## C 結果及び考察

### C.1 実住宅における SVOC 濃度

実住宅 15 軒を対象にした空気中 SVOC 濃度の測定結果を図 7-1 に、濃度集計を表 7-3 に示す。

空気中濃度は全体的に昨年度結果より高くなる傾向を示している。

1 年目結果と同様に、定性定量した 9 成分 (DEP、DnPP、DIBP、DBP、DPenP、DHexP、BBP、DCHP、DEHP) の内、検出された物質は DEP、DnPP、DIBP、DBP、DEHP の 5 成分であり、他の 4 成分は検出されなかった。また、DnPP は 15 軒のうち、2 軒のみから検出され、その濃度も 0.08~0.20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  と低い。

気中濃度が最も高く検出されたのは DIBP であり、次いで DEHP、DBP、DEP、DnPP であった。

前年度の結果では DIBP、DBP、DEHP、DEP、DnPP の順であった。

DIBP はとりわけ高い濃度を示す 2 住宅が存在し、他の住宅ではさほど高くなかった。DEHP 及び DBP は全住宅で満遍なく検出されているが、両物質ともに偏差が小さく比較的均一な濃度分布を示している。

DIBP は 2 住宅の 3 ヶ所で 1.94~2.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  と高く、DBP、DEHP、DEP も最大値は 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超えている。DEHP は濃度が低いとされているが今回の対象住宅では 6 ヶ所から 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  前後の濃度が観察されている。他の測定個所は 0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  未満の濃度が多い。

環境中 VOC に比べると、いずれの SVOC 成分も空気中濃度は低いレベルである。

一方、同じ住宅においてリビングと寝室との濃度差が大きかったのは Air\_02、Air\_05、Air\_08 の 3 軒であり、その他の 12 軒では大きな差は見られない。

空気中 SVOC 濃度は内装材や生活用品の影響を短時間で直接的に受けにくい、若しくは空気中濃度が低いと建材や用品から放散されても空気濃度としては大きく反映されないためと解釈できる。濃度差が大きく出た 3 軒は両空間の遮断性が高い可能性や換気経路が形成されて空間から他の空間への流れが決まっている可能性などが考えられる。

## C.2 吸入摂取量の推定

実住宅での測定結果から、室内空気の呼吸による摂取量（吸入摂取量）を試算すると表 7-4 及び表 7-5 になる。

現代人は、1 日のうち 80~90%を車両を含む室内で過ごしていると言われている。呼吸量（図 7-2）は年齢別に異なり、1 歳の幼児は 5.2 m<sup>3</sup>/日、成人男性は 22.2 m<sup>3</sup>/日の空気を呼吸により肺に取り込んでいる<sup>3)</sup>。

呼吸量は乳児が成人の 1/4.3 倍、体重は 1/6.1 倍であるため、同室で同じ時間滞在すると体重当たりの吸入摂取量は 1 歳児が 1.4 倍多くなる。更に、乳児はほぼ 1 日中室内で暮らすため室内空気からの影響はより大きくなる。

成人男性の室内滞在時間を 15.8 時間と計算すると、総合的には乳児が成人より室内空気よる受ける影響は約 2.2 倍大きくなる。

ここでの TDI 値及び 1 歳男児及び 20 歳成人男性の室内滞在時間は 1 年目（2019 年度）の報告書「5. SVOC の多経路多媒体曝露を考慮した居住者の健康リスク評価」<sup>4)</sup> のデータを用いている。平均体重はそれぞれ 10.5kg、64.4kg である<sup>5)</sup>。

住宅内濃度として、DEP 0.07~1.54µg/m<sup>3</sup> (平均 0.35±0.38)、DnPP 0.08~0.20µg/m<sup>3</sup> (平均 0.14±0.07)、DIBP 0.07~2.85µg/m<sup>3</sup> (平均 0.55±0.67)、DBP 0.14~1.45µg/m<sup>3</sup> (平均 0.45±0.34)、DEHP 定量下限以下~1.22µg/m<sup>3</sup> (平均 0.51±0.34)であり、平均濃度としても濃度範囲としても DIBP が最も高い値を示した。次いで DEHP、DBP の順であった。

住宅の測定結果から乳児（1 歳男児）の室内における吸入摂取量は DIBP 0.033~1.399µg/kg/day (平均 0.271±0.327)、DBP 0.071~0.713µg/kg/day (平均 0.220±0.169)、DEHP ~0.598µg/kg/day (平均 0.252±0.167) 範囲である。

成人（20 歳男性）の場合は、DIBP 0.017~0.350µg/kg/day (平均 0.079±0.086)、DBP 0.033~0.329µg/kg/day (平均 0.102±0.078)、DEHP ~0.276µg/kg/day (平均 0.116±0.077) である。

TDI に対する摂取割合として DIBP および DBP

が最も量が多く、DIBP に対する乳児の空気からの平均摂取割合は 5.4%、DBP は 4.4%だった。他の物質は TDI が高いため摂取割合としては小さく、例えば DEHP は空気からの摂取割合は TDI に対して 0.8%である。一方、最大値から試算すると DIBP 27.3%、DBP 14.3%、DEHP 2.0%と DIBP 及び DBP は高くなることがある。

成人男性の場合は、DIBP に対する平均摂取割合は 2.5%、DBP は 2.0%、DEHP は 0.4%となる。最大摂取割合は DIBP 12.9%、DBP 6.6%、DEHP 0.9%である。

## D 結論

本研究では 2 時間の比較的短時間の空気サンプリング法を用いて 15 家屋、30 ヶ所における SVOC の空气中濃度測定を行った。

既存の測定に比べて短時間・小流量である 2 時間（捕集量 12L）のサンプリング時間でも DEHP までの定量分析が可能であった。

標準液 9 成分の定性定量を行い、実住宅の空気からは DEP、DnPP、DIBP、DBP、DEHP の 5 成分が検出された。

気中濃度が最も高く検出されたのは DIBP であり、次いで DEHP、DBP、DEP、DnPP であった。

DEHP 及び DBP は全住宅で満遍なく検出され、両物質ともに偏差が小さく比較的均一な濃度分布を示している。DIBP は 2 住宅の 3 ヶ所で 1.94~2.85µg/m<sup>3</sup> と高く、DBP、DEHP、DEP も最大値は 1µg/m<sup>3</sup> を超えていた。一方、DnPP は 15 軒のうち、2 軒のみから検出されその濃度も 0.08~0.20µg/m<sup>3</sup> と低かった。

同一住宅におけるリビングと寝室間の濃度差は大きくなかった。

成人男性に比べ乳児は室内空気による影響が約 2.2 倍大きくなる。TDI に対する摂取割合として DIBP に対する乳児の平均摂取割合は 5.4%、DBP は 4.4%、DEHP は 0.8%であったが、最大値は DIBP 27.3%、DBP 14.3%、DEHP 2.0%と DIBP 及び DBP は高くなることがある。

他の物質はTDIが比較的高いため割合としては小さい計算となった。

## E 引用文献

1. 金勲, 樺田尚樹 他: 厚生労働科学研究費補助金・健康安全・危機管理対策総合研究事業「半揮発性有機化合物をはじめとした種々の化学物質曝露によるシックハウス症候群への影響に関する検討」(研究代表者: 樺田尚樹) 平成 29 年度分担・総合研究報告書, 2018.3, pp.16-19, pp.25-40
2. 塩ビ工業・環境協会: 可塑剤出荷量統計データ, [http://www.vec.gr.jp/lib/lib2\\_6.html#cc](http://www.vec.gr.jp/lib/lib2_6.html#cc) (参照: 2018.09.15.)
3. 放射線審議会基本部会: 外部被ばく及び内部被ばくの評価法に係わる技術的指針, p.28, 1999.4
4. 金勲, 厚生労働科学研究費補助金・健康安全・危機管理対策総合研究事業「半揮発性有機化合物(SVOC)によるシックハウス症候群への影響評価及び工学的対策の検証に関する研究」(研究代表者: 金勲, 課題番号: 19LA1007) 令和元年度分担・総合研究報告書, 2020.3
5. 政府統計の総合窓口: 国民健康・栄養調査—身長・体重の平均値及び標準偏差 - 年齢階級、身長・体重別、人数、平均値、標準偏差 - 男性・女性、1 歳以上〔体重は妊婦除外〕、<https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003224177>  
(参照: 2020年、3月20日)

## F 研究発表

なし

## G 知的財産権の出願・登録状況

なし

表 7-1 空気サンプリング条件

捕集管	Gerstel Tube、ガラス、L 180mm, φ 6mm
吸着剤	Tenax-TA 60/80
吸引量	100mL * 120 min = 12L
測定箇所	Living room、Room (Bedroom)

表 7-2 GC-MS 分析条件

カラム	5MS/Sil、30m / 250um / 0.25um
スプリット比	Splitless
昇温条件	40°C (5min hold) → 300°C (at 10°C/min) → 5min hold
分析モード	SIM (m/z = 129, 149, 167) and SCAN

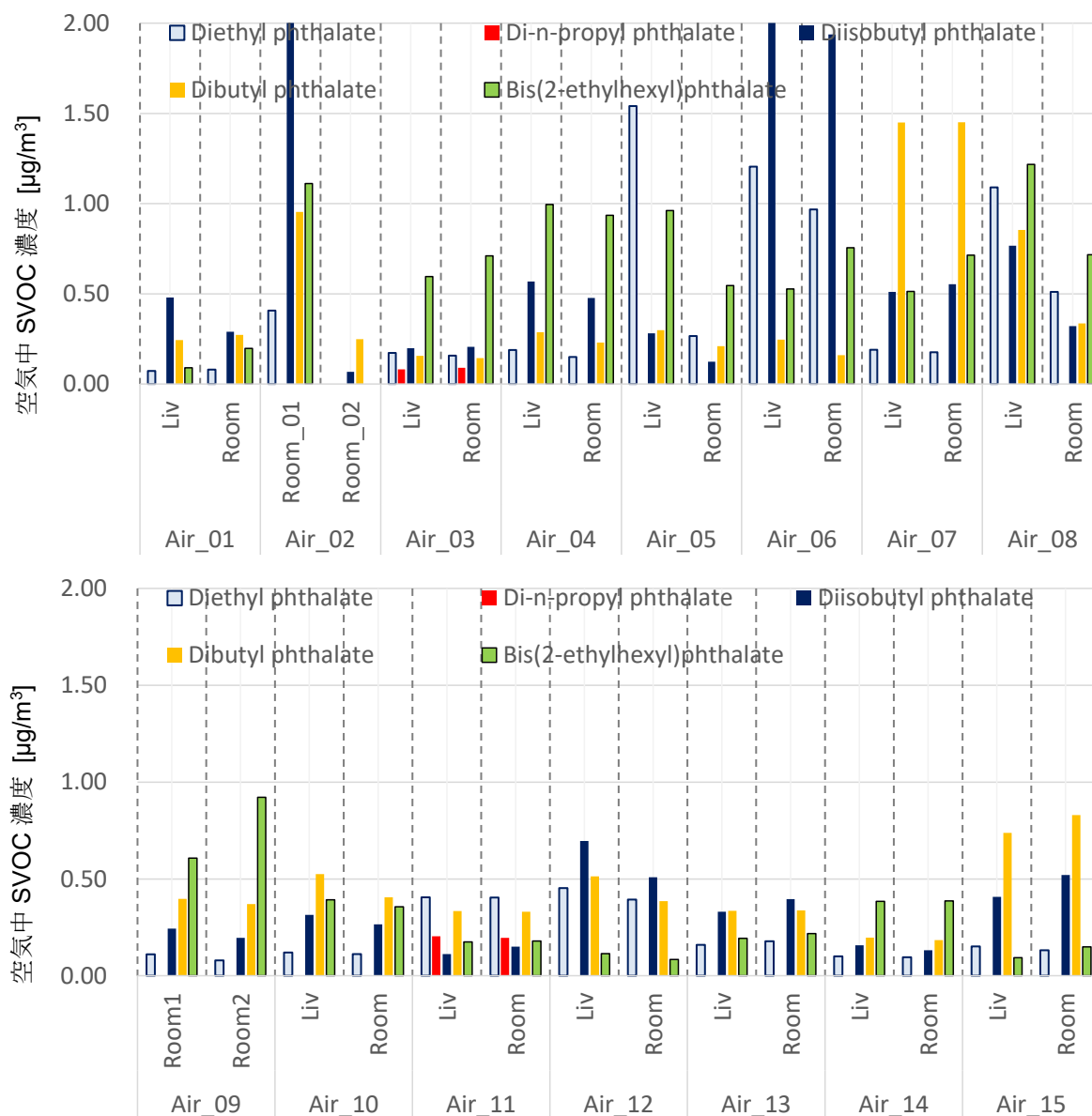


図 7-1 実住宅における空気中 SVOC 濃度測定結果

表 7-3 空气中 SVOC 濃度集計 [単位 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

		Mean	S.D.	Max	90%ile	Median	10%ile	Min
Diethyl phthalate	<b>DEP</b>	0.35	0.38	1.54	1.09	0.18	0.08	0.07
Di-n-propyl phthalate	<b>DnPP</b>	0.14	0.07	0.20	-	0.14	-	0.08
Diisobutyl phthalate	<b>DIBP</b>	0.55	0.67	2.85	1.82	0.33	0.12	0.07
Dibutyl phthalate	<b>DBP</b>	0.45	0.34	1.45	0.94	0.33	0.16	0.14
Di-n-pentyl phthalate	<b>DPenP</b>							
di-n-hexyl phthalate	<b>DHexP</b>							
n-butyl benzyl phthalate	<b>BBP</b>							
Dicyclohexyl phthalate	<b>DCHP</b>							
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	<b>DEHP</b>	0.51	0.34	1.22	1.00	0.51	0.09	< 0.001

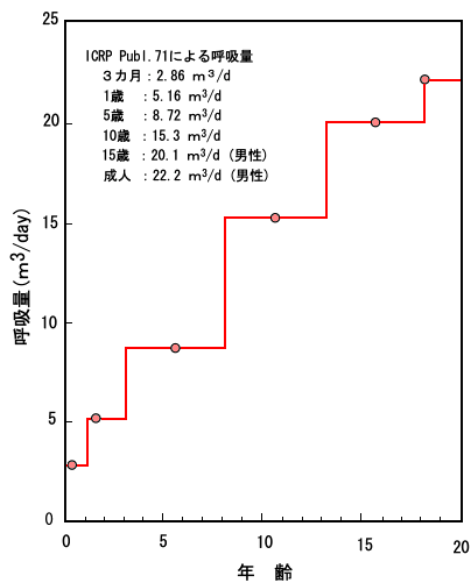


図 7-2 年齢別呼吸量<sup>3)</sup>

表 7-4 1 歳男児の吸入摂取量推算値 [単位：μg/kg/day]

		Mean	S.D.	Max	90%ile	Median	10%ile	Min	TDI
Diethyl phthalate	<b>DEP</b>	0.171	0.186	0.757	0.536	0.087	0.039	0.036	5000
Di-n-propyl phthalate	<b>DnPP</b>	0.070	0.032	0.100	-	0.070	-	0.040	
Diisobutyl phthalate	<b>DIBP</b>	0.271	0.327	1.399	0.895	0.160	0.061	0.033	5
Dibutyl phthalate	<b>DBP</b>	0.220	0.169	0.713	0.464	0.165	0.080	0.071	5
Di-n-pentyl phthalate	<b>DPenP</b>								
di-n-hexyl phthalate	<b>DHexP</b>								
n-butyl benzyl phthalate	<b>BBP</b>								200
Dicyclohexyl phthalate	<b>DCHP</b>								
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	<b>DEHP</b>	0.252	0.167	0.598	0.489	0.252	0.046	< 0.001	30

表 7-5 20 歳成人男性の吸入摂取量推算値 [単位：μg/kg/day]

		Mean	S.D.	Max	90%ile	Median	10%ile	Min	TDI
Diethyl phthalate	<b>DEP</b>	0.079	0.086	0.350	0.248	0.040	0.018	0.017	5000
Di-n-propyl phthalate	<b>DnPP</b>	0.032	0.015	0.046	-	0.033	-	0.018	
Diisobutyl phthalate	<b>DIBP</b>	0.125	0.151	0.646	0.413	0.074	0.028	0.015	5
Dibutyl phthalate	<b>DBP</b>	0.102	0.078	0.329	0.214	0.076	0.037	0.033	5
Di-n-pentyl phthalate	<b>DPenP</b>								
di-n-hexyl phthalate	<b>DHexP</b>								
n-butyl benzyl phthalate	<b>BBP</b>								200
Dicyclohexyl phthalate	<b>DCHP</b>								
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	<b>DEHP</b>	0.116	0.077	0.276	0.226	0.117	0.021	< 0.001	30

