



Title	オフィスビルの室内空気質の実測
Author(s)	米津, 晋; 飯嶋, 和明; 戸田, 浩之 他
Description	第4回衛生工学シンポジウム (平成8年11月7日 (木) -8日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 5 測定 . 5-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 4, 203-208
Issue Date	1996-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7850
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-5-5_p203-208.pdf



5 - 5

オフィスの室内空気質の実測

○米津 晋, 飯嶋 和明, 戸田 浩之, 藤井 雅則, 松藤 久良 (三機工業(株))

1. はじめに

1970年代後半に起こった石油危機により建築物の分野での省エネルギー対策として、外気導入量を減少し、空気調和にかかるエネルギーを減少させる手段がとられた。この影響が欧米を中心にビル居住者の身体の不調となって現れたのがビル病もしくはシックビル症候群と呼ばれるものである。これは居住者のめまい、吐き気、頭痛、呼吸器系の不調や不定愁訴などの諸症状がビル内にいる間だけ生ずるものであり、その原因としては省エネルギー対策として外気導入量を減少させたことによって室内空気中の汚染物質が除去されずに比較的高い濃度に蓄積したためと考えられている。

室内空気を汚染する様々な物質のうち一酸化炭素、二酸化炭素、浮遊粉塵などは発生源や身体への影響の程度などもよく知られているが、近年ビル病の原因物質のひとつとして揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds : VOC) が注目されている。壁や床などの建材や事務用品、什器などがそれらの発生源とされ、一般のオフィス内空気中には数十から数百種類の成分が存在すると言われている。これらは化学物質過敏症の原因としても注目されており、一般住宅などではこのような化学物質の使用量を低減したのも販売されるようになってきている。欧米では日本より早くからオフィス等でのビル病の問題が顕在化したため研究も進み、VOCの建物内での濃度目標値も世界保健機構(WHO)ヨーロッパ事務所から提案されているが、日本ではまだオフィスでの実測、調査が行われ始めたところである¹⁾。

筆者らも1993年よりVOCを含めたオフィスの室内環境について検討を始め、1994年より全国6都道府県のオフィスで測定、調査を行ってきた²⁾³⁾⁴⁾。また、他の研究者からもオフィス内のVOCについて報告されている⁵⁾が、数十種以上のVOCの中でどのような成分が日本のオフィスで多く発生しているのか調査した例はない。また、1日を通じてのVOC濃度の変化についても明らかになっていないためにサンプリング時間、測定方法についても検討する必要がある。

そこで今回、国内のオフィス内空気中のVOCについて、どのような成分が検出頻度が高く、また高濃度で検出されるのかを把握し、さらにあるオフィスについて頻度、濃度ともに高い成分について一日の濃度変動について定量的に評価したので、その結果をまとめて報告する。

2. 測定方法

室内空気中のVOCの測定は室内の空気をサンプリングし、ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)で測定を行う⁶⁾。その方法と各種条件を以下に示す。

2.1 サンプリング

室内空気のサンプリングには、固体捕集剤を充填したガラス管と、小型ポンプを用いる。捕集剤



図1 サンプリング装置

は多孔質ポリマービーズ(TENAX-GR)を内径4mm長さ150mmのガラス管に詰め、室内空気を吸引してVOC等の成分を吸着捕集する。サンプリングはあらかじめ流量の校正を行った小型軽量の定流量ポンプを用いて毎分約50mlの空気を10分間、捕集管に吸引する。サンプリング装置を図1に示す。

2.2 測定

測定はGC-MSを用いて行う。捕集管からサンプル成分を加熱脱着し、コールドトラップした後、再び加熱してガスクロマトグラフ部に導入する。そのフローを図2に示す。サンプルは目的に応じて定性分析や定量分析に供される。測定条件を表1に示す。

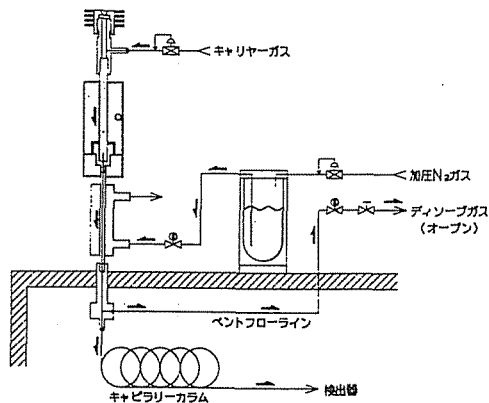


図2 試料導入のフロー

表1 測定条件

捕集剤	TENAX GR
吸引ポンプ	キリヤン社製 LSF113
吸引空気量	560ml/1管
GC-MS	ヒューレットパッカード社製 HP-5989A
加熱脱着装置	クロムパッカ社製 TCT
加熱脱着条件	サンプル脱着温度 : 280°C クライオフォーカス : -130°C 捕集管脱着温度 : 220°C 捕集管脱着時間 : 10分

3. 結果

3.1 日本における主なVOC成分(定性分析)

VOC成分のクロマトグラムを一例を図3に示す。これは北海道のオフィスで春に測定したものであるが、このようにVOC成分としては数十種類以上も検出されるので、おもな成分を数種類に特定するのは困難である。ピークの大きい成分としてはトルエンやベンゼンなどの芳

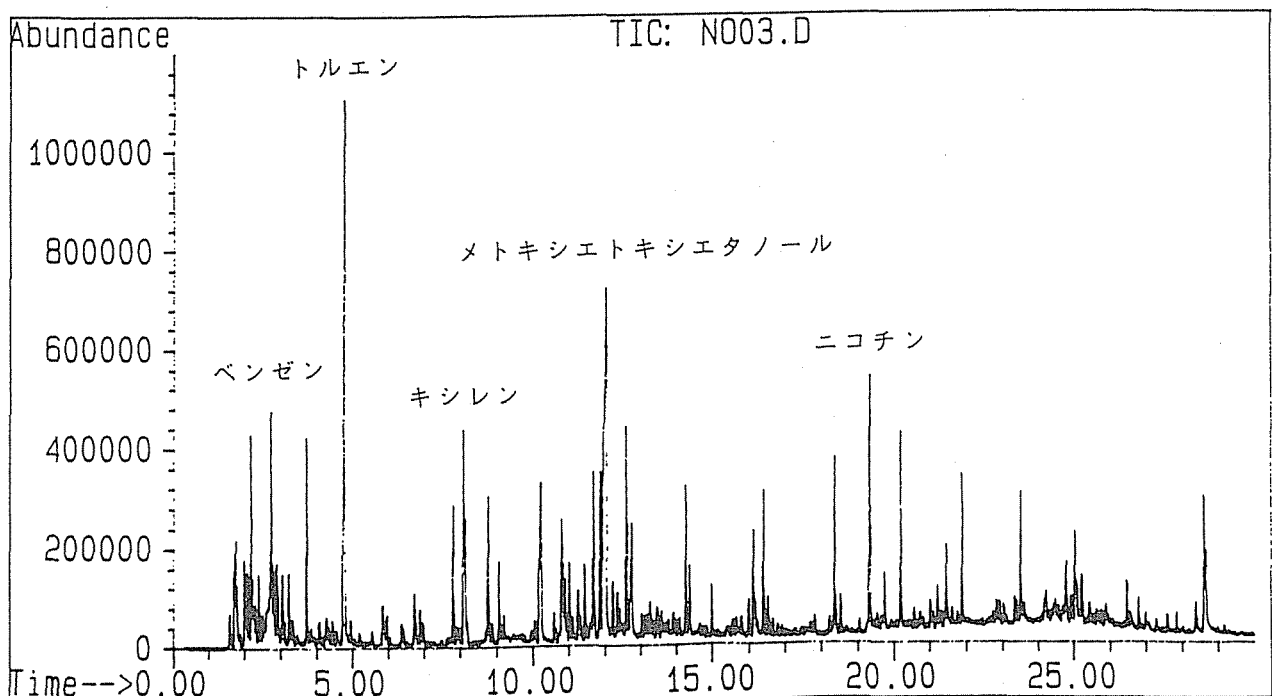


図3 室内空気中のVOCのクロマトグラムの一例

香族化合物、トリデカンやテトラデカン、ペンタデカンなどの鎖状炭化水素、その他ニコチンなどを挙げる事ができる。

筆者らは、全国で 14 回定性分析を実施し、国内のオフィスではどのような成分が多く検出されるのかを調べた。対象は北海道、宮城県、東京都、神奈川県、大阪府、福岡県の 6 都道府県のオフィスである。測定したオフィスのあるビルは総床面積 4,000~50,000m²の比較的大きなものであり、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(ビル衛生管理法)により室内環境の維持に関して規制を受けている。実際に測定したオフィスの床面積は 200~800m²で一般的な規模である。築年数は 10 年以上のビルが多いが、空調等の設備や内装などの更新は 4 年以内に行っている。

筆者らは日本のオフィスで VOC として存在する率の高い成分を抽出するために次のような手法を採用した。クロマトグラムのデータから、そのピーク面積のいちばん大きな成分(存在量が多い)に 10 点、次に大きな成分に 9 点というような重み付けを行い、各オフィス毎に上位 10 成分を抽出した。それを各成分毎に集計した。表 2 に集計シートの抜粋を示す。成分項目左端の分類は世界保健機構(WHO)ヨーロッパ事務所が提案している分類であり、WHO ヨーロッパ事務所ではこの分類群毎の室内濃度の上限目標値を定めている。表 2 に示すようにオフィスでは芳香族化合物が検出頻度が高いといえる。

表 2 VOC の集計表(抜粋)

		北海道		宮城		東京	...	合計 点数
		A	B	C	D	E		
アル カ ン	ヘキサシ	3	3	0	8	0	...	26
	テトラデカン	1	0	3	0	3		30
	ペンタデカン	0	0	0	0	0		14
						
芳 香 族	ベンゼン	7	8	7	0	6	...	56
	トルエン	10	9	10	10	9		113
	キシレン	8	0	8	9	5		42
	ジクロロベンゼン	0	0	0	0	1		17
	1-エチル-2-メチルベンゼン	0	0	0	4	0		4
						
テル パツ	L-リモネン	0	0	0	0	0	...	2
						
ハロカーボン		0	0	0	0	0	...	0
エステル		0	0	0	0	0	...	0
アルデヒドケトン		0	0	0	0	0	...	0
そ の 他	ニコチン	9	6	7	0	8	...	54
	2-(2-メキシルトキシ)エタノール	0	10	0	0	10		53
	酢酸	0	0	0	0	0		11
	エタノール	0	0	0	0	0		6
						

この集計結果から明らかなように日本のオフィスにおける VOC 成分の上位 10 成分を表 3 に示す。表 3 より、日本国内ではトルエンをはじめとする芳香族化合物が多くのオフィスに存在し、その空気中濃度も高いことが明らかになった。

表 3 オフィスで主に検出される成分

成分	トルエン	ベンゼン	ニコチン	メキシエトキシ エタノール	キシレン	メチルシクロ ヘキサノ	テトラヒドカン	ヘキサノ	ジクロロ ベンゼン	ペンタヒドカン
点数	113	56	54	53	42	33	30	26	17	14

3.2 VOC の 1 日の経時変化⁸⁾

国内のオフィスではトルエンが頻度、濃度ともに高く検出されることが明らかになったのでトルエンを対象として、神奈川県内のオフィスにおいて 24 時間測定を行い 1 日の濃度の変化を調査した。トルエンについて検量線を作成し、定量した。サンプリングは昼夜を通して行い、室内空気は合計 19 回、外気は 4 回のサンプリングを行った。各サンプリング時刻の正時から 10 分間、捕集管に 560ml の空気を吸引した。サンプリングを行った時刻について、図 4 に示す。この測定は日を変えて実施し、その平均値で評価した。また、比較のためにトルエン以外にこのオフィスで検出される VOC のうち主な成分(14 種)を成分毎に検量線を作成して定量を行い、その合計量を VOC₁₄ として同様に評価した。

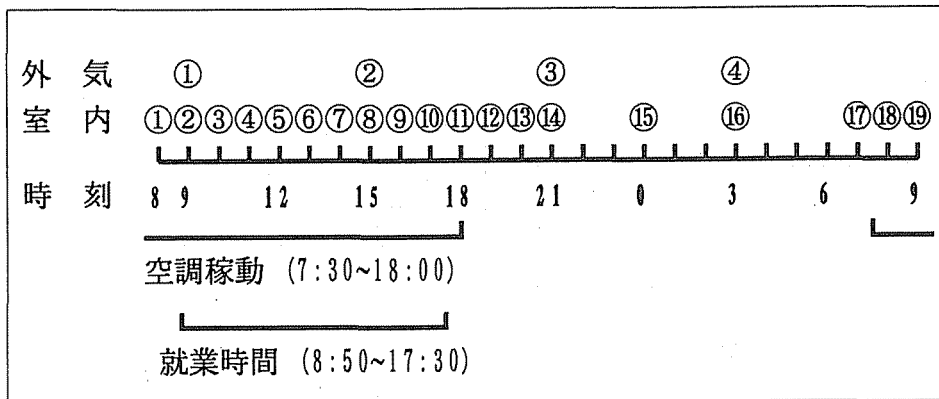


図 4 サンプリング時刻

室内空気および外気中のトルエンの経時変化を図 5 に示す。室内空気のトルエン濃度は日中変動しながら推移し、その後夜間では $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ まで増加し、翌朝減少する。空調が稼動していても在室者の多い日中では濃度が大きく変動することからトルエンは人間の活動に伴っても発生すると考えられる。空調が停止してかつ在室者のいない夜間に濃度が上昇する傾向があることからトルエンは建物(建材、什器等)からも発生すると考えられる。早朝の、在室者がいないときに空調が稼動すると濃度が

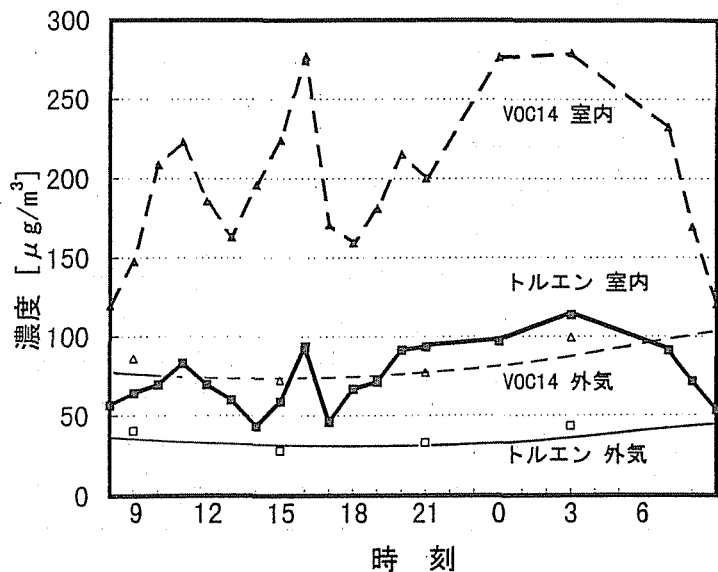


図 5 トルエンの濃度の経時変化

低くなる傾向があることから、換気によってトルエンは低減できる。これらのことは VOC₁₄ の経時変化においても同様である。

また、日中の変動は約 40~100 μg/m³ であり、その時間の平均は 65 μg/m³ である。VOC の測定にあたり、短時間のサンプリングで測定する場合には複数回のサンプリングを行うなどこの程度の誤差を考慮した測定を行うべきと考える。さらに、空調の停止する夜間については全体的に日中よりも高濃度で推移し、平均も約 100 μg/m³ となるので、24 時間などといった長時間のサンプリングによる測定は一般家屋とは異なり在室者がなくてしかも高濃度になる夜間もあわせた測定となるため、居住空間の評価としては日中の測定とするなどの考慮が必要である。

この測定と同時に室内の環境要素である温度、湿度、浮遊粉塵量、一酸化炭素濃度、二酸化炭素濃度を測定した結果を図 6 に示す。温度や湿度は空調によって日中ほぼ一定に制御されており、夜間もほとんど変わっていない。浮遊粉塵量、一酸化炭素濃度、二酸化炭素濃度は在室者のある時間帯は変動して

おり、夜間に徐々に減少してゆくことがわかる。一日を通じ、これらの環境要素の変動パターンとトルエン濃度の変動パターンとは一致しないが、在室者の有無やその人数、活動の影響を受けると考えられる二酸化炭素濃度の挙動と比較検討を行った。同時に測定していた二酸化炭素濃度とトルエン濃度との関係を図 7 に示す。日中の勤務時間(9:00~18:00)について示した。図 7 より日中については正の相関が示唆される程度である。オフィスにおいて二酸化炭素はそのほとんどが在室者から発生するものと考えられることに対し、トルエンについては在室者の事務作業等に伴って発生することや、建材等の定常的な発生源があると考えられるとすると、この程度の関連性であることが妥当と考えられる。

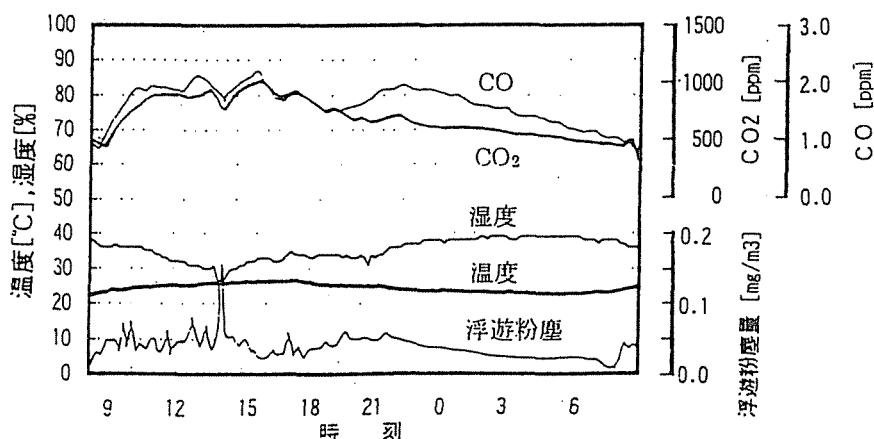


図 6 温度,湿度,粉塵,CO,CO₂の変化

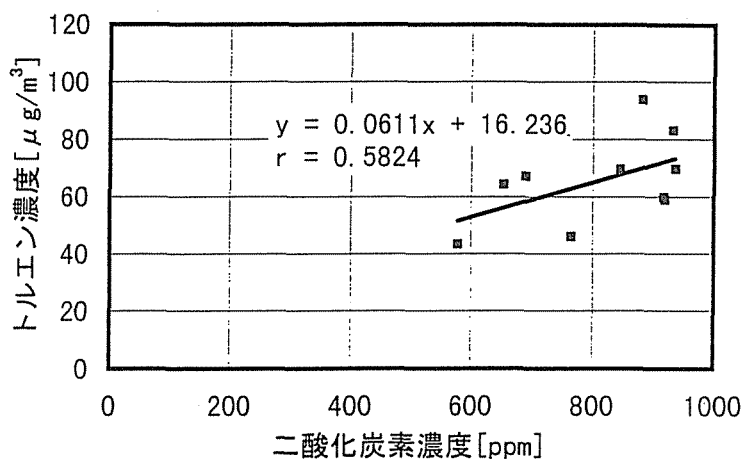


図 7 日中の CO₂ 濃度とトルエン濃度の相関

4. まとめ

これら一連の測定、調査を通じ、次の知見を得た。

- (1)日本のオフィス内の VOC の成分としては芳香族化合物の存在割合が高い。
- (2)VOC の濃度は日中は変動するので、短時間サンプリングによる測定はその誤差を考慮する必要があり、夜間は日中より高くなるので居住空間を評価する測定を行う場合はそのことを考慮する必要がある。
- (3)トルエンの濃度の経時変化と二酸化炭素濃度の経時変化とを比較するとトルエンの発生には建材の他に人間の活動に伴う影響があることを示唆している。

参考文献:

- 1) 池田耕一：室内空気汚染のメカニズム,鹿島出版会,1992.
- 2) 小関多賀美 他:空気質に着目した室内環境の実測 (その 1)ガスクロマトグラフ質量分析計による揮発性有機化合物の実測,空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 1994, pp. 701-704.
- 3) 戸田浩之 他：オフィスビルにおける揮発性有機化合物の実測,室内環境研究会第 1 回研究発表会講演抄録集, 1995.
- 4) Kazuaki Iijima,et al : Measurement of Indoor Air Quality in Office Buildings, Proceedings of the International Conference on Indoor Air Quality and Climate INDOOR AIR '96,1996.
- 5) 堀雅宏 他：オフィスビルにおける VOC、ホルムアルデヒド汚染,日本空気清浄協会第 14 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,1996,pp.165-168
- 6) EPA METHOD TO1,1984,Method for The Determination of Volatile Organic Compounds in Ambient Air Using TENAX^R Adsorption And Gas Chromatography / Mass Spectrometry (GC/MS), Environmental Protection Agency
- 7) 米津晋 他：各地オフィスビル内の揮発性有機化合物の調査,室内環境研究会第 2 回研究発表会講演抄録集, 1995,pp.38-39.
- 8) 米津晋 他：オフィス内の揮発性有機化合物(VOC)の経時変化,空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 1996, pp. 989-992.