

# 建物竣工時の室内空気質測定結果

## TVOC及び定性分析結果について

石川 伸介\* 青木 貴均\*

### Indoor Air Quality Measurements at the Time of Building Completion

For qualitative analysis, and TVOC

by Shinsuke ISHIKAWA and Takahiro AOKI

#### Abstract

We considered the results of the measurements of air quality at the time of building completion. Most rooms were within the measurement results, and good results were obtained. In some rooms, however, the levels of toluene and styrene, thought to have been used in repair or cleaning, were higher than the guideline values. As a result of TVOC and qualitative analysis, solvent components and aromatic components were detected. Ventilation was confirmed to greatly lower the concentrations.

#### 要 旨

昨年度から、建築物の竣工時に行った VOC 測定の結果について考察した。測定の結果、大部分の部屋においては、良好な結果が得られた。しかし一部の部屋では、補修やクリーニングに使用されたとと思われるトルエン、スチレンの濃度が指針値を上回っていた。また TVOC 測定、及び定性分析の結果、溶剤系の成分と木材の芳香成分が多く検出された。いずれも換気を行うことにより大幅に低減することが確認できた。

キーワード：室内空気質／TVOC／シックハウス／定性分析

#### 1. はじめに

シックハウス問題は、1990年代に大きな問題となり、その後の法整備、材料の進歩等により大きく改善されてきた。

しかしながら、近年においても、シックハウスによる被害は発生しており、原因物質についても規制対象物質や厚生労働省が指針を定めた物質以外の物質によると考えられる例も見られる。

昨年度、当研究室では、室内空気質の分析を行うための機器を導入した。そこで、各種建築物の施工直後の室内VOCについて、VOCの定量測定とともに、定性分析及びTVOCの測定を行うことにより、

現状の建築物における室内空気質の傾向を把握するとともに、換気による空気質の改善効果を確認した。

#### 2. 実験方法

計測は、施工が終了し、引き渡し前の現場において行った。

採取方法、分析方法は厚生労働省の「シックハウス問題に関する検討会」が作成した「室内空気中化学物質の測定マニュアル」に準拠した。

##### 2.1 測定場所、日時

測定を行った建物の概要及び採取日を表1に示す。2個所の建物については、一部指針値を超えた物

\* 技術研究所化学環境研究室

表1 測定建物及び測定日

用途	測定年月	所在地	測定数
校舎①	2008年12月	東京都	5室
集合住宅	2008年12月～	東京都	6室+外気1
	2009年1月		再測定 3室
校舎②	2009年2月	茨城県	11室+外気2
寄宿舎	2009年4月～	千葉県	19室+外気1
	2009年5月		再測定 8室

質があったため換気後再度測定をおこない、結果の比較を行った。

## 2.2 試料採取

計測にあたっては、30分間外部に面した窓等開口部、室内の家具等の扉引き出し全てをあげ、その後5時間以上外部に面した窓等は閉め切ったのち、試料採取を行った。

試料採取は、アクティブ法とし、アルデヒド類はDNPH、その他のVOCsはTenax TAにより捕集した。

採取時間は30分間とし、採取速度はアルデヒド類1(l/min)、その他のVOCは100(ml/min)とした。

## 2.3 分析

### ① アルデヒド類

採取したアルデヒド類は、DNPH誘導体として、アセトニトリルで抽出した後、高速液体クロマトグラフィー(LC-2110HT)を使用し、Shim-Pack FC-DOSカラムで分離し、紫外吸光光度計で計測し、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの定量を行った。

### ② その他のVOC

アルデヒド以外のVOCでは、対象物質を吸着させたTenax TAのチューブから加熱脱着により分離しGC/MS(GCMS-QP2010 Plus)により分析した。トルエン、キシレン、パラジクロロベンゼン、エチルベンゼン、スチレン、ノナール、テトラデカン、フタル酸ジブチル、フタル酸-ジ-2エチルヘキシルについて、定量分析を行った。

## 2.4 定性分析

定性分析は、GC/MSのクロマトグラフに現れたピークについて、面積の大きい方から10物質について行った。得られたマススペクトルをライブラリーに登録されているマススペクトルとシミラリティ検索を行い類似度の高い物質を選び出した。

## 2.5 TVOCの計算

TVOCの計算には、各種方法が提案されているが、

今回は、GCMSで検出できたピークのうちn-ヘキサンからn-ヘキサデカンの部分に存在するものについて、ピーク面積を計算し、合計値をトルエンの検量線で濃度に換算し、トルエン換算値( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )で表すこととした。

## 3. 結果

### 3.1 定量分析結果

#### a. 校舎①

結果を表2に示す。

トルエン、キシレン等が見られるが、いずれの部屋においても指針値を下回っていた。

表2 校舎①におけるVOC測定結果 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

部屋No.	B1	2A	2C	3B	3D	指針値	定量下限値
ホルムアルデヒド	13	12	12	13	16	100	10
アセトアルデヒド	10	<10	11	16	16	48	10
トルエン	18	14	44	65	29	260	10
キシレン	23	15	34	40	21	870	10
パラジクロロベンゼン	<10	<10	<10	<10	<10	240	10
エチルベンゼン	<10	<10	17	21	16	3800	10
スチレン	13	<10	<10	<10	<10	220	10
ノナール	<10	<10	<10	10	<10	41	10
テトラデカン	<10	<10	<10	<10	<10	330	10
フタル酸ジブチル	<10	<10	<10	<10	<10	220	10
フタル酸-ジ-2エチルヘキシル	<10	<10	<10	10	<10	120	10

#### b. 集合住宅

結果を表3,4に示す。

1回目の測定では、一部の部屋でアセトアルデヒド、トルエン、スチレンが指針値を上回った。

これらの物質は、塗料、接着剤等から放散されていると考えられるので、昼間窓を開け放し、換気を行い約2週間後に、濃度が比較的高かった3室について、再測定を行った(表4)。いずれの部屋においても、大幅に改善され、指針値を下回った。

表3 集合住宅の分析結果(1回目) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

部屋No.	202	203	802	803	1402	1403	外気	指針値	定量下限値
ホルムアルデヒド	20	16	19	16	25	12	<10	100	10
アセトアルデヒド	44	33	26	27	58	29	<10	48	10
トルエン	271	125	224	65	99	58	36	260	10
キシレン	150	109	124	50	142	44	19	870	10
パラジクロロベンゼン	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	240	10
エチルベンゼン	181	87	159	65	196	55	13	3800	10
スチレン	284	115	207	100	316	155	<10	220	10
ノナール	10	<10	12	<10	21	16	<10	41	10
テトラデカン	<10	<10	<10	<10	14	<10	<10	330	10
フタル酸ジブチル	<10	<10	<10	<10	0	<10	<10	220	10
フタル酸-ジ-2エチルヘキシル	<10	<10	<10	<10	10	<10	<10	120	10

表4 集合住宅の分析結果 (2回目) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

部屋No.	202	802	1402	指針値	定量 下限値
ホルムアルデヒド	<10	<10	<10	100	10
アセトアルデヒド	10	<10	<10	48	10
トルエン	37	26	16	260	10
キシレン	35	22	18	870	10
パラジクロロベンゼン	<10	<10	<10	240	10
エチルベンゼン	37	23	19	3800	10
スチレン	76	38	37	220	10
ナナール	<10	<10	<10	41	10
テトラデカン	<10	<10	<10	330	10
フタル酸ジブチ	<10	<10	<10	220	10
フタル酸ジ-2エチルヘキシル	<10	<10	<10	120	10

c. 校舎②

校舎②の定量分析の結果は、数部屋で $20(\mu\text{g}/\text{m}^3)$ 程度の微量のトルエンが検出されたが、他の物質はいずれも定量限界以下であった。良好な結果であると考えられる。

d. 寄宿舍

測定結果を表5に示す。計測の結果、トルエン、キシレン、エチルベンゼンなどが計測された。いずれも塗料、接着剤等の溶剤から放散すると考えられるが、全く同一仕様で同じ材料を使用している部屋において、濃度が大きく異なっている。また施工順番との関係も窺われないことから、測定日に他の部分で行われていた、補修及び仕上げ工事で使用していた塗料や接着剤の溶剤が流れ込んできた可能性が高いと考えられる。

そこで、濃度の高かった部屋においては1週間後に再度測定を行った。測定の結果を表6に示す。いずれの部屋においても大幅にVOC濃度は下がっていた。

表6 寄宿舍におけるVOC定量分析結果 再測定 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

部屋No.	W105	W205	W305	E105	E205	E305	E405	浴室
ホルムアルデヒド	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
アセトアルデヒド	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
トルエン	10	14	19	23	16	30	23	<10
キシレン	12	11	12	19	11	14	17	<10
パラジクロロベンゼン	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
エチルベンゼン	<10	<10	<10	15	<10	12	13	<10
スチレン	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ナナール	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
テトラデカン	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
フタル酸ジブチ	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
フタル酸ジ-2エチルヘキシル	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

3.2 TVOC及び定性分析結果

いずれの建物においても、厚生労働省の研究会の暫定目標値 ( $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) と比較してかなり高い値を示している。これは施工直後の値であるため、施工後ある程度時間の経った建物を想定した、暫定目標値の考え方とは異なっているためと考えられる。

図1,2に、換気を行い再度測定した部屋について、TVOCの変化を示す。いずれの場合でも換気により大幅にTVOCが低下している。

集合住宅においては、平均で約4分の1まで低減した。また寄宿舍においては平均で約3分の1に低減しており、換気によるTVOC低減の効果は非常に大きいと考えられる。

TVOCの大部分は、集合住宅の場合では塗料の溶剤や、木材由来と思われる芳香成分であった。

1回目の測定では、 $\alpha$ ピネン、3-カレン、リモネンなど木材由来と思われる芳香成分の他、トルエン、スチレンが検出された。しかし、換気後の2回目の測定では、大部分が、 $\alpha$ ピネンで占められ、溶剤系の成分はごく微量であった。

表5 寄宿舍におけるVOC定量分析結果 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

部屋No.	W105	W205	W305	W405	W505	W605	E105	E205	E305	E405	E505	E605	1Fラン ドリー	3Fラン ドリー	3Fキッ チン	脱衣室	浴室	1FWC	管理室	外気
ホルムアルデヒド	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
アセトアルデヒド	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
トルエン	386	449	129	81	97	100	287	628	283	569	64	28	32	<10	<10	146	215	151	76	<10
キシレン	98	146	49	22	14	60	105	247	125	227	13	<10	<10	<10	<10	<10	30	<10	<10	<10
パラジクロロベンゼン	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
エチルベンゼン	108	163	54	18	13	66	116	278	138	255	11	<10	<10	<10	<10	<10	32	<10	<10	<10
スチレン	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
ナナール	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
テトラデカン	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
フタル酸ジブチ	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
フタル酸ジ-2エチルヘキシル	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

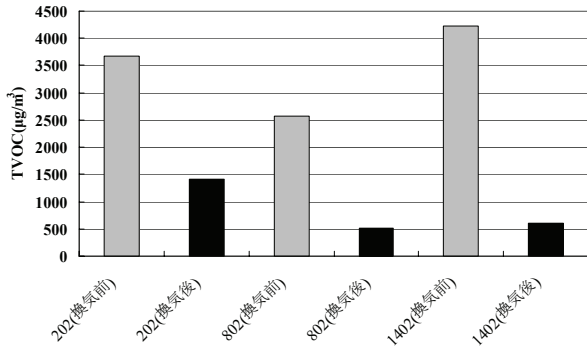


図1 集合住宅のTVOCの変化

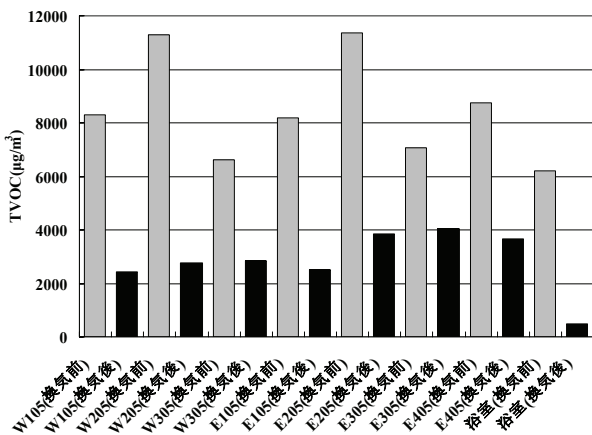


図2 寄宿舎のTVOCの変化

一方、寄宿舎の計測結果では、測定された物質の大部分は、塗料等に含まれている溶剤の成分と思われる、脂肪族の炭化水素であった。しかし、2回目の測定では、1回目の測定ではあまり見られなかった成分（イソドデカン）が中心となっており、2回の測定の間に行われた補修工事か清掃作業で使用された溶剤等から放散されたと考えられる。

表7に校舎①の一室での定性分析で検出されたもののうち、上位10物質について示す。溶剤、芳香物質の他、テキサノールなどエマルジョン塗料の各種成分と思われる物質が見られる。

表7 定性分析で検出された物質の例

物質名	用途等
酢酸エチル	接着剤、塗料の溶剤
ジエチレングリコール	保湿剤、凍結防止材、塗料、接着剤
n-ブタノール	塗料、シンナー
ジエチレングリコール	フロアーワックス、ペイント除去剤、
モノエチルエーテル	木工着色染料溶剤
イソドデカン	溶剤、金属洗浄剤
2,2,4-トリメチル-1,3-ペンタンジオールジイソブチレート	可塑性、インク・塗料などの可塑性・溶剤
テキサノール	エマルジョン塗料の造膜助剤
n-ウンデカン	石油系溶剤、クリーニング用溶剤
ノナノール	柑橘系の精油の天然成分
デシルアルデヒド	精油

#### 4. 考察

今回測定した建物については、一部に厚生労働省指針値を上回るものも見られたが、換気により充分低いレベルに下げることができた。指針値を上回っていた物質は、トルエンが一番多く、キシレン、アセトアルデヒドであった。今回の計測ではその他の物質が指針値を越すことはなかった。

TVOCは、いずれの建物においてもかなり高い値を示していた。換気によりかなり下げることができたが、厚生労働省の暫定目標値と比べると依然かなり高い値となっている。

TVOCについては、換気が重要であると考えられる。集合住宅等においては、気密性が高いためTVOC濃度が下がるにはかなりの時間を要すると思われる。引き渡し前に充分換気するとともに、使用時にも24時間換気を行い早期にTVOC濃度を下げることが好ましい。

しかし、他の場所で補修工事や溶剤を使用したクリーニング作業を行われていた場合や、換気設備が完全にできあがっていない段階で換気を行った場合、他の部分の汚れた空気を引き込む可能性があり注意が必要である。

今回、定性分析で検出された物質については、溶剤と木材の芳香成分が中心であった。溶剤については、揮発性の高い物が中心であるため、換気による除去効果が高かった。一方、芳香成分については木材からの放散が続いていると考えられ、なかなか濃度が下がりにくい。芳香成分については比較的人体への悪影響は少ないと考えられるが、高濃度の場合、体質等によりシックハウスの症状が現れる可能性がある。また一部の現場では、塗料の各種成分などが検出されている。これらについては、シックハウスの原因と疑われる例もみられ、比較的揮発しにくく長い間室内にとどまるものもあるため、十分な換気により濃度を下げることが必要と考えられる。

#### 5. まとめ

今回の計測により、竣工時の建物の室内の空気環境について知ることができた。また換気により、VOC濃度を大幅に下げられることが分かった。

今後は、施工中の現場や施工終了後時間の経った建物などでの測定も行い、汚染物質の濃度の変化を把握するとともに、対策についても検討を行いたい。