

地下街におけるガス状汚染物質の実態調査

Actual Condition Survey of Gaseous Pollutant in Underground City

J05065-6 鈴木 淳

Abstract

The underground city has received the restriction by the building hygiene method. Moreover, it is thought that the indoor air environment is not good because it is constructed in the center of a city, and it is constructed in an underground. The gaseous pollutant was investigated by the actual condition survey in this investigation. As a result, it has been understood that the air environment of the underground city doesn't exceed the building hygiene method management standard. However, it was clarified that the TVOC density exceeded the indicator value.

Keywords : 建築物衛生法 (building hygiene method) 実測調査 (actual condition survey)
 ガス状汚染物質 (gaseous pollutant) 地下街 (underground city)

1. 背景と目的

建物において衛生上の維持管理が不適切であるとシックビル症候群等の健康障害が生じることがあり、こうした建物の維持管理に起因する健康影響の問題に対処するために「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(以下、建築物衛生法)が制定された。地下街も延床面積 3000m³以上の建物は特定建築物とされ建築物衛生法による管理基準を設けられている。また、シックビル症候群等は空気中のガス状汚染物質等の影響で起こるものであり、ガス状汚染物質に対する規制等が行われている。わが国では厚生労働省によるガイドライン等でガス状汚染物質の指針値が示されている。地下街は都心部に建設されることが多く、一般の建築物とは違い地下に建設されているため地上の空気質の影響を受けやすく、空気環境があまり良くないと考えられる。また、地下街は、飲食店や販売店などの店舗の数が多く、それに伴い店舗で働く長時間労働者が多くなる。地下街働く長時間滞在者にとっては地下街の空気状態が心身の健康や安全に大きく影響すると考えられる。

そのため、本研究では都内の地下街において実測調査を行い地下街の空気環境、特にシックビル症候群等の原因となる空気中のガス状汚染物質についての評価を行うことを目的とする。

2. 実測調査概要

本研究は、2008年に東京の地下街施設1件の室内外で測定を行った。表1に測定概要、表2に建物概要、表3に測定機器概要を示す。また、表4に厚生労働省による揮発性有機化合物(Volatile Organic Compounds: 以下、VOC)の室内環境指針を示す。

表1 測定概要

所在地	調査日	測定時天候	測定時刻	外気測定場所
東京	2008.11.28	雨/晴れ	10:00~18:00	地上

表2 建物概要

築年数	全体のSC面積[m ²]	測定場所面積[m ²]		
		延床面積	地下道面積	SC面積
40年以上	29035	10590.5	5369.1	5221.4

表3 測定機器概要

測定項目		測定機器	測定時間
連続測定物質	浮遊粉塵	LPC	1回1分間の連続測定
	個数濃度	デジタル粉じん計	1回1分間の連続測定
	質量濃度		
	一酸化炭素の含有率	IAQモニター	1回1分間の連続測定
	二酸化炭素の含有率		
	温度		
相対湿度			
気流	クリモマスター	1回1分間の連続測定	
巡回測定物質	浮遊粉塵	LPC	1回1分間
	個数濃度	IES 3000	1回1分間
	質量濃度		
	温度	IES 3000、検知管	1回1分間、2分間
	相対湿度		
	相対湿度		
気流			
一酸化炭素の含有率	IES 3000、検知管	1回1分間、4分間	
二酸化炭素の含有率			
ガス状物質	VOC/TVOC	TenaxTA、GC/MS	午前、午後1回ずつ 計2回(流量0.167L/min で30分の計5L)
	アルデヒド類	DNPH、HPLC	午前、午後1回ずつ 計2回(流量1.0L/min で30分の計30L)

表4 厚生労働省室内環境指針

物質名	指針値 [μg/m ³]	用途
ホルムアルデヒド	100	接着剤、防腐剤
アセトアルデヒド	48	接着剤、防腐剤
トルエン	260	接着剤、塗料の溶剤
キシレン	870	接着剤、塗料の溶剤等
パラジクロロベンゼン	240	防虫剤、芳香剤
エチルベンゼン	3800	塗料の溶剤
スチレン	220	断熱材
テトラデカン	330	塗料の溶剤、灯油
ノナール(暫定値)	41	食品、化粧品
フタル酸ジ-n-ブチル	220	可塑剤
フタル酸ジ-2-エチルヘキシル	120	可塑剤
クロルピリホス	1	殺虫剤、防蟻剤
	0.1	
ダイアジノン	0.29	殺虫剤
フェノブカルブ	33	防蟻剤
TVOC(暫定目標値)	400	—

3. 測定結果

3. 1 建築物衛生法 6 項目

地下街施設は建築物衛生法による特定建築物に指定されている。そのため、室内空気環境を建築物環境衛生管理基準（表 5 に示す）に保つことが適切である。また、実際の稼働状況の確認も含め、環境計測の基本であり、示す必要があるため記載する。図 1 に各々の測定結果、図 2 に箱グラフの見方を示す。図 1 より 6 項目全てが建築物衛生法の管理基準を下回る結果であることが分かる。また、測定値にばらつきはあるものの最大値が基準値よりも低いことがわかる。これより、今回調査した地下街は建築物衛生法の管理基準を満たしていることが分かる。

3. 2 揮発性有機化合物 (VOC)

空気中に存在する化学物質は全て人間に何らかの影響を及ぼす可能性がある。そのため、公衆衛生の観点から化学物質の不必要な暴露を低減させるために個別物質について対策の基準となる客観的な評価を行ってきており、日本では厚生労働省の室内空気質のガイドラインでは室内環境指針値(表 4 に示す)が設けられている。指針値は現地点で入手可能な毒性に係る科学的知見から、人間がその濃度の空気を一生涯にわたって摂取しても健康への有害な影響は受けまいであろうと判断される値を算出したものであり、指針値以下がより望ましいとされている。図 3 に TVOC 測定結果、図 4 に各 VOC の測定結果を示す。図 3 より室内の総揮発性有機化合物(Total Volatile Organic Compounds : 以下、TVOC) 検出量が午前、午後共に室内環境指針値を超過していることが分かる。また、外気の検出量も比較的高いことが分かる。これより、VOC に関して室内の管理は十分でなく施設内の人々に健康影響を与えやすい環境といえる。また、外気の TVOC 濃度が高い理由としては外気測定点が交通量の多い道路付近であったためと考えられる。図 4 より個別で VOC 検出量を見ると室内環境指針値を超過していないことが分かる。しかし、トルエンの検出量が比較的高いことが分かる。また、トルエン、キシレン、エチルベンゼンは外気の検出量も高いことが分かる。これより、個別の VOC は室内環境指針値を超過しないもののトルエンのように検出量が比較的高い物質があり空気環境は良いとは言えない。また、トルエン、キシレン、エチルベンゼンはガソリンから排出されるため外気検出量が高い理由は自動車の排気ガスが原因と考えられる。

表 5 建築物衛生法 6 項目

項目	管理基準値
浮遊粉塵量	0.15mg/m ³ 以下
一酸化炭素含有率	10ppm以下
炭酸ガス含有率	1000ppm以下
温度	17℃以上28℃以下
相対湿度	40%以上70%以下
気流	0.5m/s 以下

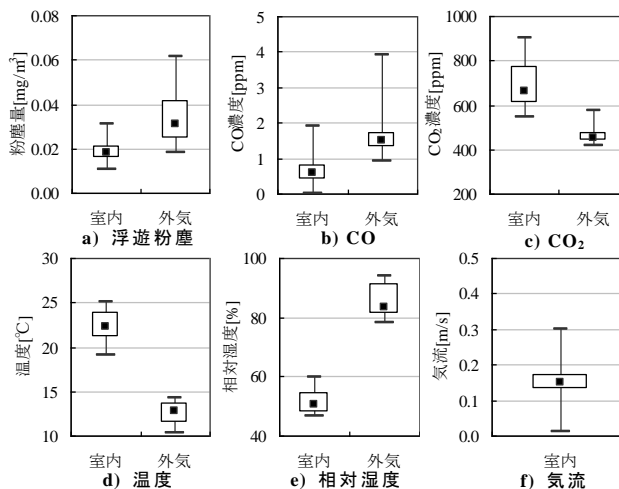


図 1 6 項目測定結果

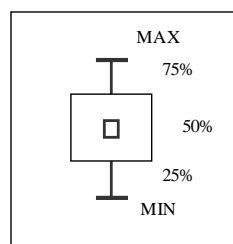


図 2 箱グラフの説明

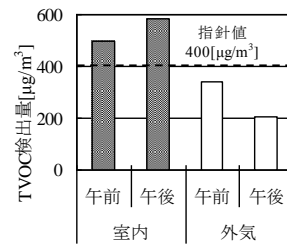


図 3 TVOC 測定結果

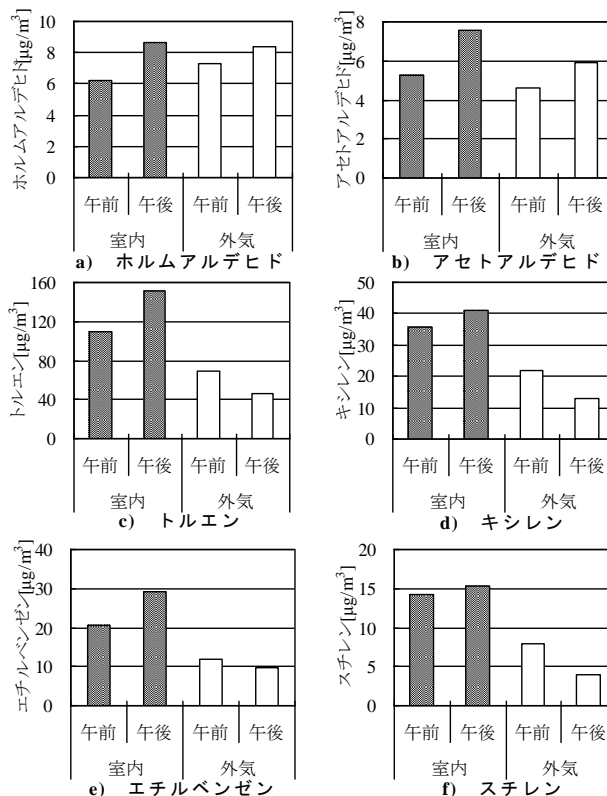


図 4 各 VOC 測定結果

3. 3 巡回測定時の空間分布

地下街は広く、地下にあるために自然換気はほとんど期待できないために室内空気環境は空調機次第である。そのため施設内全体の空調機の稼動状態、空気の滞留などが無いかを調査するために連続測定点以外の10点で温度、湿度、CO、CO₂の測定を行った。図5に測定点見取り図、表6、及び図6に温度、湿度、CO、CO₂の測定結果を示す。

a) 温度の空間分布

表6、図5、図6より、午前、午後共に測定点2の値が最も低く、測定点10の値が最も高い値となっており、午前の測定結果では4.1℃、午後の測定結果では2.5℃の差があることがわかる。また、メイン通路で通路1側と通路3側では約3℃の差があることがわかる。この理由は、測定点2では発生源である店舗が少ないためにこのような結果になったと考えられる。

b) 相対湿度の空間分布

表6、図5、図6より、午前の測定では測定点1、2の値が高く通路1に向かうにつれ相対湿度は少しずつ下がる傾向にあることがわかる。また、午後の測定では測定点4の値が最も高く測定点1の値が最も低いことがわかる。温度と相対湿度は通常反比例する関係にあるので温度分布と逆の形をとっている。

c) COの空間分布

表6、図5、図6より、全測定点で午前より午後の方が高い値となっていることがわかる。また、午前、午後共に通路1上の測定点8、9、10は他の測定点と比べ比較的高い値をとることがわかる。この理由は、午前より午後の方が外気のCO濃度が高いため外気から流入してきたCOが室内のCO濃度を高くしたと考えられる。

d) CO₂の空間分布

表6、図5、図6より、午前、午後共に通路3から通路1に向かうにつれCO₂濃度が高くなることわかる。また、メイン通路でも同じ傾向があるとわかる。この理由はダクト平面図を見ると通路1側はレタンダクトに排気されるが通路3側には給気設備しかないためこのような空間分布になったと考えられる。

e) 空間分布のまとめ

ダクト平面図では各通路に給気し、通路1で排気する仕様になっている。それを考慮して各測定項目の空間分布を見ると通路1室内の給気、排気は計画どおりに行われていることがわかる。また、どの測定点においても過剰な測定値はなかったため空気の滞留はないと考えられる。

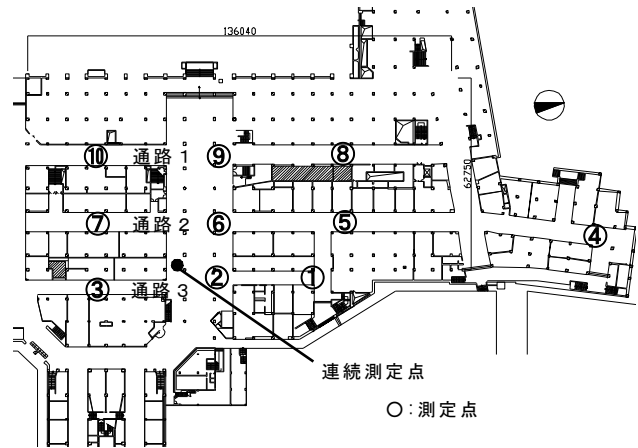
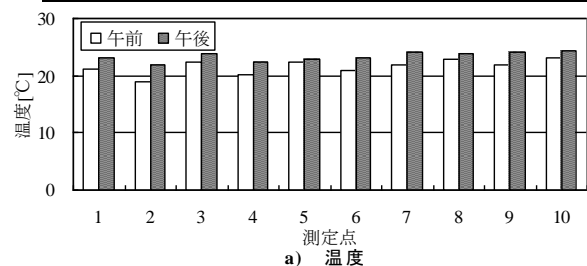


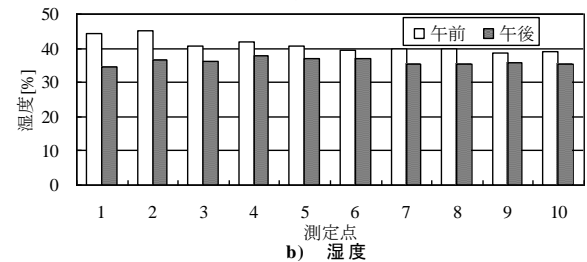
図5 測定点見取り図 Scale 1:2500

表6 巡回測定結果

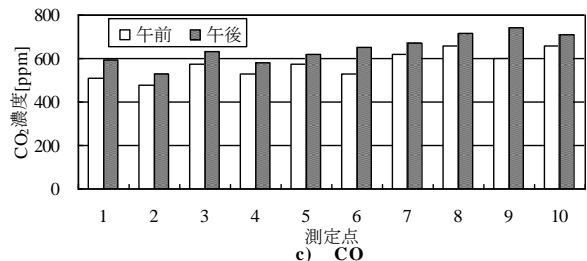
測定点	温度[℃]		湿度[%rh]		CO ₂ [ppm]		CO[ppm]	
	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後
1	21.1	23.2	44.2	34.4	510.3	594.2	0.18	0.92
2	19.0	22.0	45.0	36.4	480.3	530.9	0.24	0.43
3	22.3	23.8	40.6	36.0	576.4	629.2	0.16	0.30
4	20.3	22.5	42.1	37.9	528.7	581.6	0.07	0.40
5	22.5	22.9	40.8	37.0	575.4	616.6	0.56	0.84
6	20.8	23.2	39.3	37.0	527.4	650.0	0.02	0.50
7	21.8	24.1	39.9	35.5	617.6	668.0	0.00	0.60
8	22.8	24.0	39.7	35.5	657.8	715.6	0.56	1.30
9	22.0	24.0	38.6	35.7	599.2	743.8	0.27	0.76
10	23.1	24.5	38.9	35.2	658.0	710.6	0.40	0.86



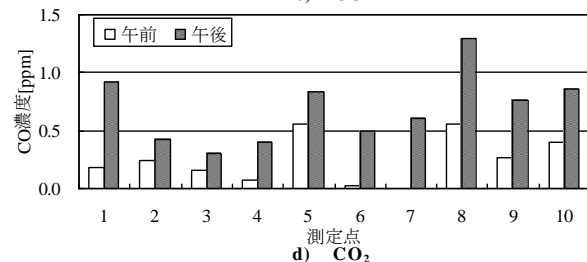
a) 温度



b) 湿度



c) CO₂



d) CO

図6 各測定点結果

4. 外気濃度と室内濃度の比較 (I/O 比)

今回の調査施設は地下にあり自然換気がほとんど期待できない、そのため空調機による室内環境維持管理がなされている。しかし、今回の調査施設では給気の 2/3 を外気から取り入れていること、外気導入口が交通量の多い道路付近であるために外気の影響が室内環境に影響すると考えられる。そのため、ガス状汚染物質の外気濃度と室内濃度を比べることにより外気の影響があるのか考察する。

a) CO、CO₂ 濃度

図 7 より CO 濃度は測定時間中常に I/O 比が 1.0 以下になっていることがわかる。それとは反対に CO₂ 濃度は測定時間中常に 1.0 以上になっていることがわかる。これより、CO に関しては交通量が少なく CO 濃度が低い夜間の外気が室内に流入しその空気が室内に残っていたため I/O 比が 1.0 以下になったと考えられる。また、CO₂ に関しては室内では 1 時から 2 時の I/O 比が高いことから通行者、店舗内で働く人の活動により CO₂ が発生するためこのような結果になったと考えられる。

b) VOC

図 8 より VOC に関して I/O 比が比較的に高い物質が多いことが分かる。また、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの I/O 比が 1.0 に近いことが分かる。これより、I/O 比が高いことから VOC は室内で発生していることが考えられる。また、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの I/O 比が 1.0 に近いことからアルデヒド類に関しては主に外気の影響を受けており室内ではあまり発生しないということが考えられる。

5. まとめ

今回の調査で地下街の空気環境は建築物衛生法管理基準を超過せず、空気の滞留がないことから空調機は適切に稼働していることが分かった。しかし、VOC に関して個々の物質では厚生労働省室内環境指針値を超過することはなかったが TVOC 濃度が指針値を超過していることが明らかになり、何らかの健康影響を及ぼす可能性があることが分かった。TVOC 濃度が高くなった原因として外気導入口が交通量の多い道路付近にあるため自動車の排気ガスが空調機を通し室内に流入していることが考えられる。また、I/O 比の結果から室内にもガス状汚染物質の発生要因があると考えられる。今後の課題としては、ガス状汚染物質の経時変化、粉塵との比較、測定データの蓄積があげられる。

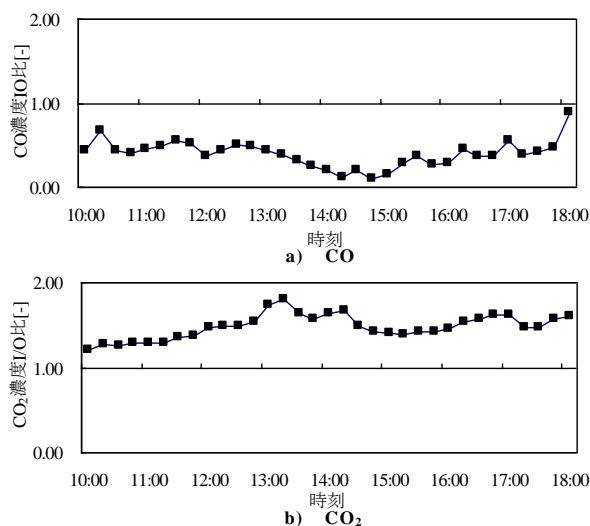


図 7 I/O 比

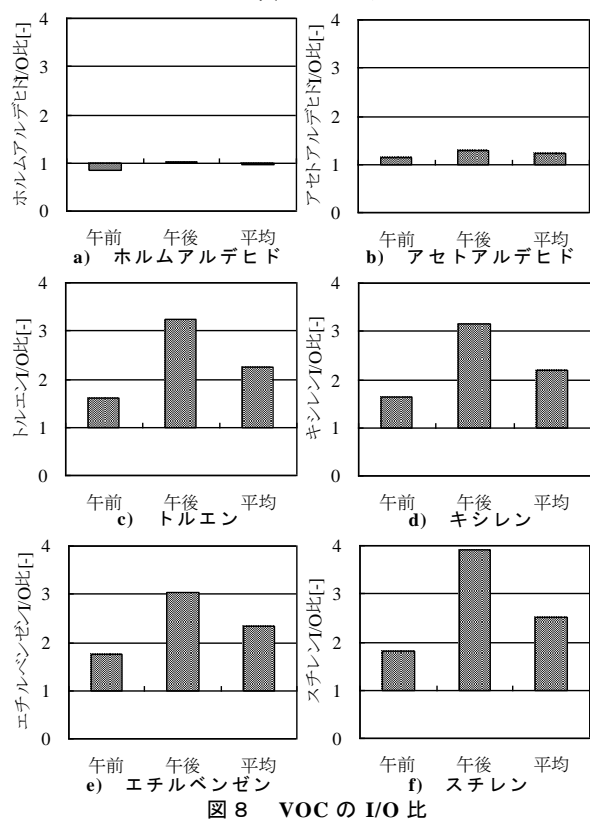


図 8 VOC の I/O 比

【参考文献】

- 1) 安藤正典：室内空気汚染と化学物質、化学工業日報社、2002.4.10.29、pp.189-221
- 2) 日本建築学会：シックハウスを防ぐ最新知識～健康な住まいづくりのために～、日本建築学会、2005年3月 pp.102-107
- 3) 永吉敬行他：病院における空気環境調査 その2 ガス状物質の実態調査、第25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、2007.4.12-4.13、pp.193-195
- 4) 永吉敬行他：社会福祉施設における空気環境調査、第26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

【謝辞】

本研究は、平成 20 年度厚生労働科学研究費補助金（健康科学研究事業）「建築物における環境衛生の維持管理に関する研究（代表：柳宇）」によって行った。記してここに感謝の意を表する。