

# 主要6都市の地下街における空気環境に関する研究

建設工学専攻(修士課程)  
建築環境工学研究

510046-6 小柳裕平  
指導教員 西村直也

## 1. 研究の背景

我が国の室内環境の基準である「建築物における衛生的環境の確保に関する法律(通称、建築物衛生法)」において、特定用途で使用される延床面積 3000m<sup>2</sup>以上の建物を特定建築物と指定してきた。地下街に関してもこの法律が適応され、環境衛生上の維持管理が義務付けられている。表1に建築物衛生法の管理基準7項目を示す。

地下街は主に交通量が多く、人口の密集する都市部に建設され、さらに閉鎖的空間であることから、地上に建設された建築物の室内環境とは異なる事が懸念される。この事は利用者のみならず、地下街の飲食店や販売店等で働く従業者に対しても安全性、快適性の面で多大な影響があるものと考えられる。

また、建築物衛生法では、浮遊粉じんは、粒径が概ね10μm以下の粒子が質量濃度において 0.15 mg/m<sup>3</sup>以下と定められている。近年における室内の浮遊粉じん濃度は、分煙や設備技術の進歩により、建築物衛生法が定められた1970年代に比べ大幅に減少しており、不適率で見ても昭和50年代初頭には6割前後と高い不適率を示していたが、近年では1%程度に止まっている。

また、粒径2.5μm以下の浮遊粒子状物質(PM2.5)の質量濃度と健康影響との関係性が明らかとなり、米国では1997年に環境基準が改訂されている。呼吸器に対する粒子の沈着現象では、0.1μm以下の超微粒子が肺の奥まで到達することが明らかとなっており、PM1.0、PM0.1といったより小さい粒子に関する管理も提唱されるようになってきている。健康影響としては粒子の質量、又は表面積が影響するとされているが、その一方で粒径の小さいものの測定には個数濃度が有効であり、質量濃度に加え粒径別個数濃度に関する知見が不可欠である。

## 2. 目的

本研究では、6カ所の地下街において、主に通路部分を対象として、建築物衛生法の管理項目である、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、浮遊粉じんの測定を行い、地下街における空気環境を把握することを目的とする。さらに浮遊粉じんについては、粒径ごとの挙動を詳細にするため、質量濃度の他に、粒径別個数濃度の測定を行った。

## 3. 調査項目

本研究は、6カ所の地下街にて室内外における実測調査を行った。表2、3に調査概要と、今回の実測対象の建物及びその空調・換気設備の概要を示す。測定については、定点連続測定(室内通路部分1点、屋外1点を8時間連続で測定)と、巡回移動測定(室内10カ所と室外1カ所を午前午後に分け、各測定点につき1回1分間を約5分間測定)の2種類行い、建築物衛生法の定める測定項目を測定した。測定概要を表4に示す。

## 4. 平面分布図の作成

先述の通り、測定は定点連続測定と巡回移動測定の2つがあるが、この内法定点検に準ずる、巡回移動測定の測定結果を主に、地下街の通路部分全体の平面分布図を作成した。表5に平面分布図の作成方法を示す。全都市の全巡回移動測定箇所における最小値、最大値をもとに、値が上昇するにつれ、円の直径とグラデーションを変化させ(I/O比以外の項目は最大値までを均等に10段階に分割した)、より視覚的に地下街通路部分の平面分布を把握できるようにした。

表1 建築物衛生法7項目

項目	基準値
浮遊粉じん	概ね10[μm]以下の粒子が0.15[mg/m <sup>3</sup> ]以下
一酸化炭素	10[ppm]
二酸化炭素	1000[ppm]
温度	17~28[°C]
相対湿度	40~70[%]
気流	0.5[m/s]
ホルムアルデヒド	0.01[mg/m <sup>3</sup> ]以下

表2 調査概要

測定場所	調査日	測定時間	測定日の天候
東京	2008.11.26	10:30-18:00	晴れ
	2009.8.11	10:30-18:00	雨のち曇り
川崎	2009.11.13	10:00-18:00	曇りのち雨
	2010.9.14	10:00-18:00	晴れ時々曇り
北海道	2009.11.26	10:00-18:00	曇り
	2010.8.25	10:00-18:00	晴れ
福岡	2009.12.4	10:30-18:00	晴れ
名古屋	2009.12.9	10:00-18:00	晴れ
大阪	2009.12.10	10:00-18:00	曇り

表3 空調・換気設備

測定場所	竣工年	延床面積[m <sup>2</sup> ]	規模	空調方式	換気方式	エアフィルタ型式(捕集率[%])	
						前段(重量法)	後段(比色法)
東京	1965	29,035	地下1階 一部2階	全体制御 PAC FCU	AHU OHU HEX	自動巻取型 (90)	静電式 (不明)
川崎	1986	56,916	地上1階 地下2階	全体制御 PAC FCU	AHU OHU HEX	パネル型 (76)	ろ材折込型 (90~95)
北海道	1971	33,645	地上1階 地下3階	全体制御	OHU	自動巻取型 (85)	不明
福岡	1976	53,300	地上1階 地下3階	全体制御 FCU	AHU	パネル型 (30)	自動巻取型 静電式 (90)
名古屋	1978	54,838	地下2階 一部3階	全体制御 ゾーン制御 FCU	AHU	未回答	未回答
大阪	1970	37,881	地上1階 地下1階	全体制御	AHU OHU FCU	自動巻取型 (85)	ろ材折込型 (90)

PAC:パッケージエアコン FCU:ファンコイルユニット  
AHU:エアハンド OHU:外調機 HEX:熱交換器

表4 測定概要

測定方法	測定項目	測定機器	測定時間
定点連続測定	浮遊粉じん	個数濃度[個/m <sup>3</sup> ] 質量濃度[mg/m <sup>3</sup> ]	LPC DDC
	一酸化炭素[ppm]	IAQモニター	1回1分間の連続測定
	二酸化炭素[ppm]		
	温度[°C]		
	相対湿度[%]		
	気流(室内のみ)[m/s]		
	通行者人数(室内のみ)[人]	数取り機	
巡回移動測定	浮遊粉じん	個数濃度[個/m <sup>3</sup> ] 質量濃度[mg/m <sup>3</sup> ]	
	一酸化炭素[ppm]	IES3000	各巡回地点1回1分間
	二酸化炭素[ppm]		
	温度[°C]		
	相対湿度[%]		

表5 平面分布図の作成方法

直径	グラデーション	夏季		冬季		気流[m/s]	CO <sub>2</sub> [ppm]	CO[ppm]	I/O比
		温度[°C]	湿度[%]	温度[°C]	湿度[%]				
3.5	白	23.64	37.77	16.33	21.23	0.06	406	0	0.1
		~	~	~	~	~	~	~	~
4	灰1	24.201	39.253	17.28	23.605	0.163	445.4	0.132	0.25
		~	~	~	~	~	~	~	~
4.5	2	24.762	40.736	18.23	25.98	0.266	484.8	0.264	0.4
		~	~	~	~	~	~	~	~
5	3	25.323	42.219	19.18	28.355	0.369	524.2	0.396	0.55
		~	~	~	~	~	~	~	~
5.5	4	25.884	43.702	20.13	30.73	0.472	563.6	0.528	0.7
		~	~	~	~	~	~	~	~
6	5	26.445	45.185	21.08	33.105	0.575	603	0.66	0.85
		~	~	~	~	~	~	~	~
6.5	6	27.006	46.668	22.03	35.48	0.678	642.4	0.792	1
		~	~	~	~	~	~	~	~
7	7	27.567	48.151	22.98	37.855	0.781	681.8	0.924	1.5
		~	~	~	~	~	~	~	~
7.5	灰8	28.128	49.634	23.93	40.23	0.884	721.2	1.056	2
		~	~	~	~	~	~	~	~
8	黒	28.689	51.117	24.88	42.605	0.987	760.6	1.188	~
		29.25	52.6	25.83	44.98	1.09	800	1.32	3-

## 5. 測定結果

図1～3に例として、大阪冬季の温度、相対湿度、一酸化炭素の分布図(午前午後平均値)を示す。浮遊粉じんについては粒径により発生源、挙動が違うため、それぞれの粒径におけるI/O比(室内/屋外)によって表記する。図4に名古屋冬季における浮遊粉じん小粒径の分布図(午前午後平均値)を示す。図5に川崎夏季における浮遊粉じん大粒径の分布図(午前通勤ラッシュ時)を示す。

### 5. 1 温度

図1から、扉のない大階段付近の温度が基準値を下回っていることが分かる。大階段から離れていくにつれ温度が上昇しており、屋外から冷気が侵入していることが考えられる。これらの場所による温度差は事務所ビルなどに較べても大きく、従業者など長時間滞在する者にとっては若干不快感を覚える差ではないかとも思われる。

### 5. 2 相対湿度

図2から、全ての測定点で基準値を下回っていることが分かる。他の地下街についても冬季においては、午前・午後を通して20%に留まる地下街も見られた。先程の温度と併せて考えると、外気の侵入により、加熱量が必要になっているにもかかわらず、加湿量が足りていない事が考えられる。

### 5. 3 一酸化炭素

一酸化炭素については、何れの場所においても、基準値である10ppmを超える事は無かった。但し、一酸化炭素は事務所ビルや商業施設などの計測の際には、殆ど検出されないのが通常であるため、これら通常の(地上の)建物に比較すると、高い値を示しているとも言える。この原因として、いずれの地下街も外気取入口が幹線道路に面している事、特に高い数値を示した大阪については、幹線道路の中央分離帯に外気取入口が設置されている事の影響が大きかったと思われる。その他、全ての地下街で地下2階が駐車場となっており、駐車場からの侵入も原因として考えられる。

### 5. 4 浮遊粉じん

浮遊粉じんについては、いずれの場所においても、午前・午後の平均で基準値を超えた場所は無いが、場所によって大きな変化が見られるのは確かであり、また午前と午後で大きく異なる所も見られた。小粒径については、図4から、駅の改札付近や、扉のない大階段付近で、高い値を示しており、小粒径は基本的に大気中を舞っていることも考えると、改札付近の出入り口から流入した交通由来の粉じんの影響や、地下鉄の移動によるピストン効果が考えられる。また、外部に直接開放された出入り口は地下街通路部分の温熱環境に変化を与えるだけでなく、交通由来の粉じんも侵入させていることが分かる。

大粒径については、図5から人通りの激しい大階段付近で高い値を示している。大粒径については発生した後すぐに下に落ちる挙動があることや、人通りが少ない地下街ではここまで高い値を示さなかったことから、主に通行人の大きな移動により発生していると考えられる。

## 6. まとめ

一般の建物に比較して外部に直接開放された出入り口の影響とみられる様な温熱環境の変化、空気汚染物質の侵入が見られた。地下街という建築物の性質上、建築計画的に開放せざるを得ない、という点があるにしても、何らかの対策を考えていく必要があると思われる。また地下鉄などの改札口付近に見られる、地下鉄の移動によるピストン効果による大量の空気の移動が原因として考えられる浮遊粉じん量の増加、地下駐車場からの侵入が原因として考えられる、比較的高い一酸化炭素濃度が問題として挙げられた。

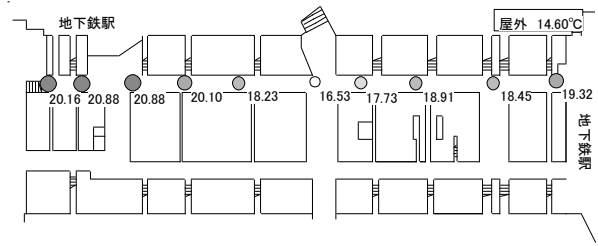


図1 大阪冬季 温度

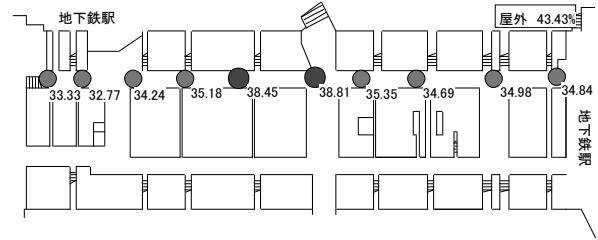


図2 大阪冬季 相対湿度

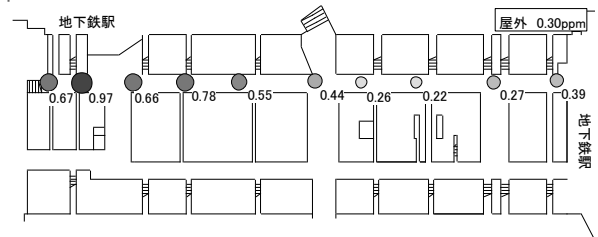


図3 大阪冬季 一酸化炭素

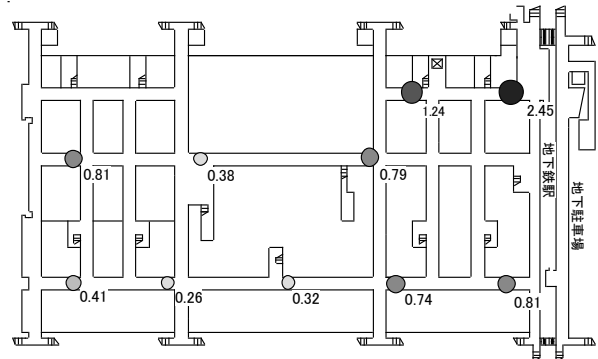


図4 名古屋冬季 浮遊粉じん小粒径I/O比

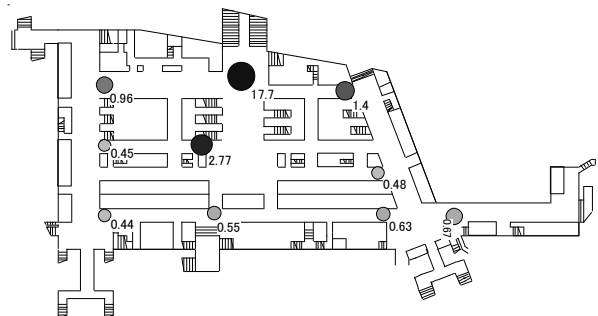


図5 川崎夏季 浮遊粉じん大粒径I/O比

#### 【参考文献】

- 1) 鈴木孝明：地下街における粒子状汚染物質の実態調査、芝工大学士論文、2008
- 2) 版建築物の環境衛生管理編集委員会：新版建築物の環境衛生管理上巻、財団法人ビル管理教育センター、2009.4
- 3) 直樹他：地下街における環境衛生の実態に関する基礎調査(第一報)建築物衛生法に準じた空気環境測定及び立ち入り調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp1323 - 1326、2009.9
- 4) 大澤元毅他：地下街における環境衛生の実態に関する基礎調査(第三報)全国6ヵ所における建築物衛生法に準じた空気環境測定及び立ち入り調査、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、pp1211 - 1214、2010.8

#### 【謝辞】

本研究は、平成21年度厚生労働科学研究費補助金(健康科学研究事業)による「建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究(研究代表者:大澤元毅)」によって行った。記してここに感謝の意を表する。