

菌の菌種については、一般環境中において常在菌と言われている *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. および *Penicillium* sp. が最も多く分離されている。

室内微生物を含めた空気質を向上させるためには、定期的にモニタリングを行う必要があると思われる。本研究の結果より、地下街のような室内濃度の時間的また空間的な変動が大きい施設においては、空気環境をよりの確に把握するために、測定時間・場所などについて検討を行う必要がある。

E. まとめ

本年度の調査結果により、以下の事柄が明らかになった。

- ・地下街の室内浮遊細菌濃度には施設間の差がみられた。昨年度の調査結果と併せてみると、濃度は同程度であったものの、細菌の種類に差がみられた。

- ・地下街の室内浮遊細菌濃度は総じて $500\text{cfu}/\text{m}^3$ 以下であった。また、浮遊真菌濃度の平均値は $60\sim 70\text{cfu}/\text{m}^3$ になっており、*Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. などが最も多く検出された。

1-3 化学物質及び微粒子濃度に関する詳細調査

A. 研究目的

化学物質については、基準値にあるホルムアルデヒド以外の物質について、測定を行い、その現状について把握することとした。また、浮遊微粒子については、粒径別の個数濃度測定により、より詳細に検討を行うこととした。

B. 研究方法

B.1 化学物質

化学物質に関しては、定点測定場所において、午前及び午後の各1回、Tenax 捕集剤及びDNPHカートリッジで捕集し、GC/MS 及び HPLC により分析を行った。

また、化学物質については、各測定点及び定点における移動及び連続測定が困難である。そこで、それぞれの測定を可能とするため、TVOC の TVOC 濃度については、TVOC 濃度計（フィガロ技研製、FTVR-01）により、各測定点における移動測定及び定点における定点測定を行うこととした。

B.2 浮遊微粒子

浮遊微粒子の測定にはパーティクルカウンタ（KR-12A：リオン製）による個数濃度の測定を行った。定点測定点においては1分間隔の測定を、午前及び午後における移動測定についても、各測定点において5分程度留まって、計数を行った。移動測定点の場所は図 1-1-1 を参照されたい。

C. 研究結果

C.1 化学物質濃度

表 1-3-1 及び 1-3-2 に神奈川及び北海道において厚生労働省の指針値で示されている物質に関して、午前及び午後の濃度を示す。ホルムアルデヒド濃度が低濃度であることは先に述べたが、その他の物質についても指針値以下であった。また、TVOC 濃度については、神奈川において暫定目標値を超過した。冬期における測定においても、神奈川において TVOC 濃度が同様に暫定目標値を超過した。またトルエンに関しては、定点測定場所付近で、靴やバックなどの販売の

催事が催されていたことにより、濃度が高かったが、夏期については濃度が低かった。

表 1-3-1 神奈川の化学物質濃度の結果
(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	指針値 (暫定目標値)	室内		外気	
		午前	午後	午前	午後
ホルムアルデヒド	100	14.3	14.3	10.5	10.6
アセトアルデヒド	48	9.1	10.6	7.5	9.3
トルエン	260	59.6	50.6	14.0	10.3
エチルベンゼン	3800	7.1	5.2	2.1	5.5
キシレン	870	8.2	5.1	2.0	3.9
スチレン	220	4.4	2.0	n.d.	n.d.
p-ジクロロベンゼン	240	11.1	5.0	1.9	n.d.
テトラデカン	330	4.7	3.4	1.5	0.8
TVOC	(400)	724.8	411.3	141.2	73.9

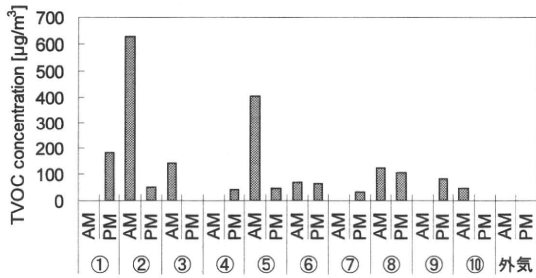
表 1-3-2 北海道の化学物質濃度の結果
(単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

	指針値 (暫定目標値)	室内		外気	
		午前	午後	午前	午後
ホルムアルデヒド	100	15.7	13.7	11.1	11.6
アセトアルデヒド	48	13.4	12.6	11.5	13.3
トルエン	260	38.3	41.0	7.3	13.8
エチルベンゼン	3800	4.4	9.0	0.8	2.0
キシレン	870	7.2	12.1	1.8	n.d.
スチレン	220	2.9	3.1	1.3	n.d.
p-ジクロロベンゼン	240	3.3	1.1	n.d.	n.d.
テトラデカン	330	3.9	2.9	0.4	n.d.
TVOC	(400)	302.0	160.3	51.7	32.2

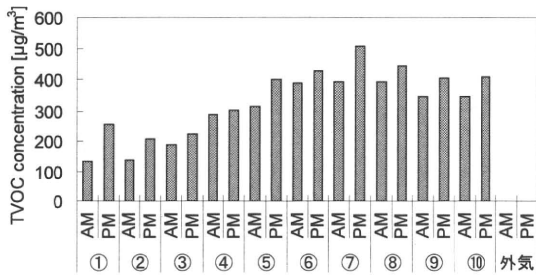
C.2 TVOC 計による測定結果

図 1-3-1 に神奈川及び北海道の地下街の各測定点における巡回測定の TVOC 濃度の結果を示す。神奈川においては、測定点②及び⑤での濃度が高い傾向となったが、この間において店舗の改装工事が行われていたことに原因があるものと考えられる。その他の測定点においては、換気が良く行われていることもあり、比較的低い値であった。一方、北海道の地下街においては、午前及び午後共に測定点①から⑩にかけて、徐々に上昇する傾向となった。

図 1-3-2 に神奈川及び北海道の定点における TVOC 濃度の経時変化を示す。神奈川では、午前中昼過ぎと夕方に濃度が高くなる傾向となり、北海道では、低い濃度で推移していた。

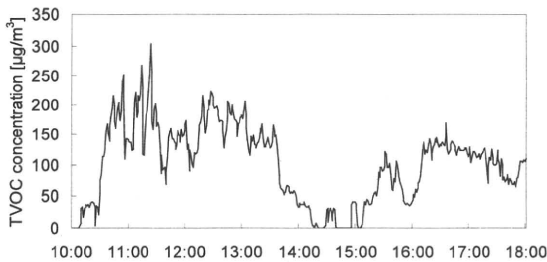


a)神奈川

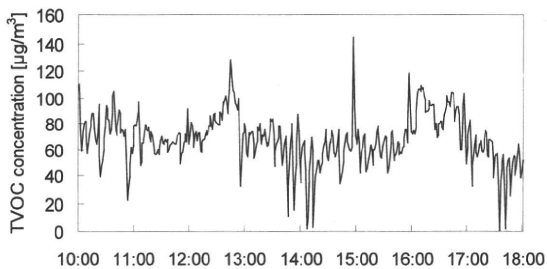


b)北海道

図 1-3-1 TVOC 計による各測定点における TVOC 濃度



a)神奈川



b)北海道

図 1-3-2 TVOC 計による定点における TVOC 濃度の連続測定結果

C.2 浮遊微粒子

C.2.1 巡回測定結果

図 1-3-3 に各施設において巡回測定により得られた場所別の粒径別浮遊微粒子濃度の経時変化を示す。ここでは、LPC は各粒径範囲における単純な個数濃度 (dNi) として測定されるが、

ここでは規準化濃度 (dNi/dLogDp) に変換した値として示している。

傾向として、各地点において濃度のばらつきが大きいと言える。神奈川の測定点②及び⑩、北海道の測定点③など扉のない外気の流入による影響により濃度が高くなっている。これは冬期の測定と同様であった。神奈川の測定点⑦～⑨、北海道の測定点②については、飲食店があるため、通路側に流入することで、濃度が高くなっているものと考えられる。昨年度の冬期の調査では、店舗において喫煙が認められたものの、今回の夏期の測定では、同様の店舗でも禁煙となっており、たばこ煙による影響が少なくなっているものと考えられる。

C.2.2 定点測定結果

図 1-3-4 に各施設の定点における粒径別個数濃度の経時変化を示す。粒径ごとに濃度変動があることがわかり、外気の流入や人の通行、動作により周期的にピークを持つものもあった。室内外を比較すると、よく似た動きをしていることが分かる。空調機に十分な性能を持つフィルタが装着されていることにより除去されているものの、外気の直接の流入による影響が大きいことが分かった。

D. 考察

化学物質については、厚生労働省の化学物質に関する指針値を超過するものはなく、比較的 low 濃度であり、また、神奈川では、冬期の調査と同様に TVOC の暫定目標値を超過した。計画的な換気ではないものの CO₂ 濃度が低いことから、外気の侵入も含め十分な換気が行われている。しかし、外気取り入れ及び周辺の大気については、化学物質濃度についても比較的高く、室内の濃度が上昇した場合、換気により速やかに希釈、低減することは望めないことも示唆される。

浮遊微粒子については、外気の流入や飲食店舗による通路側への影響と場所別の濃度のばらつきが見られたこと、時間変動が大きいことなどが分かった。1-1 において、CO₂ 濃度の測定結果をみると、濃度の変動は浮遊微粒子ほど大きくない。CO₂ の場合には主な発生源が人間であり、通路、店舗に満遍なく存在することもある

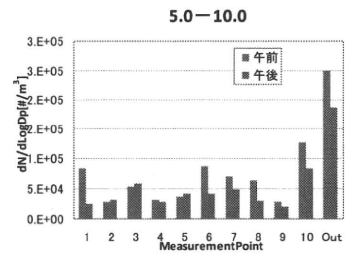
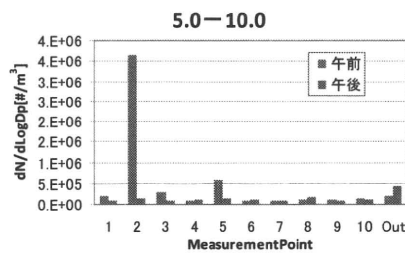
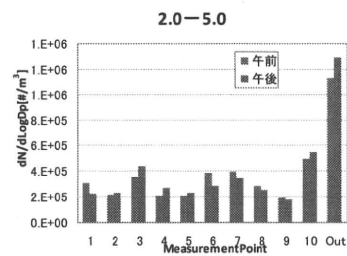
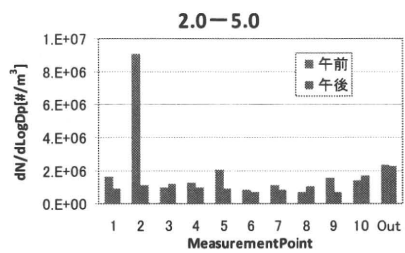
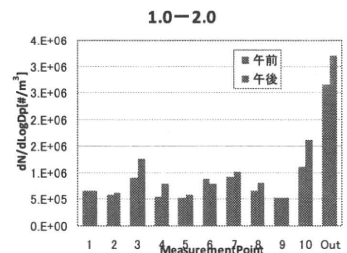
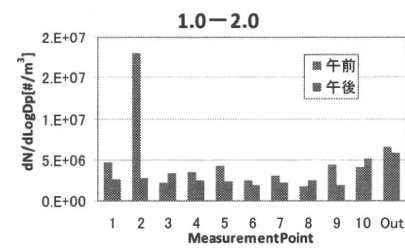
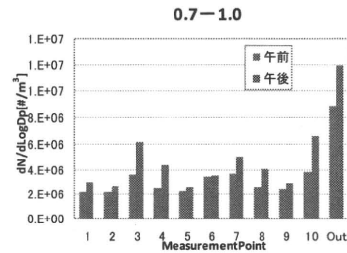
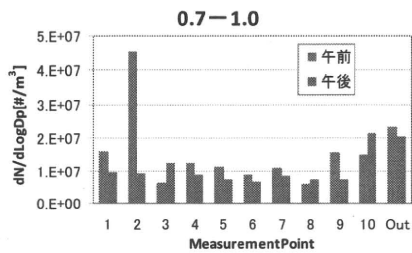
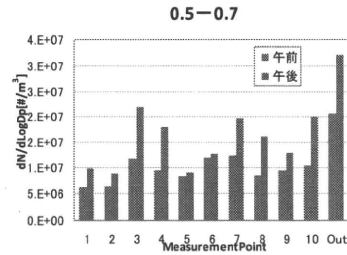
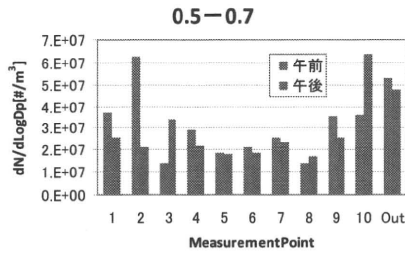
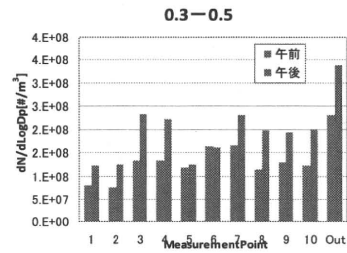
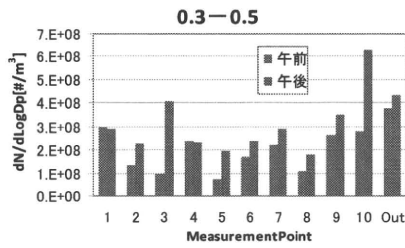
が、浮遊微粒子濃度との違いがみられる。これには、出入口など局所的な場所からの流入や喫煙による影響などが考えられ、ガス状物質とは異なり、空間で一様な濃度となっていないことが考えられる。このことから、空間が広く、発生源が多点に存在するような地下街においては、サンプリングの位置や個数など、通常の建築物とは異なる監視の配慮が必要となることが示唆される。

E. 結論

本研究では、地下街の化学物質の測定及び浮遊微粒子濃度の分布、経時変化について測定を行い、以下の結論を得た。

- ・化学物質については、厚生労働省の化学物質に関する指針値を超過するものはなく、比較的 low 濃度であった。外気の侵入も含め量的には十分な換気が行われてはいる。また、場所別に濃度の違いが見られ、中でも神奈川では店舗の改装などの影響が確認できた。また、経時変化も確認された。

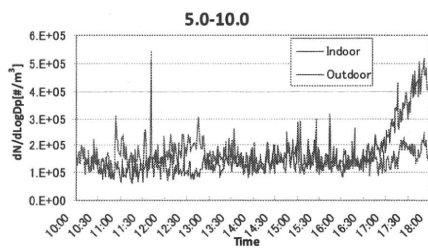
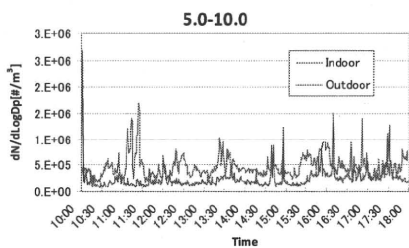
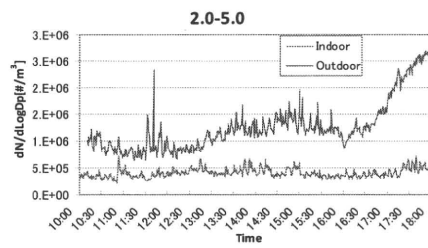
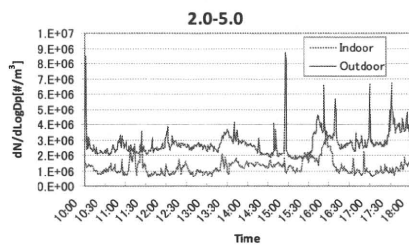
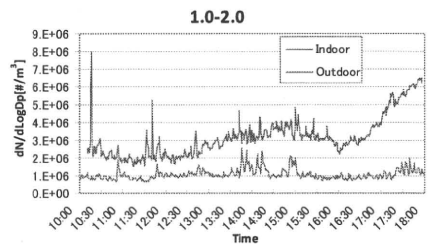
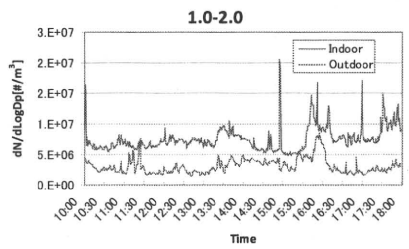
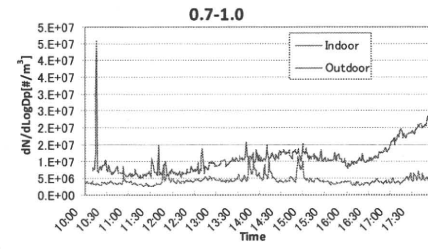
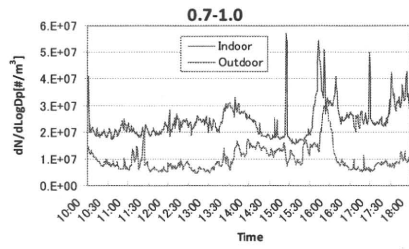
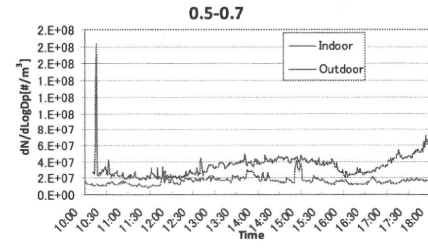
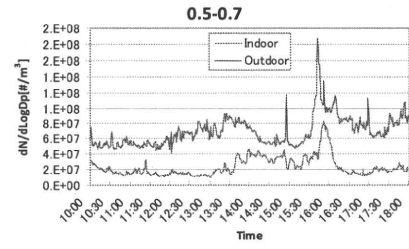
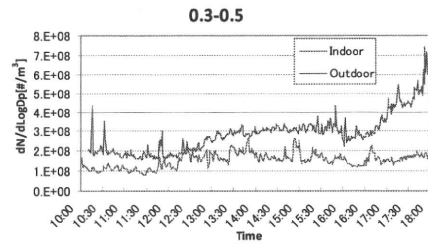
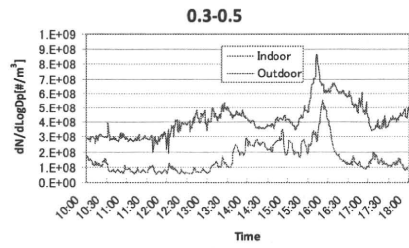
- ・浮遊微粒子については、外気の流入や飲食店舗による通路側への影響が場所別の濃度のばらつきに見られたこと、時間変動が大きいことなどが分かった。また、空間分布が存在し、空間が広く、発生源が多点に存在するような地下街においては、サンプリングの位置や個数など、通常の建築物とは異なる配慮が必要となることが示唆された。



a) 神奈川

b) 北海道

図 1-3-3 各測定点における浮遊微粒子濃度



a) 神奈川

b) 北海道

図 1-3-4 定点における浮遊微粒子濃度の経時変化

1-4 外気の流入量の実測

A. 研究目的

地下街における空気質の状況を把握する際、換気量の把握は重要な事項である。また、地下街空間の空調は、外部からの出入口を常時開放していることから空調のエネルギー負荷は是大量と変動性が大きく、省エネルギーを行う事は非常に難しい。既往の研究では地下街の空気環境において外気が影響していると記述したものは見られるが、実際に外気の流入量を実測したものはない。そこで、外気の流入量を把握するため測定を試みた。

B. 測定方法

神奈川の地下街において、2010年9月14日、12月17日に当日開放している各出入口にて断面の風速分布を、超音波風速計(CYG-85000クリマテック社)を用いて1点10秒間風速を測定

した。夏期においては主に1点、3点、冬期はさらに分割し、高さ方向に5分割、幅は通行量等を考慮し、分割した。図1-4-1に断面測定点を示す。それらから風量を算出し、空間内においてどの程度の空気が流出入しているか推定した。また、測定不可の部分は同断面における平均値を用いて予測した。また、冬期では計測すると同時にタフト(糸)を用いて風向の可視化も行い、風向を確認した。図1-4-2、表1-4-1に測定位置と面積、分割数を示す。

表1-4-2に換気設計値を示す。設計値は通路・飲食以外の店舗では $10 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ 、飲食店では $40 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$ となっていた。これらの設計値に、各床面積を乗じて算出し、表のような換気量を算出した。

表 1-4-1 測定出入口詳細

2010.9.14					
測定位置	幅[m]	高さ[m]	断面積[m ²]	分割数	備考
1	10.5	2.5	26.3	4	エスカレータあり(エスカレータ部測定不可)
2	2.7	3.0	8.1	1	
3	5.2	2.5	13.0	1	エスカレータあり(エスカレータ部測定不可)
4	6.0	3.0	18.0	3	
5	5.1	2.5	12.8	1	扉(常時解放部のみ測定)
6	3.0	2.2	6.6	1	扉(常時解放部のみ測定)
7	6.0	3.0	18.0	1	扉(常時解放部のみ測定)

2010.12.14					
測定位置	幅[m]	高さ[m]	断面積[m ²]	分割数	備考
1	10.5	2.5	26.3	35	エスカレータあり(エスカレータ部測定不可)
2	2.7	3.0	8.1	15	
3	5.2	2.5	13.0	15	エスカレータあり(エスカレータ部測定不可)
4	6.0	3.0	18.0	25	
8	6.0	3.0	18.0	25	
9	2.9	2.6	7.5	10	
10	11.0	3.0	33.0	25	エスカレータあり(エスカレータ部測定不可)
11	21.0	3.5	73.5	5	エスカレータあり、工事中(一部測定)

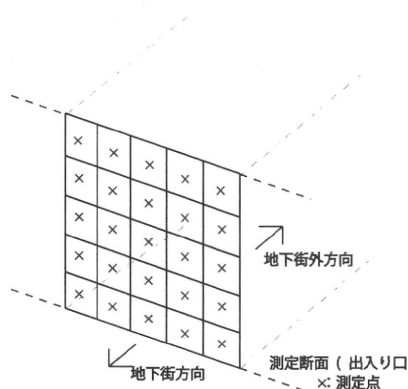


図 1-4-1 断面測定点

表 1-4-2 換気設計値から求めた換気量

用途	面積[m ²]	設計値[m ³ /h・m ²]	換気量[m ³ /h]
通路	13942		139420
店舗	飲食以外	10	69740
	飲食	40	149280
計	24648	—	358440

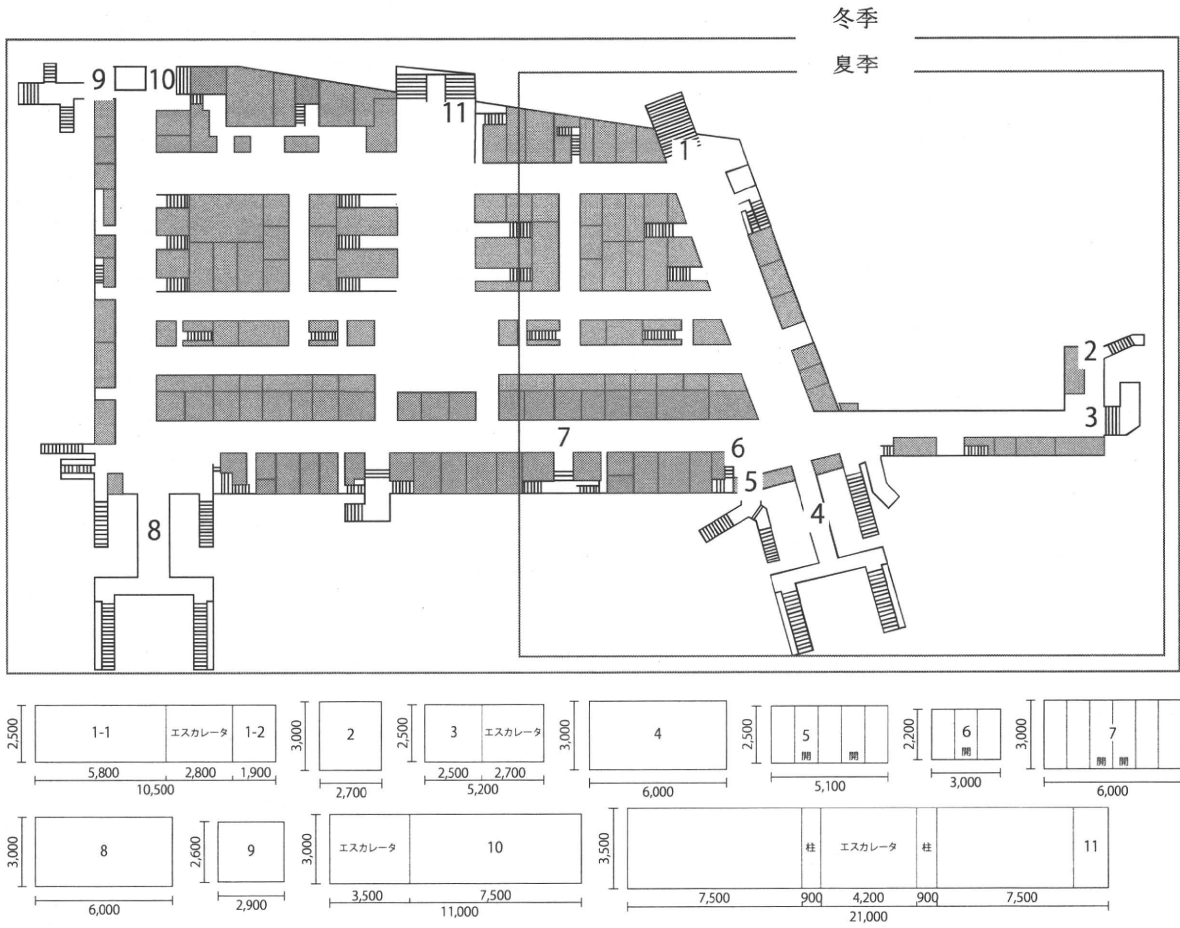


図 1-4-2 測定位置と出入口寸法

C.1 実測結果

C.1 夏期における測定

図 1-4-3 に風速分布(色つき□: 風速, 青は流入, 赤は流出)と各点温度(白□), 図 1-4-4 に出入口における流出入の概要, 図 1-4-5 に各出入口における測定風量を示す。

実測した日の外気平均温度は 31.5°C, 室内平

均温度は 27.8°Cであった。測定した範囲内において流入が約 15600m³/h, 流出が約 63400 m³/h となった。全ての開放されている出入口を計測はできなかったが, 1 のみからの流入, それ以外で全て流出していることが確認できた。外気温度が高く, 地下街内の温度が低い点が外気からの侵入がしにくい原因の一つと考えられる。

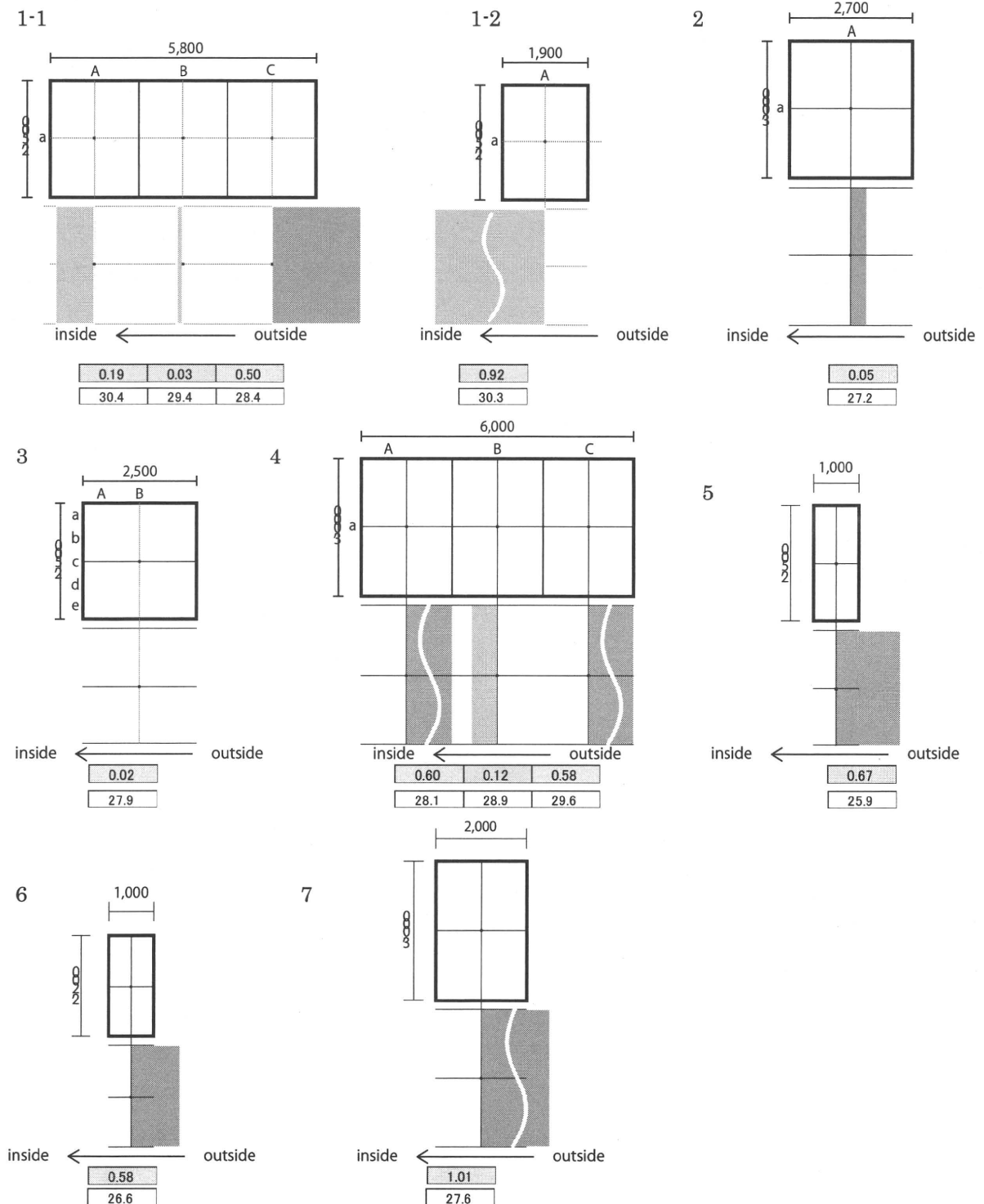


図 1-4-3 風速分布と測定点温度

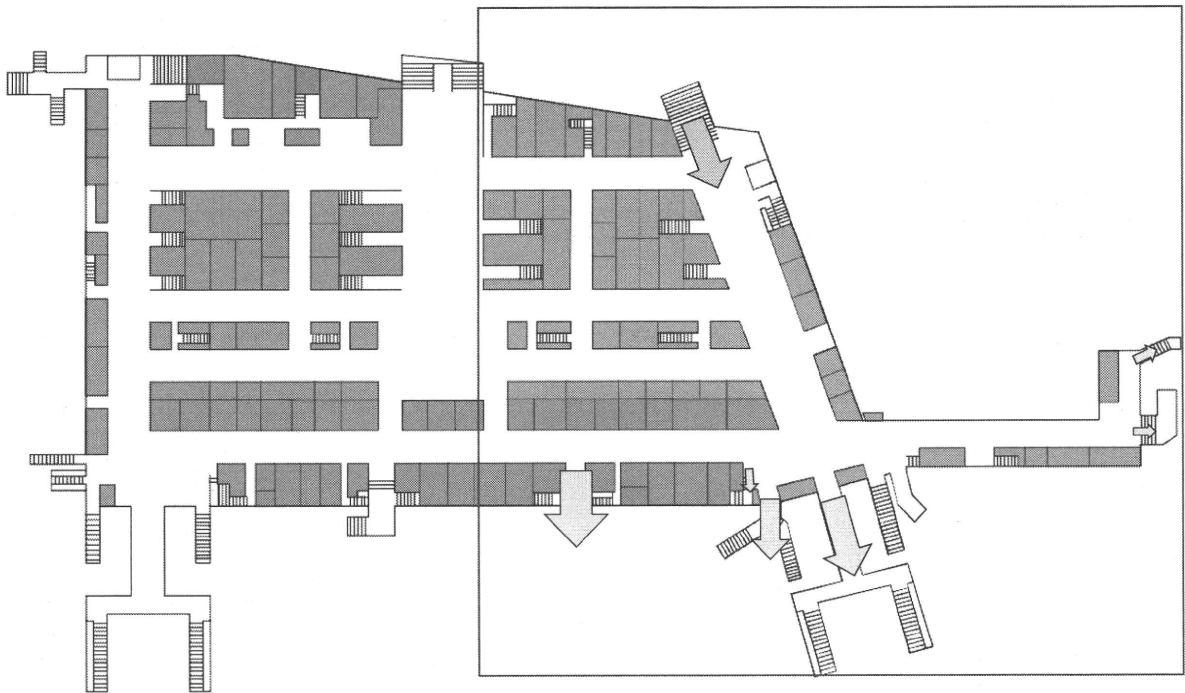


図 1-4-3 出入口における流出入の概要 (夏期)

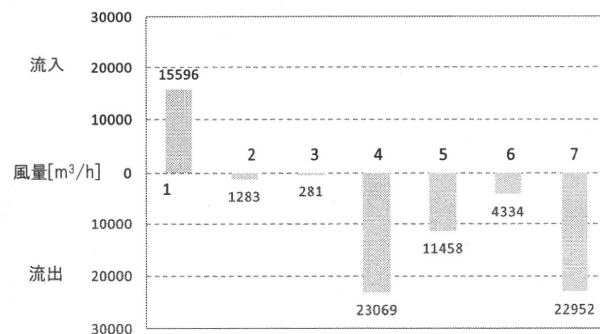


図 1-4-4 各出入口における測定風量 (夏期)

C.2 冬期における測定

図 1-4-5 に風速分布, 図 1-4-6 に各点温度, 図 1-4-7 に出入口における流出入の概要, 図 1-4-8 に各出入口における測定風量を示す。

当日の外気平均温度は 10.3℃, 室内平均温度は 22.1℃であった。冬期における各出入口の流出入は測定位置 11 以外から全て流入し, 11 のみ流出している事が確認できた。高さ方向の温度分布は上下の差は 1 から 2℃程度であった。地下街全体において設計換気量に対する流入している外気流入の割合は冬期で約 66%を占めていた。冬期においては各出入口から多く外気が流入しており, 設計値に対して大きな割合を占め, 設計値以上に過剰に換気されている。また, 北海道のように寒冷地であり, 冬期におい

て扉が閉められている場所であっても, 二酸化炭素濃度が通常の建築物と比較しても低い濃度に保たれていることから, 扉などの開口部から過剰に換気されている可能性が考えられる。原因としては外気との温度差, 地上との高低差によって, 外気が侵入しやすくなっている事が考えられる。

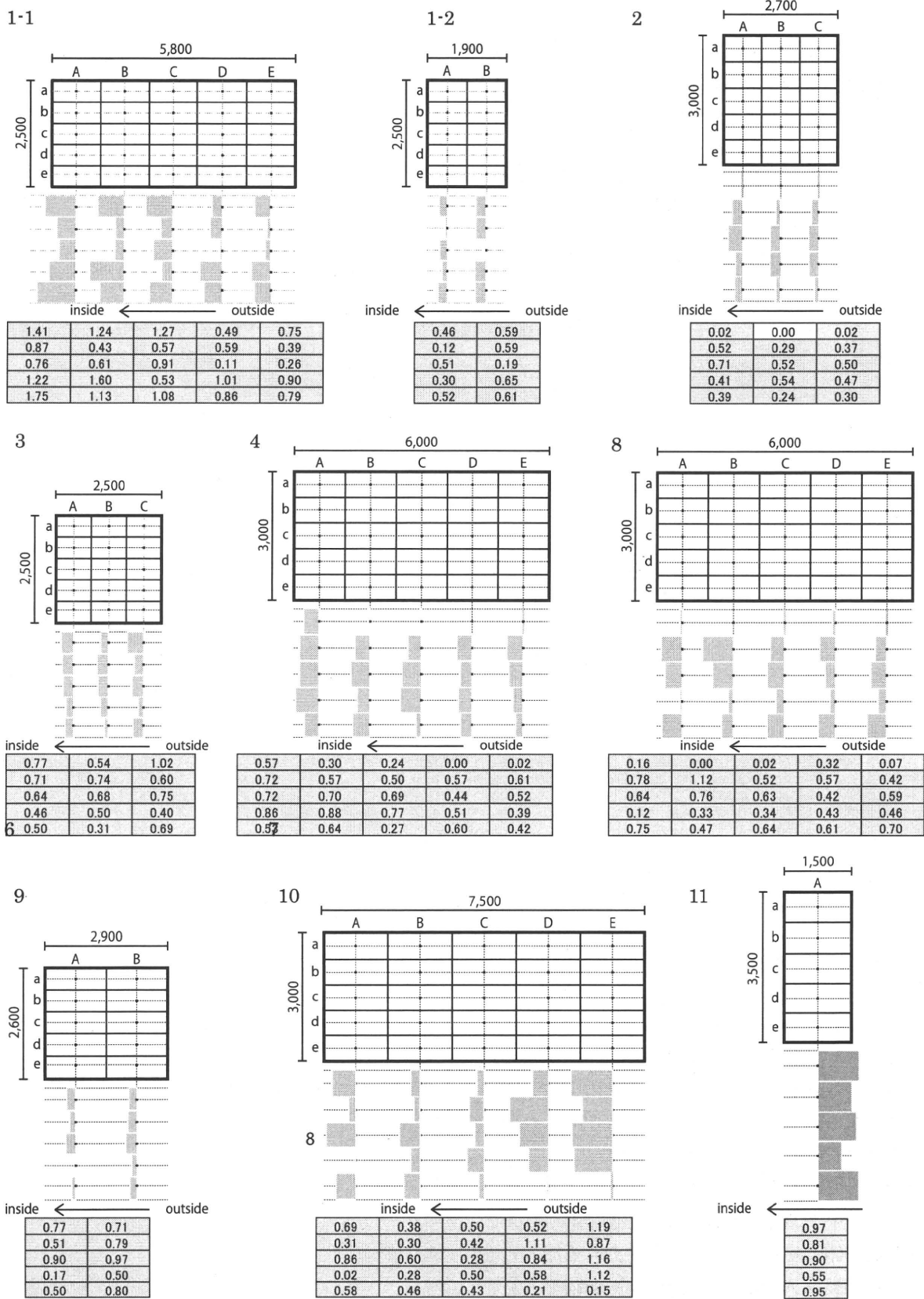


图 1-4-5 风速分布 (冬期)

1-1

	A	B	C	D	E
a	11.7	11.7	11.5	11.0	11.4
b	12.5	12.1	12.1	12.1	12.2
c	11.6	11.8	11.9	11.7	13.2
d	11.2	10.0	10.7	11.0	10.9
e	10.5	10.9	11.6	10.7	12.5

1-2

	A	B
a	12.4	12.7
b	12.3	12.0
c	14.9	16.7
d	12.6	12.0
e	11.5	11.9

2

	A	B	C
a	12.8	13.1	13.1
b	12.9	13.0	13.0
c	12.7	12.3	13.1
d	12.6	12.4	12.4
e	12.0	12.0	12.0

3

	A	B	C
a	12.8	12.7	12.9
b	12.8	12.7	12.6
c	11.8	12.1	12.2
d	11.8	12.0	12.2
e	12.7	12.5	12.5

4

	A	B	C	D	E
a	14.1	14.5	14.4	14.0	13.4
b	13.2	13.0	13.2	13.4	13.1
c	12.4	12.5	12.8	12.8	13.0
d	12.5	12.2	12.4	12.3	12.6
e	12.9	12.6	12.6	12.4	12.6

8

	A	B	C	D	E
a	14.5	14.7	14.5	14.7	14.7
b	13.7	14.3	14.5	14.8	15.2
c	13.1	13.0	12.9	13.2	13.3
d	13.5	13.6	13.7	13.7	14.0
e	14.7	13.6	13.5	13.3	13.6

9

	A	B
a	13.8	13.6
b	13.4	13.4
c	12.9	13.1
d	13.4	13.2
e	ND	ND

10

	A	B	C	D	E
a	11.8	11.6	11.5	11.5	11.6
b	11.7	11.5	11.7	11.7	11.5
c	11.4	11.5	11.4	11.3	11.3
d	11.5	11.7	12.2	11.7	11.8
e	ND	ND	ND	ND	ND

11

	A
a	22.5
b	22.4
c	21.2
d	21.5
e	ND

図 1-4-6 測定点温度 (単位: °C) (冬期, 9,10,11 データ欠損あり)

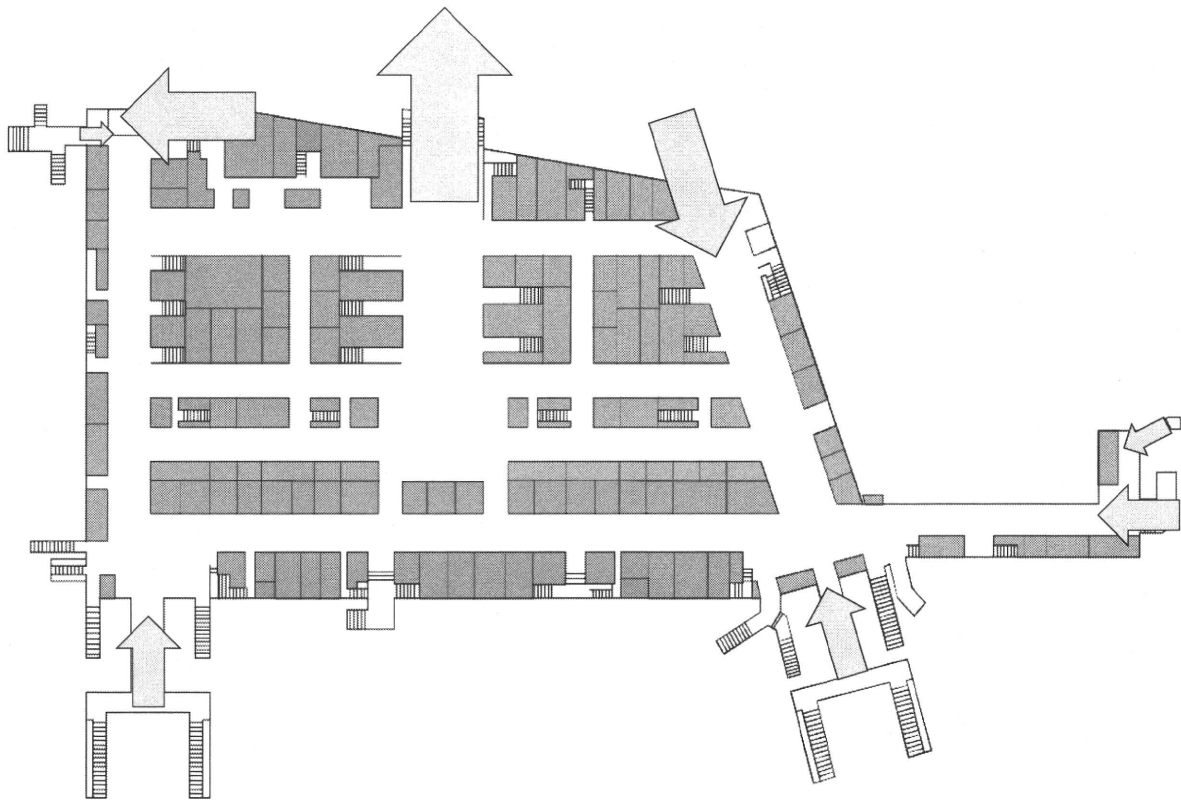


図 1-4-7 出入口における流出入の概要 (冬期)

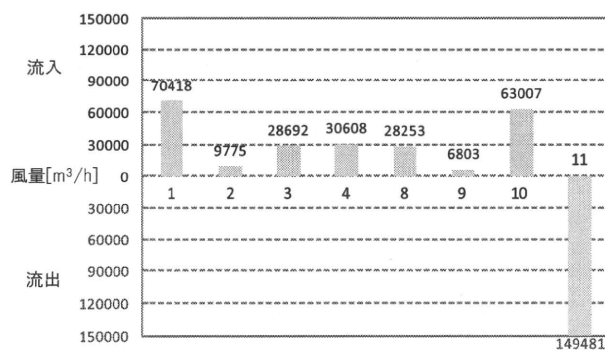


図 1-4-8 各出入口における測定風量（冬期）

D. 実測のまとめ

外気の流入量の実測の対象とした神奈川の地下街の出入口では、冬期においては設計外気量の6割を超す大量の外気流入を確認することができた。また、二酸化炭素濃度は基準値内に収まっていることから、換気は十分に確保されているが、過剰であることが考えられる。

大量の外気の流入が地下街の環境に大きく影響を与えている実情が確認され、省エネルギー等を行う際は、外気の影響を配慮し、扉の設置、適切な空調の設計や維持管理の手法を検討する必要性を明らかにすることができた。

1-5 特定建築物の地下空間における空気環境

A. 研究目的

特定建築物の地下空間である地下階の空気環境の現状について、特定建築物に対する立入り検査時の測定データ及びある特定建築物における実測調査の地上階との比較を行うことにより、把握を行った。

B. 調査方法

B.1 立入り検査データによる比較

特定建築物の地下空間である地下階と地上部階の空気環境のデータを比較することにより、地下階と地上部階の空気環境の違いについて検討することとした。使用した空気環境のデータは、東京都健康安全センターの協力を得て得られた 10,000m² を超える特定建築物に対する、建築物衛生法第 11 条 2 項に基づく立入検査のデータ（平成 16 年度～平成 20 年度データ）の精密検査によるものである。

解析については、温度、相対湿度、気流、二酸化炭素、一酸化炭素の立入り検査時の各建物各階のデータについて、地下部と地上部のデータに分類した。それぞれの項目について、2 群の比較を行うため、SPSS (Ver. 14) を用いて、それぞれの群の正規性及び差の検定を行った。

B.2 特定建築物における実測調査

東京都港区にある延床面積約 111,658m² の特定建築物（事務所）において、地下部（一部については地下駐車場）、地上居室及び外気について、建築物衛生法の空気環境に関係する 6 項目の測定を行った。更に、同地点において、浮遊微生物及び化学物質についても測定を行った。地下部においては、建物地下 1 階の通路部で行い、地上居室は 1 階にある会議室で行った。中央管理方式の空調機を有しており、地下 1 階には駐車場も併設されている。

測定方法は、先の地下街における実測と同様である。地下部及び外気においては、10:00～17:00 の間、連続測定を行った。地下部では、粉じん濃度をデジタル粉じん計（DDC）、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度を IAQ モニタ、気流をクリモマスターにより連続の測定

を行った。また、浮遊微粒子の個数濃度をパーティクルカウンタで、浮遊微生物については、MG サンプラを用いて浮遊細菌と浮遊真菌の連続測定を行った。10:00～17:00 の毎正時に会議室内、B1 の廊下、および外気の三箇所において MBS-1000 サンプラで測定した。化学物質については、TVOC モニタ（フィガロ技研、FTVR-01）を用いて TVOC 濃度の連続測定を行った。外気については、IAQ モニタ、粉じん計、パーティクルカウンタを用いて測定を行った。

また、午前及び午後の各 1 回について、6 項目測定器（柴田科学製 IES-3000）を用いて、地下部、午後の地下駐車場、地上居室及び外気において、それぞれの測定点を順次移動して計測を行った。その際に、一酸化炭素及び二酸化炭素については、検知管法によっても同時に計測を行った。更に浮遊微生物については、バイオサンプラーを用いて浮遊真菌及び細菌の捕集を行った。細菌の測定に SCD 培地、真菌の測定に DG18 培地を用いた。培地の培養条件は 32℃・2 日間（SCD）、25℃・3 日間以上（DG18）であった。化学物質ではホルムアルデヒドについては、DNPH カートリッジを用い、1 L/min で計 30 L の捕集を行い、HPLC により定量分析を、VOC については、Tenax 捕集材を用い、0.166L/min で計 5L の捕集を行い、GC/MS により定性・定量分析を行った。

C. 結果

C.1 立入り検査データによる比較

地下及び地上の各測定項目については、地下 63 件、地上 9748 件であった。それぞれの項目の平均値を表 1-5-1 に示す。温度及び相対湿度については、立入り検査時の季節によるため、単純には比較できないが、地下街のほうが気流、一酸化炭素、粉じん濃度は高い値、二酸化炭素濃度は低い値となった。

地下及び地上部における空気環境測定 6 項目の測定値の差を検定するために、それぞれの群の分布の正規性について確認を行った。表 1-5-2 に Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定の結果を示す。全ての項目において正規分布に従わない ($p < 0.05$) となり、両群の差の検定には、ノンパラメトリック検定の必要があり、本研究で

は Mann-whitney 検定 (u 検定) を用いることとした。

表 1-5-3 に各空気環境測定項目に関する u 検定結果について示す。温度、気流、二酸化炭素、一酸化炭素、浮遊粉じんにおいて、 $p < 0.05$ となり、有意な差が確認された。先にも述べたように、温度については立入り時の季節に影響されているものと考えられる。一酸化炭素、浮遊粉じんについては、外気取り入れ口が地下に限って地上近くにあることが多く、沿道排ガスの影響を受けていることや、地下階に併設されている駐車場の影響を受けているとも考えられる。

二酸化炭素濃度が、地下のほうが低い値となっていることは、地下階における居住者の人数の少なさと、換気量を多めに取っていることによるものがあるが、地下への空気の侵入や地下駐車場で排気量の多さが関係していることも考えられる。更に気流については、地上からの空気の流入などの影響を受けているため、地下街

と共に気流速度が速くなっていると考えられる。

特定建築物の地下と地上部では空気環境 (温度、気流、二酸化炭素、一酸化炭素、粉じん濃度) が異なっていることが示された。

C.2 特定建築物における実測調査

(1)6 項目の測定結果

図 1-5-1 に各測定点における午前及び午後の建築物衛生法の空気環境に関する 6 項目の測定結果を示す。地下階は、地上階と比較して、冬期の測定であったため、温度・相対湿度が低い値となり、外気及び地下駐車場の影響がうかがえる。また、気流が地上階よりも高く、流入による空気の流れが考えられ、一酸化炭素及び浮遊粉じんなどには、地下駐車場からの流入による影響が見られた。逆に二酸化炭素濃度は、地下階の方が低い値となっており、人の滞留が少ないこと、外気の流入が多いことによるものと考えられる。

表 1-5-1 空気環境測定項目の件数と平均値

	温度 [°C]		相対湿度 [%]		気流 [m/s]		CO ₂ [ppm]		CO [ppm]		粉じん [mg/m ³]	
	地下	地上	地下	地上	地下	地上	地下	地上	地下	地上	地下	地上
件数	63	9748	63	9748	63	9748	63	9748	63	9748	63	9748
平均値	24.2	25.1	49.8	48.5	0.156	0.122	770.0	836.0	0.7	0.6	0.013	0.010
標準誤差	0.3	0.0	1.0	0.1	0.007	0.001	25.8	2.2	0.1	0.0	0.001	0.000

表 1-5-2 正規性の検定の結果

		Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定 (探索的)(a)			Shapiro-Wilk		
		統計量	自由度	有意確率	統計量	自由度	有意確率
温度	地下	0.147	62	0.002	0.809	62	0.000
	地上	0.047	9584	0.000			
相対湿度	地下	0.124	62	0.019	0.959	62	0.039
	地上	0.052	9584	0.000			
気流	地下	0.121	62	0.025	0.952	62	0.017
	地上	0.086	9584	0.000			
CO ₂	地下	0.180	62	0.000	0.830	62	0.000
	地上	0.097	9584	0.000			
CO	地下	0.126	62	0.016	0.920	62	0.001
	地上	0.120	9584	0.000			
粉じん	地下	0.168	62	0.000	0.851	62	0.000
	地上	0.369	9584	0.000			

a) Lilliefors 有意確率の修正

表 1-5-3 空気環境測定項目の検定結果

	温度	相対湿度	気流	CO ₂	CO	粉じん
Mann-Whitney の U	233960.500	279961.000	188924.500	228174.000	240987.000	252346.500
Wilcoxon の W	235976.500	47796587.000	46552559.500	230127.000	47465608.000	47710499.500
Z	-3.264	-1.210	-5.179	-3.310	-2.930	-2.440
漸近有意確率 (両側)	0.001	0.226	0.000	0.001	0.003	0.015

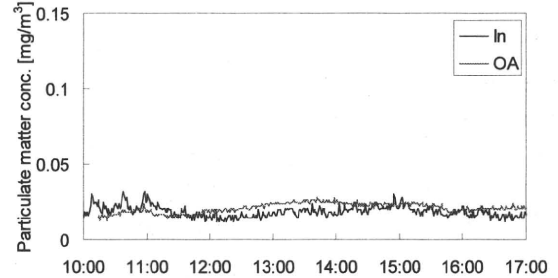
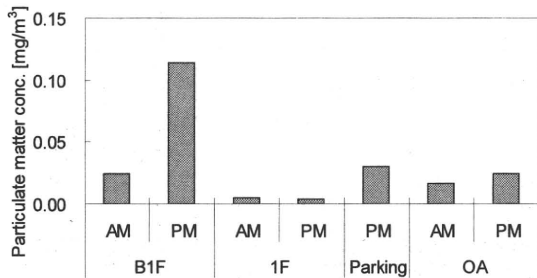
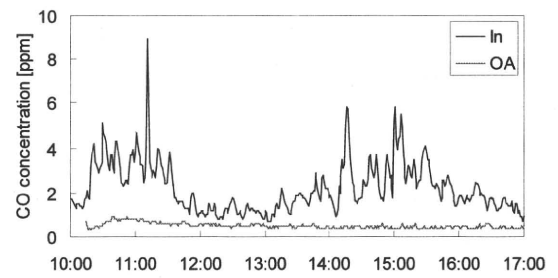
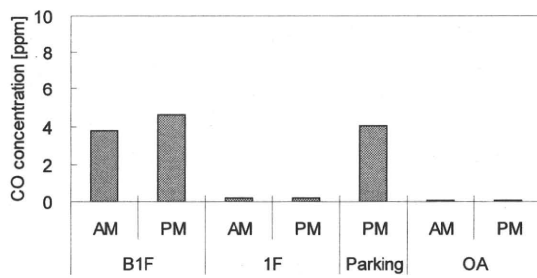
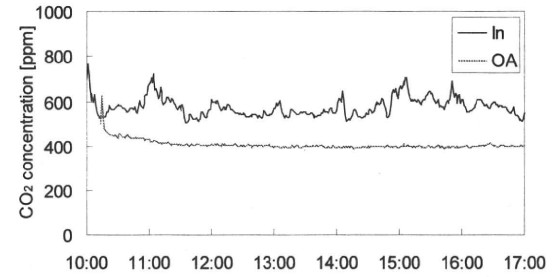
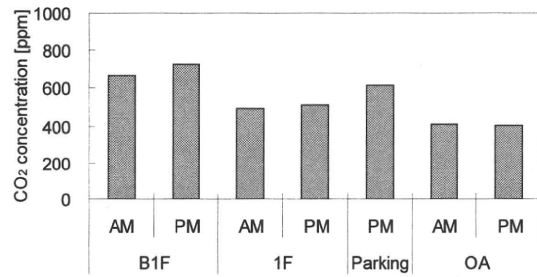
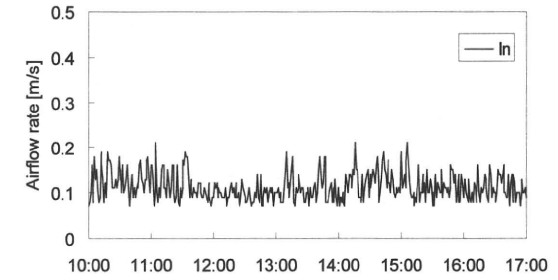
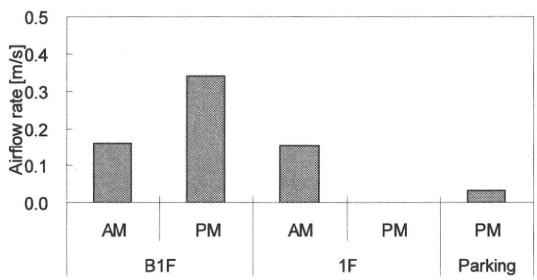
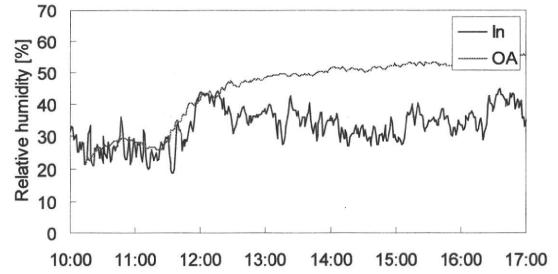
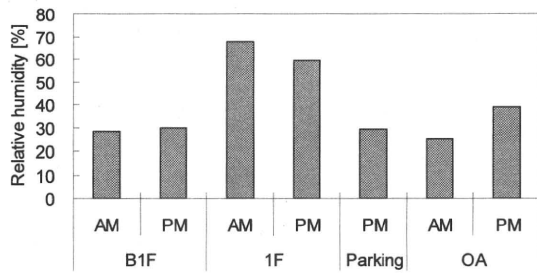
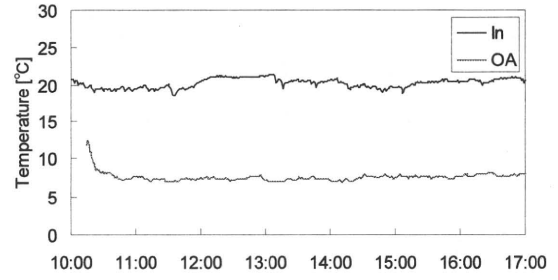
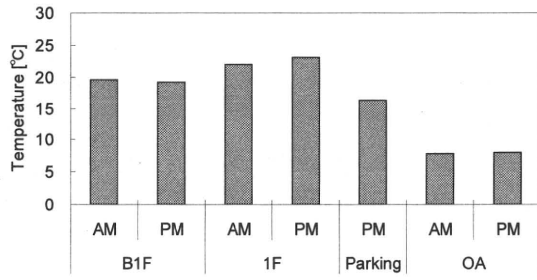


図 1-5-1 各測定点における測定結果

図 1-5-2 地下及び外気における経時変化

図 1-5-2 に、地下階及び外気における経時変化を示す。特に一酸化炭素濃度の変動が大きく、この由来は、地下駐車場からの侵入で、駐車場との扉の開閉によるものと考えられる。

(2)浮遊微生物

地下階の浮遊細菌濃度と浮遊真菌濃度の経時変化を図 1-5-3 に示す。浮遊細菌濃度は $200\text{cfu}/\text{m}^3$ 以下、浮遊真菌濃度はほぼ全て $50\text{cfu}/\text{m}^3$ 以下になっており、日本建築学会のオフィスビル（居室）の維持管理規準（細菌： $500\text{cfu}/\text{m}^3$ ，真菌： $50\text{cfu}/\text{m}^3$ ）を満足していることが分かった。

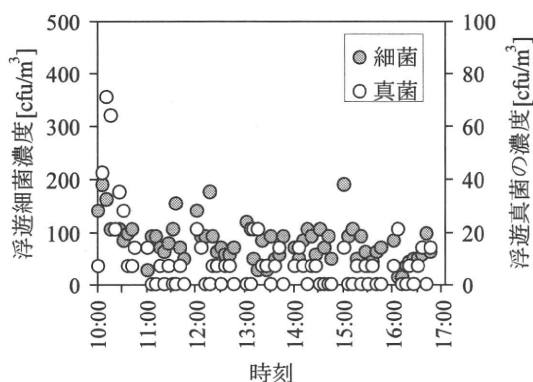


図 1-5-3 地下階浮遊細菌と真菌濃度の経時変化

図 1-5-4 と図 1-5-5 に毎正時に地下階、会議室、外気における浮遊細菌濃度と浮遊真菌濃度の測定結果を示す。細菌と真菌ともに会議室が最も低い濃度になっている。また、浮遊細菌については、地下階と外気が連動して変動していることから（相関係数 0.7940）、外気の影響を受けていることが推測された。浮遊真菌については、地下階と外気の間に関連性は見られなかった。また、地下階の浮遊真菌平均濃度は $52\text{cfu}/\text{m}^3$ となっており、

Cladosporium

sp., *Aspergillus* sp.,

Penicillium sp.,

Eurotium sp., *walleimia*

sebi, Yeast などが検出

された。

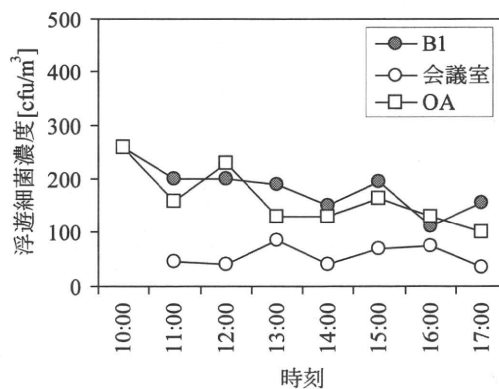


図 1-5-4 各箇所の浮遊細菌濃度の比較

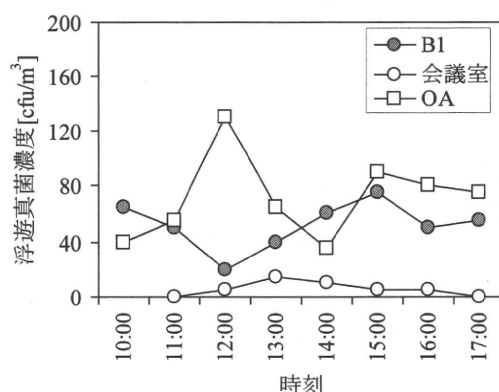


図 1-5-5 各箇所の浮遊真菌濃度の比較

(3)化学物質及び微粒子

表 4-1-5 に午前及び午後の各測定点の化学物質の測定結果を示す。厚生労働省で室内化学物質指針値に関しては、超過する物質はなかったが、TVOC 濃度が暫定目標値 $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を地下及び地下駐車場で超過した。また、地下駐車場で濃度の高かった、自動車の排気ガス由来と考えられる propyl-Benzene, 1-3ethyl-2-methyl-Benzene, 1,2,3-trimethyl-Benzen など芳香族炭化水素が地下階においても高いことから、駐車場

表 1-4-5 化学物質の測定結果

	B1F		1F		Parking PM	OA	
	AM	PM	AM	PM		AM	PM
Formaldehyde	9.8	0.1	8.5	8.3	12.8	5.0	4.4
Acetaldehyde	9.5	10.2	5.3	5.0	9.3	5.5	4.5
Toluene	150.7	148.5	26.2	20.0	189.8	27.2	15.9
Ethylbenzene	31.1	32.9	9.6	9.0	40.3	8.8	9.2
Xylene	65.7	78.4	10.6	12.1	92.8	8.0	8.4
Styrene	27.8	33.1	4.7	6.2	42.8	n.d.	n.d.
p-dichloro Benzene	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Tetradecane	1.9	2.5	1.0	n.d.	1.6	0.6	n.d.
TVOC	677.0	659.5	112.6	83.9	760.6	119.6	70.2
Benzene, propyl-	8.2	8.6	n.d.	n.d.	10.9	n.d.	n.d.
Benzene, 1-ethyl-2-methyl-	33.0	37.2	n.d.	n.d.	48.4	n.d.	n.d.
Benzene, 1,2,3-trimethyl-	43.9	49.9	5.4	n.d.	57.2	n.d.	n.d.

からの流入によるものと考えられる。

図 1-5-6 に TVOC 濃度計による各測定点の濃度、図 1-5-7 に地下階における TVOC 濃度の経時変化を示す。先の測定結果と同様に、地下及び駐車場において高い値を示している。また、TVOC 濃度の経時変化では時刻によって濃度の高くなる傾向となり、図 1-5-8 に示すように、TVOC 濃度と一酸化炭素濃度とは良い相関があることから、地下駐車場からの流入が化学物質濃度にも影響を与えていることがわかった。

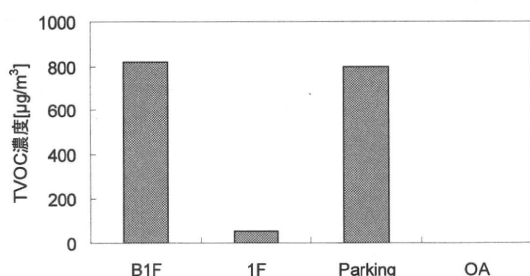


図 1-5-6 各測定点の午後の TVOC 濃度

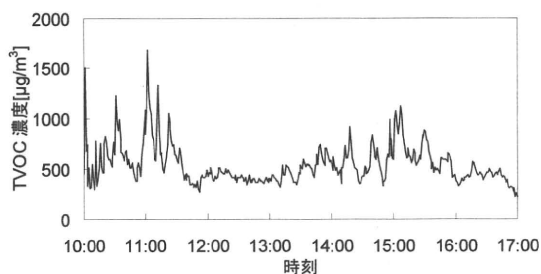


図 1-5-7 地下階における TVOC 濃度の経時変化

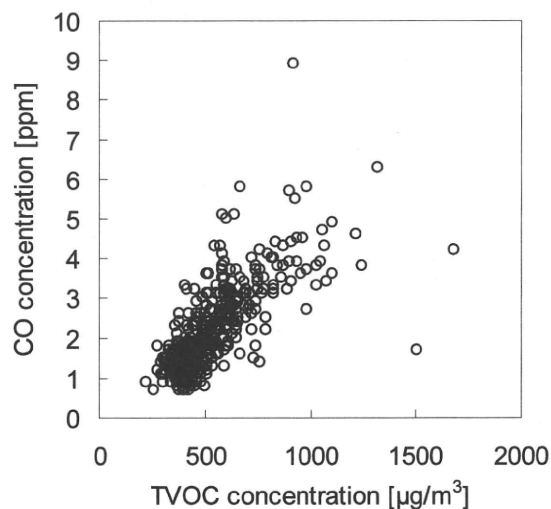


図 1-5-8 地下階における TVOC と一酸化炭素濃度の関係

図 1-5-9 にパーティクルカウンタによる地下及び外気の浮遊粒子個数濃度の粒径別個数濃度を、図 1-5-10 に I/O 比 (室内/外気濃度) を示す。室内に比べて地下階の方が高い値を示しており、地下駐車場も同様であった。

図 1-5-11 に地下階における I/O 比の経時変化を示す。粒径 5 µm 以上の粒子以外は、変動は小さいものの、粒径 5 µm 以上の粒子の変動が大きいことがわかった。

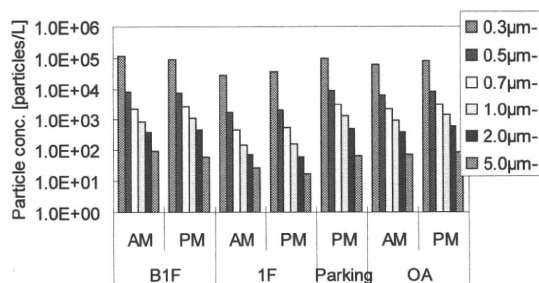


図 1-5-9 場所別の粒径別個数濃度の結果

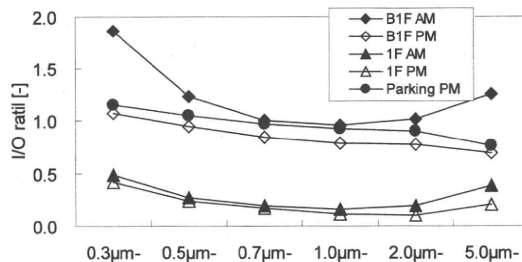


図 1-5-10 粒径別 I/O 比の結果

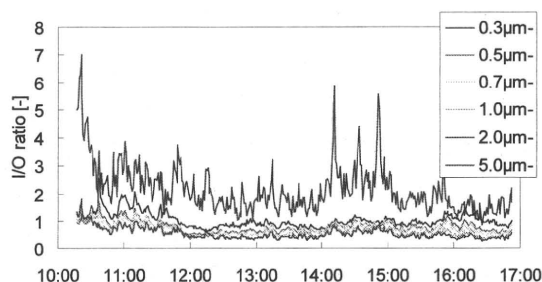


図 1-5-11 地下階における I/O 比の経時変化

D. 考察

東京都の立ち入り検査時における測定結果から、特定建築物の地下と地上部では空気環境(温度、気流、二酸化炭素、一酸化炭素、粉じん濃度)が異なっていることが示されたことは、室内の使用方法はもちろん、建物構造上の問題、

空調設備の違いなどとも関連があるものと考えられ、一酸化炭素、浮遊粉じんなど地上部よりも濃度の高い項目については、その管理について注意する必要があると考えられる。

本研究調査対象とした地下階は居室ではなく、廊下であるために、これまでの報告されたオフィスビル居室内の調査結果と直接比較できない。しかしながら、結果として一酸化炭素、浮遊粉じんは、地上部より高い値を示し、更には、化学物質や浮遊微粒子なども地下駐車場からの侵入が伺えた。また、浮遊細菌、真菌濃度がともに高くなっていることから、今後、より詳細な調査を行う必要があると考えられる。

E.結論

特定建築物の地下階と地上部における空気環境の違いを明らかにするために、特定建築物に対する立入り検査時の測定データ及びある特定建築物における実測調査の地上階との比較を行うことにより、その把握を行った。

立ち入り検査時の測定データから、各空気環境測定項目に関して、気流、二酸化炭素、一酸化炭素、浮遊粉じんにおいて、有意な差が確認された。室内の使用方法はもちろん、建物構造上の問題、空調設備の違いなどとも関連があるものと考えられ、一酸化炭素、浮遊粉じんなど地上部よりも濃度の高い項目については、その管理について注意する必要があると考えられる。

特定建築物の地下階における実測調査を行った結果、上記と同様に一酸化炭素、浮遊粉じんにおいては、地上階居室よりも高い値を示し、地下駐車場からの影響が考えられた。また、浮遊細菌濃度と浮遊真菌濃度は地上階居室に比べると高いものの、それぞれ 200cfu/m^3 、 50cfu/m^3 以下になっている。更に、化学物質については、TVOC濃度、芳香族炭化水素類が高い値となっており、地下階特有の空気環境となっていることが考えられる。

特定建築物の地下空間の空気環境については、地上階と比較して有意に異なる傾向となっていることが明らかとなった。しかし、基準値を超過するまでではないものの、その原因としては、地下特有の用途によるところが大きい。よって、例えば地下駐車場の影響や外気の取入れなど、

地上階において考慮しないような項目が影響されることが考えられ、空調設備も含めた設計、維持管理により、地下空間の環境確保に重要な役割を果たすものと考えられる。

1-6 個別空調建物における空気環境の実測調査

A. 研究目的

平成 15 年に改正された建築物衛生法で、空調設備として中央管理方式に加え、個別空調建物についても適用の範囲内となった。しかしながら、個別空調については、その維持管理状況が不明で、近年の空気環境の不適率の上昇をみても、この方式による影響が懸念されている。

本研究では、当年度、冷房運転を開始した時点において、複数の居住者からくしゃみや発疹などの症状が確認されたとの相談が寄せられた建物において、空気環境の調査を行う機会を得ることができた。そこで、室内の空気質の実態調査とともに、空調機による影響を検討するための測定を行った。個別空調システムの事務所建築における室内空気環境の実態を調査し、空調設備からの汚染物質発生について究明することにより、居住者の不具合の原因について検討する。

B. 調査方法

対象とした建物は、東京都中央区にある築 20 年の 8 階建の事務用途の特定建築物である。この建物は、7 年前に中央方式の空調機から、個別方式の空調機に更新されている。この建物で、空調機を稼働し始めた 6 月初旬に複数人にくしゃみや発疹などの症状が発生したとのことで、空調機管理者から相談を受け、実態調査を行った。

測定日は、2010 年 8 月 20 日（金）及び 21 日（土）である。測定については、執務時間中の室内空気質の測定と空調機からの発生の影響を把握するため、空調立ち上げ前後での計測を行った。測定項目としては、下記による。

①浮遊粉じん濃度：パーティクルカウンタ（KR-12A）による連続測定。

②浮遊微生物濃度：バイオサンプラー（BIO SAMP）により捕集、PDA 及び SCD 培地によって培養し、菌数により空間濃度を算出。また、空調運転前後においては、図 1-6-1 に示すように空調吹き出し口において、吹き出し空気の捕集も行った。

③付着菌：所定の場所で 5cm² でふき取りを行い、PDA 及び SCD 培地によって培養し、菌数により付着菌数を算出。

④化学物質濃度：DNPH カートリッジ及び Tenax 捕集剤により捕集し、高速液体クロマトグラフ及びガスクロマトグラフ質量分析計により分析し、濃度を算出。また、TVOC モニタ（FTVR-01）による TVOC 濃度の連続測定を行う。空調運転前後においては、室内空気の測定を行った。

測定時刻については、平日（8 月 20 日）では午前及び午後（浮遊微生物濃度のみ）の居室及び外気の測定、休日（8 月 21 日）では空調停止中及び空調稼働中（外気取り入れなし）の各測定項目の測定を行った。

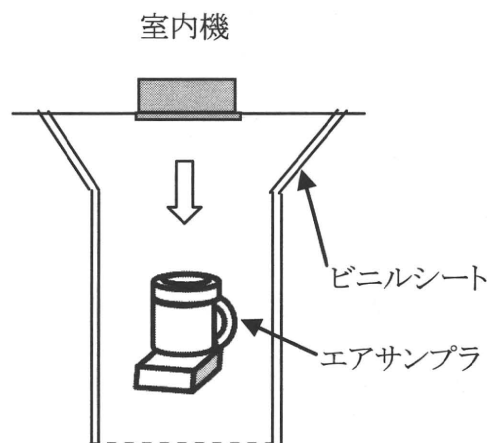


図 1-6-1 空調機吹き出し口の測定方法

C. 結果

(1)浮遊粉じん濃度

パーティクルカウンタで測定した浮遊微粒子濃度について、図 1-6-2 に測定期間全体の粒径別濃度の経時変化を、図 1-6-3 に空調機運転前後の濃度の経時変化を示す。図 1-6-2 から執務時間帯については、執務者などから発生すること及び空調により各粒径で小さなばらつきはあるものの、一定の値となり、夜間においては濃度が徐々に下がっていた。また、朝より、外気の影響又は他の部屋での活動によって徐々に上昇する傾向が見られた。

図 1-6-3 については、空調運転前後の経時変化について拡大したものであるが、測定者が入室したことによって徐々に増加の傾向となったが、空調運転後低下するか、運転前の状態に近づく