

2.2 空気汚染の測定

1 演習の目的

閉めきった室内に多数の人間が長時間滞在すると、呼吸による酸素の消費、炭酸ガスや水蒸気の放出、身体や衣服からの各種の臭気物質、粉じん、細菌などで空気が汚染し、不快さを感じたり、身体に故障が生じたりする。これに喫煙や、ガス・ストーブなどの開放型燃焼器具が加わると、発生する室内汚染は一層ひどくなる。

このため換気を絶えず行って、各種室内汚染濃度の希釈を図らなければならないが、室内の空気汚染の程度が適当なレベル以下に抑えられているか——逆にいえば室内の空気清浄度が適正に管理されているか、を常にチェックし、健康・安全かつ快適な室内環境の維持に努めなければならない。

このために本節では、幾つかの室内空気汚染物質のうちから、代表的にCO₂・CO・浮遊粉じんを取りあげ、①その測定法に習熟するとともに、②測定結果より、室内空気環境を客観的に把握・評価することを目的とする。

専門的には、さらに③室内空気汚染濃度の予測、④空気調和用空気浄化装置の設計とその評価、⑤室内汚染の防止対策の樹立などへと結び付けていくことが可能である。

2 基礎事項

2.1 ガス汚染

1) 濃度の表示法

①体積比による表示：空気中に存在する有害ガスの体積を表すものとして〔%〕と〔ppm〕(parts per million)がある。

②質量による表示：空気1 m³中に含まれる有害ガスの質量のmg数をmg/m³

* 気体は温度、圧力により体積が変わるので、厳密には標準状態（0℃、1気圧=101.325kPa）における濃度としなければならない。しかし、空気にせよ、有害ガスにせよ、1気圧のもとでの温度変化だけを考えれば、その体積は0℃と30℃の間で表2.2.2に示すように約10%異なるに過ぎず、汚染物質測定器の精度の著しく高い場合を除き、測定値の補正はほとんど行うことはない。

として表す*。

2) 気体法則

①ボイルシャルルの法則

一定質量の気体の体積は、絶対温度に比例し、圧力に反比例する。

$$V = V_0 \times \frac{p_0}{p} \times \frac{273+t}{273+t_0} \quad (2.2.1)$$

すなわち $\frac{pV}{T} = \text{一定}$

②アボガドロの仮説

温度と圧力が等しければ、異なった気体の同じ体積中に含まれる分子数は等しい。1 mol 中ではその数は6.023×10²³であり、その占める体積は標準状態（0℃、1気圧=101.325kPa）では22.4 l である。

①②の条件を満たす気体は理想気体とよばれる。通常の気体を我々は理想気体として取り扱う。

③標準状態における ppm と mg/m³ の関係

$$(\text{ppm}) = (\text{mg/m}^3) \times \frac{22.4}{M}$$

M：分子量

3) 吸気と呼気の組成

表2.2.1参照

表2.2.1 吸気と呼気の組成(長田)

	O ₂	CO ₂	N ₂	水蒸気
吸気	21%	0.03%	79%	大気と同じ
呼気	16	4.04	79	飽和
増減	-5	+4	0	増加

表2.2.2 気体の体積の変化

温度(°C)	体積(l)	温度(°C)	体積(l)
0	22.4	20	24.0
5	22.8	25	24.4
10	23.2	30	24.9
15	23.6	35	25.3

4) 汚染ガスの性質

一般室内でみられる汚染ガスとしては、

CO₂ (二酸化炭素, 炭酸ガス), CO (一酸化炭素), NO_x (窒素酸化物), SO_x (硫黄酸化物), HCHO (ホルムアルデヒド) などがあるが、ここではCO₂とCOについて述べる。

① CO₂: CO₂そのものの毒性(表2.2.3)が問題となる著しい高濃度状態は一般環境では存在しない。しかし、CO₂濃度は室内の総合的な空気汚染状況を端的に示すものといわれ、空気汚染の指標として重要な意味をもつ(表2.2.4)。

② CO: 一般の室内で発生する有害ガスとして最も重要なものである。主として開放型の燃焼器具から発生する場合の室内濃度への寄与率が最も高いが、自動車交通の激しい都会のビルなどでは、外気の入りの場所により、排気中の高濃度のCOがそのまま室内に送りこまれる場合もある。また、喫煙が著しい室内に

表2.2.3 CO₂の人体影響

濃度(%)	影 響
0.1	呼吸器・循環器・大脳などの機能に影響がみられる(Eliseeva 説)
4	耳鳴り・頭痛・血圧上昇などの徴候が現れる(Lehmann 説)
8~10	意識混濁・けいれんなどを起こし呼吸が止まる(Lehmann 説)
20	中枢障害を起こし生命が危険となる(Lehmann 説)

出典: 建築設計資料集成, 1・環境

表2.2.4 空気汚染の指標としてのCO₂

濃度(%)	意 味
0.07	多数継続在室する場合のじょ限度(Pettenkopfer 説, 燃焼器具を使用しない場合)
0.10	一般の場合のじょ限度(Pettenkopfer 説, 燃焼器具を使用しない場合)
0.15	換気計算に使用されるじょ限度(Rietchel 説, 燃焼器具を使用しない場合)
0.2~0.5	相当不良と認められる(燃焼器具を併用する場合)
0.5以上	最も不良と認められる(燃焼器具を併用する場合)
備考	本表は、二酸化炭素そのものの有害じょ限度を示すものではなく、空気の物理・化学的性状が、二酸化炭素の増加に比例して悪化すると仮定したときのじょ限度を示すものである。

出典: 建築設計資料集成, 1・環境

おいては、後述する粉じんとともにCO濃度が上昇する。

COの人体影響を表2.2.5に示す。

表2.2.5 COの人体影響

濃 度 (ppm)	ばく露時間	影 響
5	20min	高次神経系の反射作用の変化
30	8 h 以上	視覚・精神機能障害
200	2~4 h	前頭部頭重, 軽度の頭痛
500	2~4 h	激しい頭痛, 悪心・脱力感・視力障害・虚脱感
1000	2~3 h	脈はくこう進, けいれんを伴う失神
2000	1~2 h	死亡

一酸化炭素による中毒のじょ限度は、濃度・ばく露時間・作業強度・呼吸強度・個人の体質の差などで、それを設定することは難しいが、Hendersonによれば、濃度(ppm)×時間(h) < 600 であるといわれる。

出典: 建築設計資料集成, 1・環境

2.2 粉 じ ん

1) 粉じんの性質

粉じんの種類と大きさを図2.2.1に、質量濃度からみた人体影響を表2.2.6に示す。

人体へ影響を及ぼす粉じんの粒子径は図2.2.1で示されるように、空気中に浮遊している10μm以下である。建築基準法, ビル管理法でも10μm以下の浮遊粉じんを対象としているので、ここでも同様とするが簡単にするため粉じんと記す。

2) 濃度の表示法

① 計数法: 単位体積の空気中に含まれる粉じんの粒子数。単位は個/cm³, 個/l など。

② 質量法: 単位体積の空気中に含まれる粉じんの質量。単位はmg/m³。

粒子は大きいものほど質量増加の寄与分が大きいので、通常10μm以上の粒子は取り除いて(分級して)測定されることが多い。

③ 相対濃度法: 粉じんによる散乱光の強さ, 振動数の変化などの物理量によって、直接的に、または質量濃度に換算した形で濃度表示をするもの。

i) 変色度法: ろ紙の色変化をみるもの。単位として光学濃度(OD=Optical

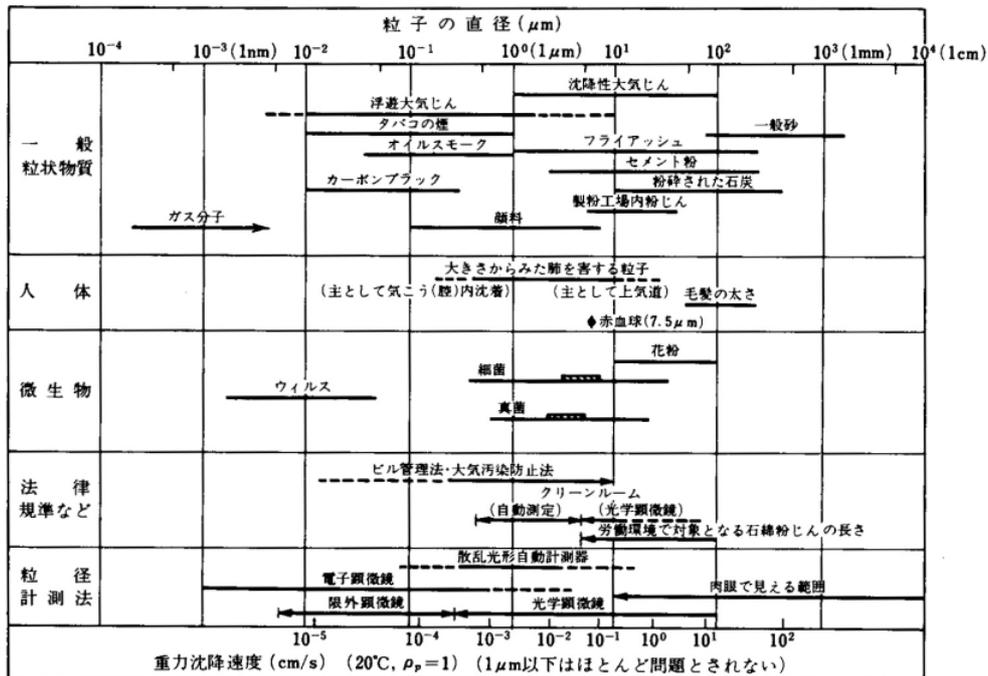


図2.2.1 粉じんの粒子と大きさ 出典：建築設計資料集成, 1・環境

表2.2.6 粉じんの人体影響

濃度 (mg/m ³)	影 響	備 考
0.025~0.05	バックグラウンド濃度	0.1mg/m ³ 以上になると死亡率が増加する
0.075~0.1	多くの人に満足される濃度	
0.1 ~0.14	視程減少	
0.15 ~0.2	多くの人に「汚い」と思われる濃度	
0.2以上	多くの人に「全く汚い」と思われる濃度	

出典：建築設計資料集成, 1・環境

表2.2.7 建築物環境衛生管理基準

基準項目	建築物環境衛生管理基準 (日本, 1971年制定)
浮遊粉じんの量	空気1m ³ につき0.15mg以下(相対沈降径10μm以下の粒子)
一酸化炭素の含有率	10ppm(厚生省令で定める特例ではその数値)以下
二酸化炭素の含有率	1000ppm(0.1%)以下
温 度	1. 17℃以上28℃以下 2. 居室内温度を外気温度より低くする場合には, その差を著しくしないこと
相 対 温 度	40%以上70%以下
気 流	0.5m/s以下

(注) 1. 建築基準法においても同様に定められている。
2. 事務所衛生基準規則においては中央管理式空調設備を有する場合は吹出し口のところで表の値, それ以外の場合には一酸化炭素は50ppm以下, 二酸化炭素は5000ppm以下, 10℃以下の場合には暖房することなどが定められている。

2.3 室内空気清浄度基準

「建築物における衛生的環境の確保に関する法律(略してビル管理法)」や「建築基準法」には, 多人数が集まる建物で, 中央管理方式の空調設備をもつものに対して, 表2.2.7に示すような室内空気環境衛生基準を示している。すべての建物に適用される基準ではないが, この数値は, 室内空気汚染許容度についての一応の目安を示すものといえよう。

Density)が多く用いられる。採じん前後のろ紙の透過光量の比の対数が質量濃度にはほぼ比例することから,

$$OD = -\log \frac{T_1}{T_0} \quad (2.2.2)$$

T₀: 採じん前の透過光量

T₁: 採じん後の透過光量

で表される。

ii) 散乱光法: 空気中の粉じんのチンダル散乱光の強さの変化を読み取るもの。単位はcpm(=count per minute: 1分間当りのカウント数)。

iii) その他: ピエゾバランス法・β線透過率法・落下粉じん計数法など。

3 測定方法の分類

3.1 ガス

ガス濃度の測定方法は原理的に化学分析法と機器分析法に分けられる。CO₂とCOにつき、主要な測定方法を表2.2.8に示す。

表2.2.8 ガス濃度測定法

	CO ₂	CO
化学分析	検知管法 水酸化バリウム法	検知管法
機器分析	ガス干渉計法 赤外線吸収法 ガスクロマトグラフ法	赤外線吸収法 ガスクロマトグラフ法 定電位電解法

3.2 粉じん

粉じん濃度測定法は、原理的に浮遊状態のまま測定する浮遊測定(直接的)方法と、いったん捕集して測定する捕集測定(間接的)方法に分けられ、それぞれに応じて、JIS Z 8813(浮遊粉じん濃度測定法通則)に詳細に規定されている。

一般室内粉じん汚染測定用として通常使用されるものを表2.2.9に示す。

表2.2.9 粉じん濃度測定器の種類

	測定器	測定原理	濃度表示
浮遊測定法	デジタル粉じん計	散乱光式	cpm(mg/m ³)*
	自動微粒子計測器	散乱光式	個/ml
捕集測定法	ローボリウムエアサンプラ(LV)	ろ過式	mg/m ³
	労研ろ紙じんあい計 積算型ろ紙じんあい計 (ダスター-2000)	ろ過式	OD(mg/m ³)*
	水晶発振式質量濃度計	ピエゾバランス式	mg/m ³ *

* 直接質量測定によって求めた質量濃度と区別するために、相対濃度法によって求めた(間接的)質量濃度を相当質量濃度とよぶ試みがなされている。

ローボリウムエアサンプラ(小容量質量法、以下LVと略す)は、大気汚染・室内空気汚染のいずれにも標準測定法として指定されているものであるが、他の軽便な測定器を用いて測定し、質量濃度で表示する場合、その測定器は、あらかじめこのLVに合わせておき、得られた指示値から正しい質量濃度が換算して求められるようにしておかなければなら

い。このように準備されたものを較正された測定器という。

4 空気汚染測定法

4.1 CO₂測定法

1) 検知管法

空気中のガス濃度を簡易に測定する方法として開発されたもので、測定の前の特な準備も、サンプリング後の分析も不要である。これは対象とするガスと反応して着色する検知剤を充てんした検知管の一方から真空ポンプで一定量の試料空気を吸引し、着色の度合や長さによって濃度を決定する方法である。以下述べる取扱い方法は、CO₂に限らず検知管を用いるどのガス測定に際しても同様である(図2.2.2参照)。

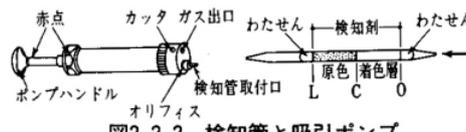


図2.2.2 検知管と吸引ポンプ

a) 吸引ポンプの点検

- ① ポンプの掃除：オリフィス(吸引速度調整板)・検知管取付け口に付着するガラス破片やグリスを除去する。
- ② 空気もれチェック：両端をカットしない検知管を取り付け、ポンプハンドルを一気に引き、90度回して止め金に固定する。ポンプの容量は100mlである。約5分間放置した後、ハンドルを止め金から外し、ハンドルが元の状態に戻ればよいが、戻らない場合は空気の漏れがあるのでその原因を調べ、適当な措置を施す。主な措置としては、次のものが挙げられる。

- i) ピストンのグリスアップ
- ii) 検知管取付けゴムの交換
- iii) オリフィスの洗浄、交換
- iv) ガス出口の点検

- ③ オリフィスの通気テスト：検知管を取り付けない状態でハンドルを一気に引き、止め金に固定し、50秒後未使用の検知管で密栓してハンドルを止め金から外