室内空気の浮遊微小粒子測定の国際標準規格: ISO16000-34, 37 に関連する計測機器のご紹介

①Dylec 東京タイレック株式会社

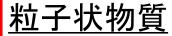
背景 室内空気質(Indoor Air Quality: IAQ)

<u>ガス</u>

- ·VOC(揮発性有機化合物)
- •SO_x(硫黄酸化物)
- •NO_x(窒素酸化物)
- •CO(一酸化炭素) 他



室内の快適さ、健康に影響



- ·微小粒子: PM_{2.5}
- ▪浮遊粉じん:PM₁₀





シックハウス症候群

物理的因子 熱、音、光

アレルゲン

- ・ダニ、カビ
- ・ペットの毛

生物的因子



ISO16000は 室内空気の 測定・サンプ リングに関す る国際規格

頭痛 目眩

背景 PM25の大気環境基準

国/機関		WHO	米国	EU	日本	中国	韓国
	平均値 [μg/m³] (短期基準)	25	35	未設定	35	75	50 (35)*
年	平均値 [µg/m³] (長期基準)	10	12	20	15	35	25 (15)*
	制定年 規制開始年	2006 (指針値)	1997	2008	2009	2012 2016	2015
	改定年		2013	2015			(2018)*

環境省:大気環境中の PM2.5 の状況 https://www.env.go.jp/council/07air-noise/y078-07/mat801.pdf

参議院: PM_{2.5}をめぐる問題の経緯と今後の課題 http://www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/rippou_chousa/backnumber/2013pdf/20131001141.pdf

神奈川県: PM2.5の環境基準について http://www.pref.kanagawa.jp/docs/pf7/pm/p656058.html

室内PM25→大気環境基準をそのままあてはめることはできない

^{*}アジア経済ニュース: PM2.5の環境基準、日米並みに厳しく(2018.3.22) https://www.nna.jp/news/show/1740821

背景 室内(建築物)環境基準

・建築物における衛生的環境の確保に関する法律(1970) 建築物環境衛生管理基準:「相対沈降径がおおむね**10 マイクロメートル以下**の 浮遊粉じん」の量が0.15 mg/m³以下 → 現状、PM_{2.5}に関する法的規制がない

PM_{2.5}への関心の高まり

- •健康に焦点を当てた建築デザイン評価システム WELL Building Standard™ (2014) → PM_{2.5}のしきい値: 15 µg/m³
- PM_{2.5}測定、サンプリングのISO制定

ISO16000-34 (2018), -37 (2019)

ISO16000各パートの内容その1

部	制定/改正年	題名
1	2004	サンプリング方法通則
2	2004	ホルムアルデヒドのサンプリング方法
3	2011	室内空気及び放散試験チャンバー内空気中のホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物の定量 ーアクティブサンプリング
4	2011	ホルムアルデヒドの定量ーパッシブサンプリング
5	2007	揮発性有機化合物(VOC)のサンプリング方法
6	2011	室内空気及び放散試験チャンバー内空気中揮発性有機化合物(VOC)のTenaxTA(R)吸着剤を用いたアクティブサンプリング、加熱脱離及びMS又はMS-FIDを用いるガスクロマトグラフィーによる定量
7	2007	空気中アスベスト繊維濃度測定のサンプリング方法
8	2007	建物内の局所平均空気齢による換気測定法
9	2006	建築材料及び家具等からの揮発性有機化合物(VOC)の放散測定一放散試験チャンバー法
10	2006	建築材料及び家具等からの揮発性有機化合物(VOC)の放散測定一放散試験セル法
11	2006	建築材料及び家具等からの揮発性有機化合物(VOC)の放散測定ーサンプル採取及び保管、試験片作製方法
12	2008	ポリ塩素化ビフェニル(PCB), ポリ塩素化ジベンゾジオキシン(PCDD), ポリ塩素化ジベンゾフラン(PCDF) 及び多環芳香族炭化水素(PAH)のサンプリング方法
13	2008	(ガス状及び粒子状の)ダイオキシン類PCB及びPCDD/PCDFの定量-吸着剤含浸フィルター捕集法
14	2009	(ガス状及び粒子状の)ダイオキシン類PCB及びPCDD/PCDFの定量 一高分解能ガスクロマトグラフィー及び質量分析法による抽出, 清浄化及び分析
15	2008	二酸化窒素(NO2)サンプリング方法
16	2008	カビの検出及び計数ーフィルター法
17	2008	カビの検出及び計数-培地法
18	2011	カビの検出及び計数一衝突法(インパクター法)

日本規格協会 https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0070/index (2019)

ISO16000各パートの内容その2

部	制定/改正年	題名
19	2012	カビのサンプリング方法
20	2014	カビの検出及び計数ー全胞子数の求め方
21	2013	カビの検出及び計数-材料からのサンプリング
22		カビの検出及び計数ー分子法
23	2018	ホルムアルデヒド及び他のカルボニル化合物濃度低減材の低減性能試験
24	2018	揮発性有機化合物濃度低減材の低減性能試験
25	2011	建築材料からの準揮発性有機化合物(SVOC)の放散測定ーマイクロチャンバー法
26	2012	二酸化炭素(CO2)のサンプリング方法
27	2014	SEM(走査電子顕微鏡法)(直接法)による表面上の堆積繊維状ダストの測定
28	2012	チャンバーを用いた建材からのにおい放散測定
29	2014	VOC検出器の試験方法
30	2014	室内空気の官能検査
31	2014	有機リン化合物を基剤とする難燃剤及び可塑剤の測定ーリン酸エステル
32	2014	汚染物質の発生に関する建築物の調査
33	2017	ガスクロマトグラフィ/質量分析(GC/MS)によるフタル酸エステルの定量
34	2018	浮遊微小粒子の測定計画
35		ポリ臭化ジフェニルエーテル、ヘキサブロモシクロドデカン及びヘキサブロモベンゼンの測定
36	2018	試験室を使用する清浄器による培養可能な空中浮遊菌を評価するための標準方法
37	2019	PM2.5質量濃度の測定
38	2019	室内及び試験室内空気中のアミンの定量ーリン酸含浸フィルタを内蔵したサンプラでの能動サンプリング

日本規格協会 https://webdesk.jsa.or.jp/books/W11M0070/index (2019)

[※]赤字筒所は日本語訳が異なる場合がございます。

ISO 16000-34:

浮遊微小粒子の測定計画

室内空間

- ・ 住居(リビング、寝室、仕事部屋、運動室、地下室、台所、風呂)
- ・ 大気汚染に関する産業安全法の規制対象外の建物内の作業空間(事務所、小売店)
- ・公共の建物(レストラン、劇場、映画館)
- 自動車・公共交通機関の乗客室(バス、電車、飛行機)

<u>室内の粒子発生源</u>

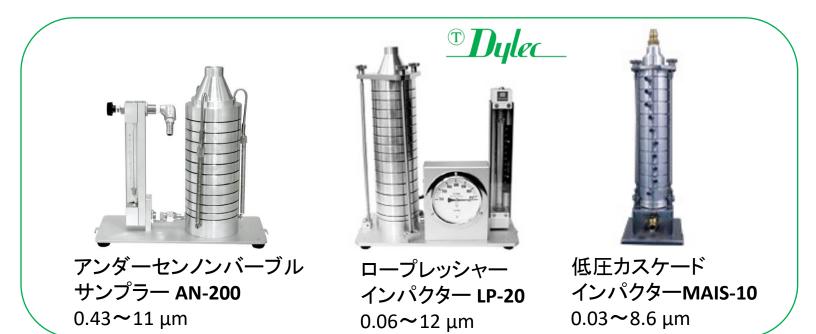
- たばこ、ロウソク、暖炉、線香
- 料理、掃除、絨毯の摩耗、家具・事務機器の使用
- 人・ペット(皮膚片・毛)、微生物(カビ・バクテリア)、花粉
- 揮発性有機物(VOC)による粒子生成
- 沈着粒子の再飛散

6.2.3 Impactors

• 原理: 慣性衝突による粒子分級

• 特性: 基板上に捕集した粒子は粒径区間ごとに質量・化学分析可能

• 制限: 粒子の跳ね返り・再飛散 グリスの塗布で化学分析が困難に







6.2.4 Differential Mobility Analyzer (DMA)

- 原理: 平衡帯電分布にしたエアロゾル粒子を電気移動度で分離
- 特性: 凝縮粒子計数器(CPC)と組み合わせることで超微小粒子の粒径分布を測定可能
- 制限:多価帯電粒子の存在、拡散や荷電効率による粒子ロスを考慮した補正が必要



静電分級器コントロール プラットホーム 3082



Long DMA 3081A 10~1000 nm



Nano DMA 3085A 2~150 nm



1 nm DMA 3086 1∼50 nm

6.2.7 Oscillating microbalance

• 原理:振動素子に粒子が沈着した際の振動数の変化で粒子質量を測定

• 特性:個数・体積濃度からの変換不要で質量を連続的・高感度に直接測定可能

• 制限: VOCの揮発、粒子の跳ね返り・再飛散、捕集ステージの清掃



QCM MOUDI™ Impactor 140 約50 – 1,000 nmの粒子を 6段分級・質量計測可能



TEOM 1405 TSP/SPM/PM₁₀/PM_{2.5}/ PM₁から選択



Thermo Fisher



TEOM 1405 D PM₁₀, PM_{2.5}, PM_{10-2.5} 同時計測



TEOM 1405 F 半揮発性粒子を考慮 PM₁₀/PM_{2.5}計測



TEOM 1405 DF 半揮発性粒子を考慮 PM₁₀, PM_{2.5},PM_{10-2.5}同時計測

Thermo Fisher S C I E N T I F I C

6.2.8 Beta radiation attenuation

- 原理: ベータ線(14C)が捕集フィルタを通過するときの減衰量から捕集粒子質量を測定
- 特性:ベータ線検出器の分解能が高く、少量の粒子捕集量でも信号が安定している
- 制限:検出下限値まで粒子を蓄積できない超微粒子の測定などには不向き



ベータ線吸収モニター 5014i TSP/PM₁₀/PM_{2.5}/PM₁から 選択可能(インレット交換)



ハイブリッドモニター SHARP5030i ベータ線吸収・光散乱法による相互補正 PM₁₀, PM_{2.5}を同時測定

6.2.10 Light scattering aerosol spectrometer

- 原理: 粒子がレーザー光を通過する際の散乱光パルス波形から個数、粒径を測定
- 特性:連続的、高時間分解能な測定。下流でフィルタ捕集すれば組成分析も可能
- 制限:校正に用いる単分散・球形のラテックス粒子に対する光散乱等価径



OPS 3330

0.3~10 μmの範囲を最大16チャンネル測定 3,000 個/cc まで対応



6.2.11 Time-of-flight spectrometer

- 原理:ノズルで加速された粒子の2本のビーム間の通過時間(TOF)から空気動力学径を測定
- 特性:リアルタイムで高サイズ分解能な測定
- 制限:0.5 µmより大きな粒子に対してのみ有効



APS 3321

空気動力学径(52チャンネル)と 光散乱径(16チャンネル)を同時測定



6.2.12 Condensation Particle Counter (CPC)

- 原理:小さな粒子表面に蒸気を凝縮させ、光学的に検出可能なサイズまで成長
- 特性:高時間分解能、低濃度でも高精度。フォトメトリックモードは精度は低いが高濃度に対応
- 制限:室内でアルコールのにおい、粗大粒子による詰り





CPC 3007

粒径範囲:10 nm~1 μm 対応濃度:0~10⁶ 個/cc

DMAと組み合わせてSMPSとして使用可能



CPC 3750

7 nm~3 μm 0~10⁵ 個/cc



CPC 3752

4 nm~3 μm 0~10⁷ 個/cc



CPC 3756

2.5 nm~3 μm 0~3 x 10⁵ 個/cc



WCPC 3789

2.2/7 nm~3 μm 0~3 x 10⁵ 個/cc



0.01~10⁵ 個/cc

イソプロパノール



6.2.13 Faraday cup aerosol electrometer

- 原理:エアロゾル粒子の帯電量を計測
- 特性: 粒子の密度や組成の影響が少ない拡散荷電方式
- ・ 制限: 帯電量は粒子径に大きく左右され、分布が既知でないと個数や質量への換算が困難

eFilter™

リアルタイムPMセンサー 付きのフィルターホルダー



DePS™-GO スタンドアローンタイプ 電子式粒子センサー



DePS™-OEM OEMタイプ 電子式粒子センサー



エアロゾルエレクトロメーター 3068B

2~5000 nmの粒子の電荷量を 高精度にリアルタイム計測



静電分級器(DMA) と組み合わせると 単分散粒子の 個数濃度測定が可能



粒子チャージ機能付き

6.2.14 Fast response aerosol spectrometer

- 原理: 帯電粒子が移動度分級後に電極上で捕集された際の電流値から個数・濃度分布を測定
- 特性:サブミクロン粒子を高時間・サイズ分解能でリアルタイムに測定。放射線源不要
- 制限:エレクトロメータのノイズの問題で低濃度の測定には不向き



FMPS 3091 5.6~560 nm(32チャンネル) 高時間分解能(1秒)



6.2.15 Low pressure impactor with electric detection

• 原理:帯電粒子を空気動力学径ごとに電極へ衝突捕集し電流から粒径分布を測定

• 特性: 捕集粒子を秤量し電流値を質量に直接換算可能

• 制限:動作に真空ポンプが必要。排気中のオイルミストに注意



ELPI®+ 6 nm~10 μm(14チャンネル) 10 Hzでデータ収集



HT-ELPI®+ 180℃まで加熱可能 高温のエアロゾルを ダイレクト捕集



ISO 16000-37:

室内環境のPMっ質量濃度測定

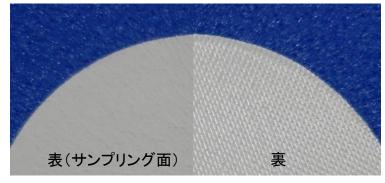
異なる測定方法間の比較を容易にするために制定。 標準的な測定方法

- ・カットオフ径2.5 μmのインパクタを通過させフィルタに捕集、秤量 考慮・記録すべき項目
- ・発生源:人の活動や家電の稼動の有無
- ・コンディション:室内の温湿度・気圧、天候、換気状況
- ・粒子ロス: サンプリング中の拡散やフィルタ上での揮発
- 補完的な測定:時間分解能の高い方法で同時測定

エアロゾルサンプリング用フィルタ









PTFEテフロー(Teflo)フィルタ

膜材質:PTFE

サイズ: Ø25*/37/41/47* mm(*ナンバリング付)

孔径(膜厚):2(46)/3(30.4)μm

サポートリング材質:PMP

- ●膜自体が軽量で正確な質量分析が可能
- ●ガス吸着が少なく、精度の高いPM計測が可能
- ●気体・有機溶媒のろ過に最適

フッ素樹脂バインダーガラス繊維フィルタ: TX40HI20-WW

材質:フッ素樹脂加工ホウケイ酸マイクロファイバー

+ガラス繊維織布

最高使用温度:260℃

サイズ: Ø25/35/37/47/55/70/80/110 mm(特注サイズ対応可)

厚さ: 178 μm

- ●一般的なガラス繊維フィルタに比べて吸湿性が低い
- ●作業環境測定の粉じん測定(フィルタ捕集法)に使用可能 (T60A20の後継として販売実績多数※生産販売終了)
- ●ディーゼル排ガス中の粉じんのサンプリングに使用可能 (各自動車メーカー、大学、研究機関で多くの使用実績あり)

<u>石英繊維フィルタ</u>: 2500 QAT-UP

材質:純石英(バインダー不使用)

最高使用温度:1093℃

サイズ(Ømm): 厚さ:432 um

- ●優れた粒子捕集効率
- ●繊維フィルタのため低圧力損失
- ●煙道中など高温でのサンプリングに最適
- ●原子吸光分析、蛍光X線分析など幅広い分野に 利用可能

サイズ各種ご用意ございます。その他フィルタについてもお気軽にご相談ください。

分級器:サイクロン

個人暴露測定用サイクロン





BGI 4







GK 2.05

GK 4.162

サイクロンのカットオフ径に対応するサンプリング流量[LPM]

# / h = \ . T = * "	カットオフ径 [μm]					
サイクロンモデル	10	4	2.5	1		
SCC 0.695	0.2	0.55	0.82	1.8		
BGI 4	1	2.2	3.65	8.4		
GK 2.05	1.19	2.64	4	9		
GK 2.69	1.6	4.2	6.8	14		
GK 4.162	0.25	9	14	37		

2.5 μm以外のカットオフ径にも対応

環境測定用サイクロン



PM2.5 Very Sharp Cut Cyclone (VSCC) 16.67 LPM



PM2.5 Sharp Cut Cyclone (SCC) 16.67 LPM



可搬型ミニボリュームエアサンプラー

ポータブルサンプラ MiniVol™ TAS

- USEPA(米国環境保護庁)との共同開発製品
- 小型で耐久性があり、バッテリー駆動式 (ソーラーパネルオプションあり)のため

屋外にそのまま設置可能







- インレットインパクタの着脱交換でPM₁₀/PM₂₅/TSPの切替可能
- 内蔵ポンプにより5 L/minで吸引、Ø47フィルタに捕集
- 本体と付属品がひとつのケースに収納可能なコンパクト設計



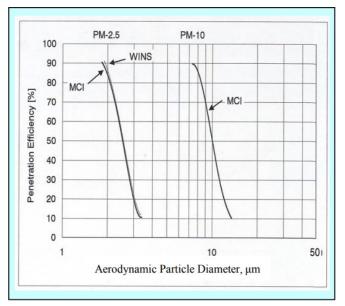




FRM PMっ、と同等の分級性能のサンプラー

マルチノズルカスケードインパクト(MCI)サンプラー

- FRM(米国標準測定法)と同等のPM_{2.5}分級性能
- 小型軽量で分解、組立、メンテナンスが容易
- 積算流量計付き(最大99999.9 L)



MCI PM25, PM10及びWINS(FRM)の分級特性





インパクタ一部

•フィルター径: Ø47x Ø 20(PM₁₀/PM_{2.5}) •流量: 0 -30 L/min(標準20 L/min) Ø47(PM₂₅以下)

•材質:アルミ

•重量:0.8 kg





吸引装置部

•定格電圧:AC 100 V

·定格電流:3.0 A

•重量:10 kg

ご希望の流量・カット径に応じて製作できます。 可能な範囲などの詳細はお問い合わせください。

ポータブル型PMっ、測定器



※本装置はISO16000-34および-37には準拠しておりません

- 環境省認証機器との校正を行うことで、通常のハンディ測定装置を上回る精度の測定が可能!
- インパクタの取付によるPM25カットをした粒子を測定器に導入
- インパクタの交換で容易にPM₁₀/PM₄/PM₁への切替も可能
- ・ バッテリー式の可搬型PM25測定器

• 0.001 mg/m³ (=1 μg/m³)からの高感度測定

DustTrak™ II Model 8530

Ø 37 mmフィルタを搭載でき、 実際の重量と測定データを比較可能



DustTrak™ I Model 8532 持ち運びやすいハンドヘルド型 リーズナブルな価格設定

短時間測定

バッテリー 駆動

ポータブル

環境省 認証機種 に近い 応答性能

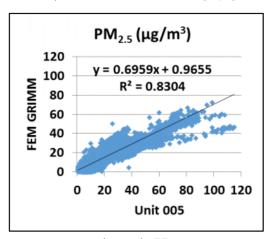
低価格

UNDERSTANDING. 軽量・小型な壁掛け式IAQモニター ACCELERATED

※本装置はISO16000-34および-37には準拠しておりません

AirAssure™ IPM2.5

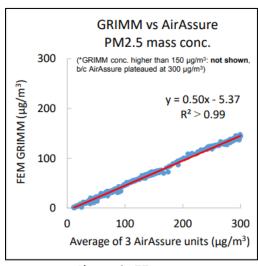
- 建物内のPM25リアルタイム測定
- 簡単操作、クイック壁掛け設置
- ・ 濃度レベルを色段階で可視化
- AQ-SPEC*による評価



フィールドでの相関:0.82

AO-SPEC





ラボでの相関:0.99





*AQ-SPECとは...

SCAQMD (L.A.など米国南海岸区域を管轄する公的な大気汚染防止 機関)が実施する、低価格の大気モリタリングセンサーの性能評価 試験。米国連邦規格の標準測定法(FRM)や等価測定法(FEM)との 相関を調査。

http://www.agmd.gov/ag-spec/evaluations/summary-pm

http://www.aqmd.gov/docs/default-source/aq-spec/field-evaluations/tsi-airassure---field-evaluation.pdf?sfvrsn=2 South Coast Air Quality Sensor Performance Evaluation Center http://www.agmd.gov/docs/default-source/ag-spec/laboratory-evaluations/tsi-airassure---lab-evaluation.pdf?sfyrsn=12

①Dylec 東京ダイレック株式会社

