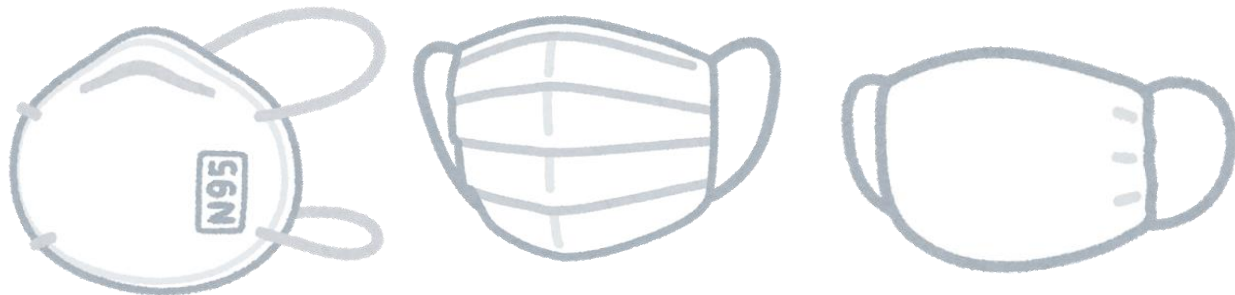


マスク・フィルタの簡易的な評価方法

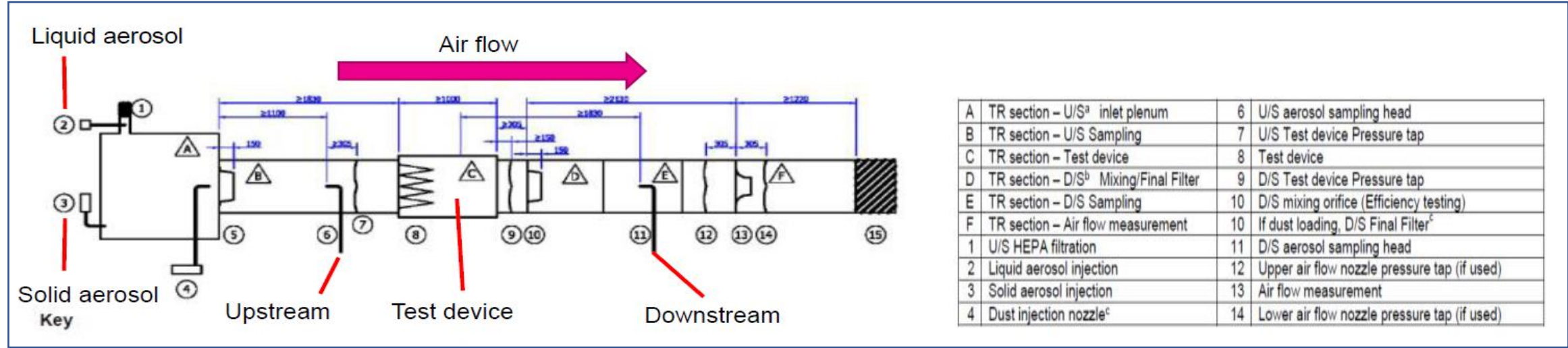


2020.8

はじめに

マスクやフィルタには用途、目的によって様々な評価方法があり、世界標準の規格（ISO）や各国独自の規格が定められています。（JIS、GBなど）

例：ISO16890に準拠した試験設備

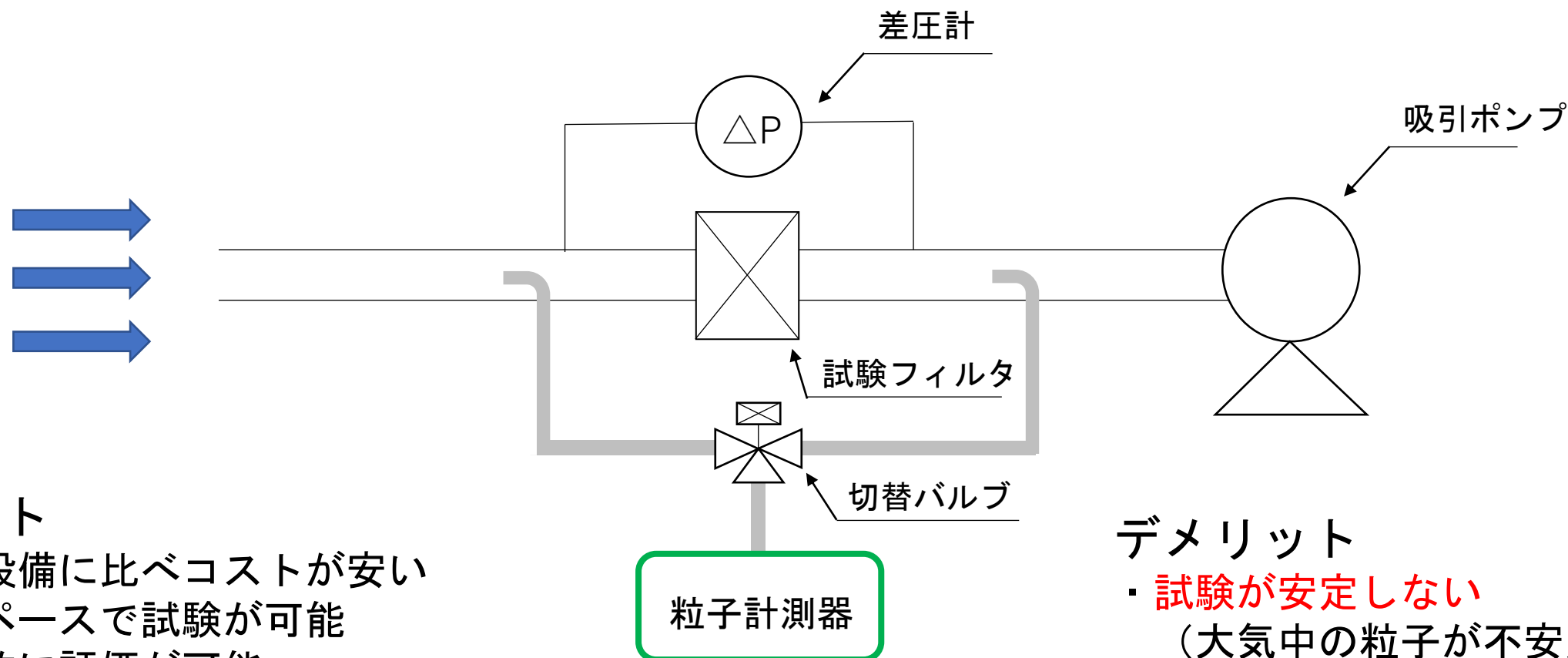


このような試験設備を用意する事で規格に準拠した試験が可能となりますが、コストやスペース（試験設備が大型）等の点から導入が困難な場合もあります。コスト、スペースを抑えた研究の進め方として、ダクト等の試験ラインを小型・簡易な物とし、計測装置を目的に応じて選択して試験・評価を行うという方法もあります。本資料では、簡易的な試験例や、目的別の性能評価に適した計測関連機器を紹介致します。

マスク・フィルターの用途と規格の例

用途	規格
高性能マスク (防じんマスク、N95マスク)	USA-42CFR part84、GB2626、EN143、ISO16900など
	参考資料：ろ材評価用、マスク用試験装置の紹介
サージカルマスク	ASTM F2100-11など
	参考資料：異なるマスクの性能比較試験
高性能（HEPA/ULPA）フィルタ	ISO29463、EN1822など
	参考資料：高性能フィルタ捕集効率試験装置の紹介
一般換気用フィルタ	JIS B9908:2019、ISO16890、ASHRAE52.2など
	参考資料：一般換気用フィルタ試験 計測機器の紹介
車用キャビンフィルタ	ISO/TS11155、DIN71460など
	参考資料：キャビンフィルタ用捕集効率試験装置 CIF3000
車用エアクリナー用フィルタ	ISO5011など
	参考資料：フィルタテスター MFP3000
高圧エアー用フィルタ	ISO12500など
	参考資料：高圧エアー用フィルタ試験装置 DFP3000

簡易的な試験例①（大気中の粒子を用いた試験）



メリット

- ・ 大型設備に比べコストが安い
- ・ 小スペースで試験が可能
- ・ 簡易的に評価が可能
- ・ 予算に合わせた装置を選定可能

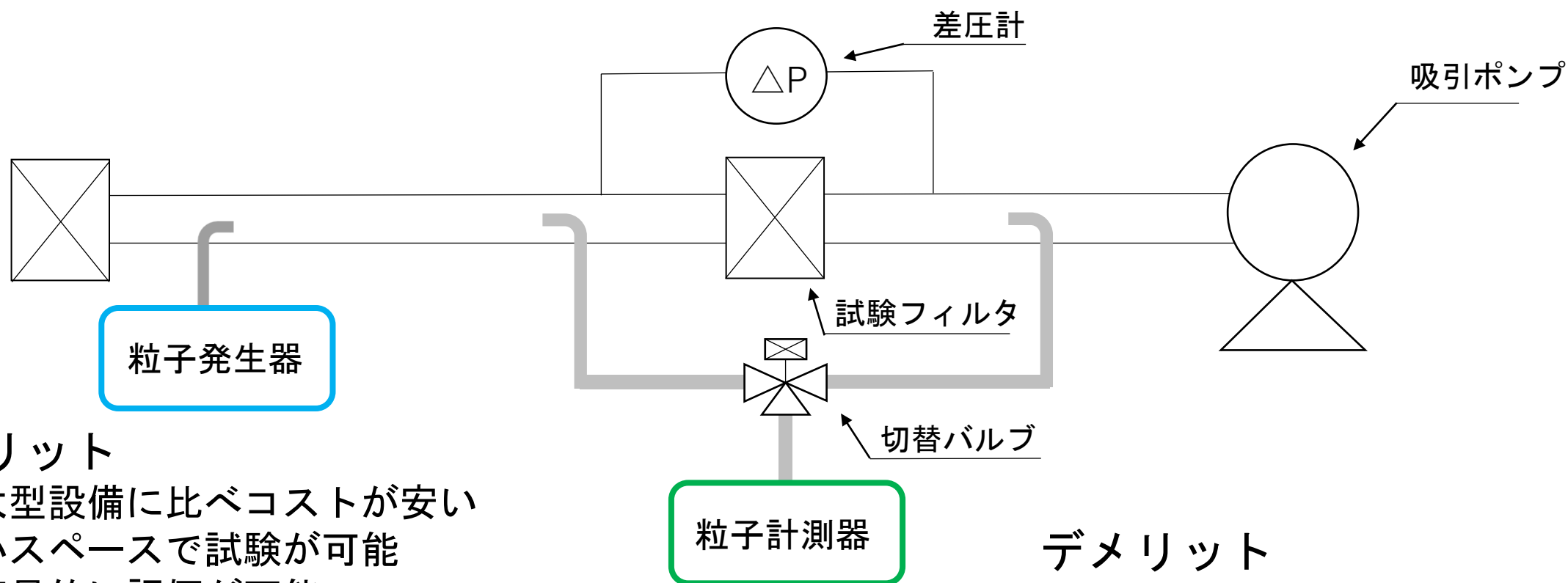
・ **計測器** を変える事で

目的（フィルタ種類）に応じた試験が可能

デメリット

- ・ **試験が安定しない**
（大気中の粒子が不安定）
- ・ 規格に準拠していない
- ・ データのまとめに手間がかかる
（専用ソフトが無い）

簡易的な試験例②（粒子発生器を用いた試験）



メリット

- ・ 大型設備に比べコストが安い
- ・ 小スペースで試験が可能
- ・ 簡易的に評価が可能
- ・ 予算に合わせた装置を選定可能
- ・ 安定した試験が可能
- ・ 計測器、発生器を変える事で
目的（フィルタ種類）に応じた試験が可能

デメリット

- ・ 規格に準拠していない
- ・ データのまとめに手間がかかる
（専用ソフトが無い）
- ・ 試験例①よりはコストが高くなる

用途別で用いられる試験粒子及び粒子計測器の例

マスクやフィルターには様々な評価方法があります。

評価方法によって試験粒子（粒子サイズや濃度）が変わり、それに伴い使用可能な粒子計測器も変わります。

下記に一部の例を記します。

用途	試験粒子	粒子計測器
高性能マスク (防じんマスク、N95マスクなど)	NaCl、オイル (DOPなど)	フォトメーター
サージカルマスク	PSL (0.1 μ m)	パーティクルカウンター (OPC)
高性能 (HEPA/ULPA) フィルタ	NaCl、オイル (PAOなど)	凝縮粒子カウンター (CPC) パーティクルカウンター (OPC)
一般換気用フィルタ	JIS試験用粉じん (1の8種) DEHS、KCl	パーティクルカウンター (OPC)

粒子計測器の種類と違い

マスクやフィルターの捕集効率試験に用いられている粒子計測器には、主に**フォトメーター**、**パーティクルカウンター（OPC）**、**凝縮粒子カウンター（CPC）**といった装置があります。これらは全て光散乱式の粒子計測器ですが、下記のように特徴が異なります。

フォトメーター : 粒子の質量濃度を測定（ mg/m^3 など）
粒子サイズは不明
 $0.1\ \mu\text{m} \sim 20\ \mu\text{m}$ 程度まで測定可能（装置により異なる）
高濃度まで測定可能



パーティクルカウンター（OPC） : 粒子の個数濃度を測定（ $\text{個}/\text{m}^3$ など）
粒子サイズも同時に測定
 $0.1 \sim 20\ \mu\text{m}$ 程度まで測定可能（装置により異なる）
主に清浄空間の測定に用いられる（高濃度は苦手）



凝縮粒子カウンター（CPC） : 粒子の個数濃度を測定（ $\text{個}/\text{cm}^3$ など）
粒子サイズは不明（分級器と組み合わせれば測定可能）
 $\text{数nm} \sim 3\ \mu\text{m}$ 程度まで測定可能（装置により異なる）
高濃度まで測定可能



粒子発生器の使用によって

マスクやフィルタの捕集効率試験を簡易的に行うには、大気中の粒子を利用する方法もありますが、大気中の粒子濃度は日によって変わる為安定した性能評価を行う事が難しい面があります。

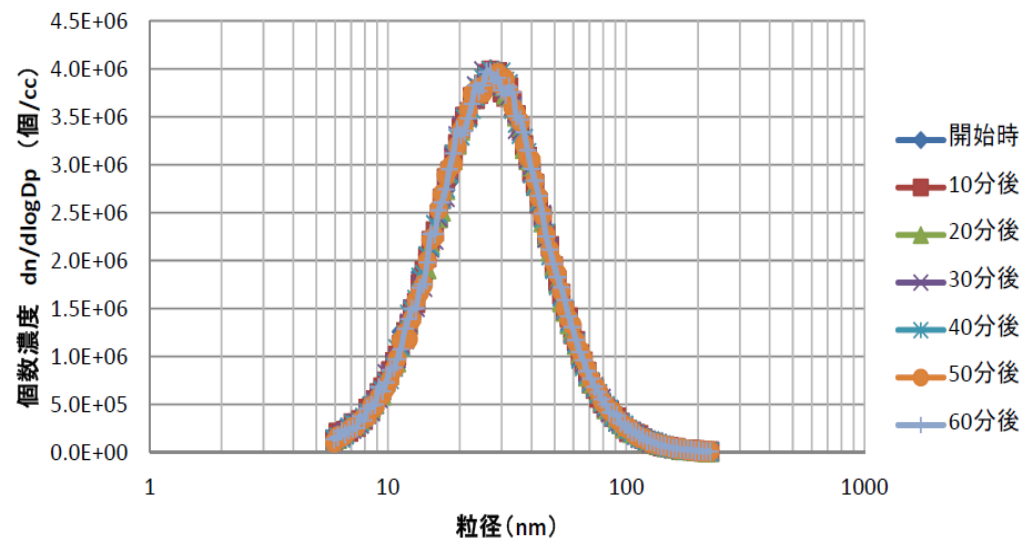
粒子発生器を使用する事によって、安定した捕集効率試験を行う事が可能になります。

例：粒子発生器の安定性確認

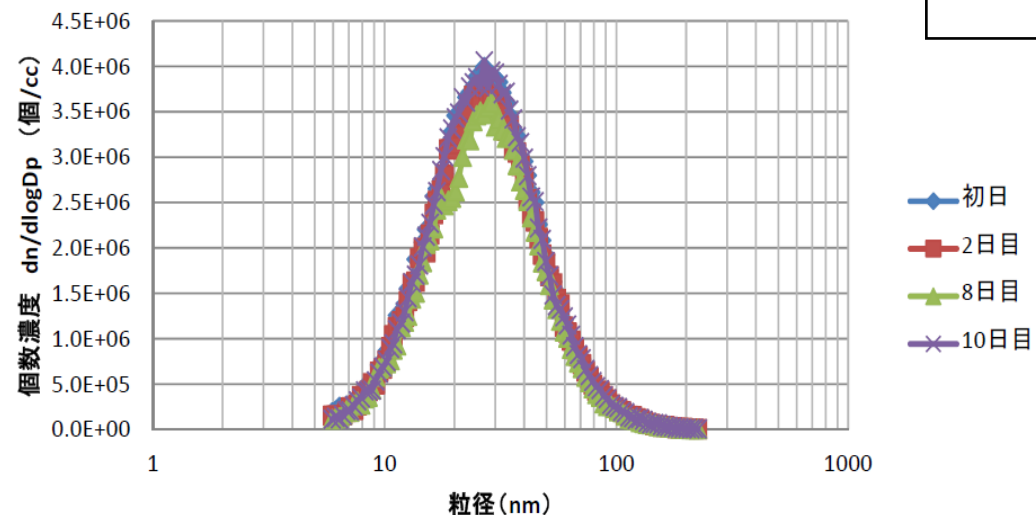
発生器：TSI社製アトマイザー Model:3079

発生粒子：NaCl 測定機：TSI社製 SMPS

アトマイザーの安定発生試験①（初日）



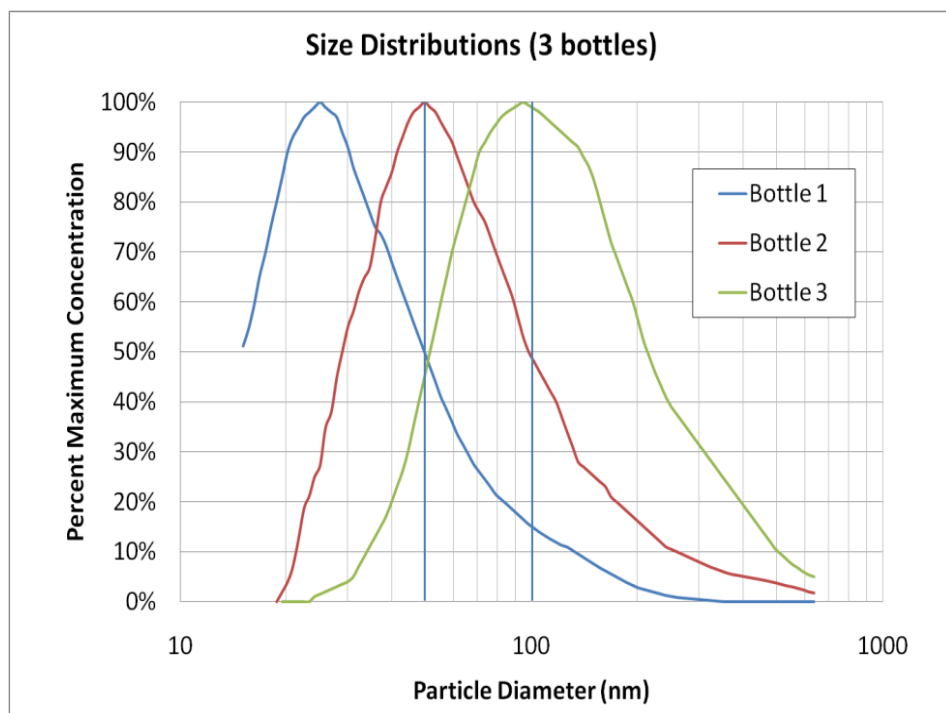
アトマイザーの安定発生試験②（初日～10日目）



Model : 3079A

粒子発生器を使用する事によって、目的（フィルタ種類）別の規格で定められた試験粒子で試験を行う事も可能となります。

また、下図のように発生試料によって様々な分布の粒子を発生する事が出来る為、マスク、フィルタの研究開発に大きく役立ちます。



オイルやNaCl等を発生させる際、溶液濃度によって発生する粒子のサイズが変わります。

溶液濃度を調整する事で、試験粒子サイズを変える事が可能となります。

左グラフは3種類の異なる溶液濃度で発生させた粒子の粒径分布例になります。

TSI社製フィルター試験装置 Model:3160

粒子計測器 の紹介 マスク用、PM2.5対応フィルタ用など

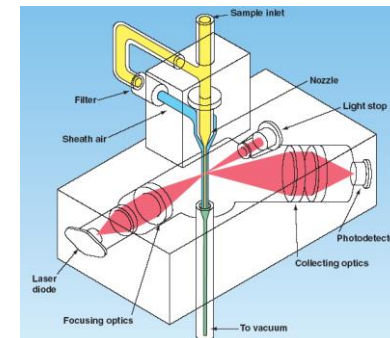


UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 レーザーフォトメーター Model : 8587A

- ・ 捕集効率 99.999%まで対応
- ・ 簡単に上流/下流/パージの切替が可能
- ・ 濃度範囲 : $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 200 \text{ mg}/\text{m}^3$ 以上
- ・ NIOSHのCBRN呼吸マスク認証試験に使用
- ・ 米国陸軍のガスマスク開発に使用



検出器



UNDERSTANDING, ACCELERATED



8530

8532

TSI社製 エアロゾロモニター DustTrak II Model : 8530/8532

- ・ 質量濃度の測定が可能
 - ・ 粒径範囲 : $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$
 - ・ 高濃度に対応 (Max. $400 \text{ mg}/\text{m}^3$)
 - ・ 小型軽量、高い操作性
 - ・ マスク、PM2.5用フィルタ、空気清浄機評価等で使用
- インパクタ交換で簡単にPM1、PM2.5、PM4、PM10の切替が可能



付属インパクタ

粒子計測器 の紹介 マスク用、HEPA/ULPAフィルタ用など



UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 ポータブルパーティクルカウンター AeroTrak Model : 9110

- ・ 粒径別の個数濃度の測定が可能
- ・ 粒径範囲 : $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$
- ・ 8粒径を同時測定
- ・ サージカルマスク、HEPA/ULPAフィルタ等の評価で使用
- ・ より手軽なハンディタイプもラインアップ

※ハンディタイプは $0.3 \mu\text{m}$ ～



ハンディタイプ
Model : 9306-V2



UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 高感度エアロゾルスペクトロメーター (LAS) Model : 3340A

- ・ 粒径別の個数濃度（粒径分布）の測定が可能
- ・ 粒径範囲 : $90 \text{ nm} \sim 7.5 \mu\text{m}$
- ・ サンプル流量を可変可能 ($10 \sim 90 \text{ cc/min}$)
- ・ HEPA/ULPAフィルタ、その他フィルタ等の評価で使用
- ・ 空気清浄機の性能評価で使用



AHAM試験時に使用可能な
希釈器 Model:3302A

粒子計測器 の紹介 HEPA/ULPA、半導体用ガスフィルタなど



TSI社製 走査式モビリティパーティクルサイザー Model : 3938シリーズ

- ・ 静電分級器（DMA）と凝縮粒子カウンター（CPC）を組合わせる事で粒径別の個数濃度（粒径分布）の測定が可能
- ・ 粒径範囲：1～1000 nm ※モデルにより異なる
- ・ HEPA/ULPA、浄水用、半導体用ガスフィルタ等の評価で使用
- ・ ナノ粒子の粒径分布計測装置として世界的に標準装置
- ・ 本装置を用いた一体型の試験装置もあり（Model : 3160）



Model : 3160



UNDERSTANDING, ACCELERATED



3756

3750

TSI社製 凝縮粒子カウンター（CPC）シリーズ

- ・ リアルタイムに粒子個数濃度を検出
- ・ 粒径範囲：1～3000 nm ※モデルにより異なる
- ・ HEPA/ULPA、浄水用、半導体用ガスフィルタ等の評価で使用
- ・ ナノ粒子の個数計測装置として世界的に標準装置
- ・ より手軽なハンディタイプもラインアップ



ハンディ型CPC
Model : 3007

粒子計測器 の紹介 一般換気用、キャビン用、高温用、高圧用など



UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 オプティカルパーティクルサイザー (OPS) Model : 3330

- ・ 粒径別の個数濃度（粒径分布）の測定が可能
- ・ 粒径範囲：0.3～10 μm
- ・ 一般換気用フィルタ、その他フィルタ評価等で使用
- ・ 空気清浄機の性能評価で使用
- ・ 小型軽量、高い操作性
- ・ オプション品も多数あり

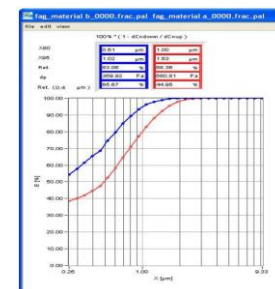


OPS用希釈器



PALAS社製 エアロゾルスペクトロメーター Welasシリーズ

- ・ 粒径別の個数濃度（粒径分布）の測定が可能
- ・ 粒径範囲：0.2～40 μm
- ・ 高濃度対応モデルあり (Max. 1,000,000 個/ cm^3)
- ・ 一般換気用フィルタ、キャビン用フィルタ、高圧フィルタ
エアークリーナー用フィルタ、耐熱フィルタ等の評価で使用
- ・ オプション品も多数あり



フィルタ試験用ソフト
※オプション品

粒子発生器 の紹介 オイル、ソルト発生用



UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 エアロゾルアトマイザー Model : 3079A

- ・ 小型コンプレッサー内蔵
- ・ 発生粒子径 : Max $1\mu\text{m}$
- ・ 発生流量 : Max 5 L/min
- ・ 発生可能粒子 : オイル (PAO、DEHS、DOPなど) 、PSL、NaClなど



UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 6-JETエアロゾルアトマイザー Model : 9306

- ・ 大量発生が可能
- ・ 発生粒子濃度 : $<1 \times 10^6$ 個/cm³
- ・ 発生可能粒子 : オイル (PAO、DEHS、DOPなど)
PSL ($4\mu\text{m}$ まで) 、NaClなど
- ・ 発生流量 : 6.5~72 L/min
- ・ 別途エアースourceが必要 (ドライクリーンエア)
- ・ 1-JETタイプもあり



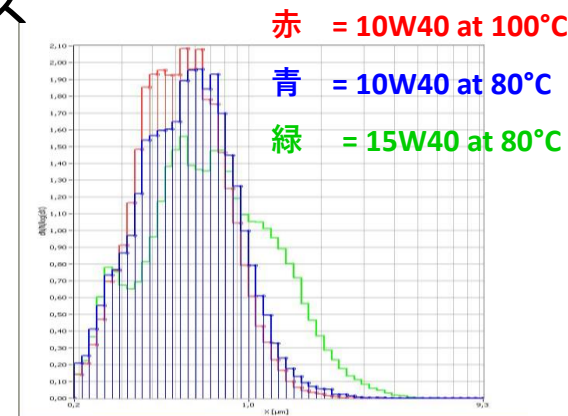
1-JETエアロゾルアトマイザー
Model : 9302

粒子発生器 の紹介 オイル、ソルト発生用



PALAS社製 エアロゾルジェネレーター PLGシリーズ

- ・ 発生可能粒子：オイル（PAO、DEHS、DOPなど）
NaClなど
- ・ 発生方式：ラスキンノズル
- ・ 発生流量：10～110 L/min ※
- ・ 発生オイルを加熱する事が可能（最大120℃）※
※モデルにより異なる
- ・ 別途エアースourceが必要（ドライクリーンエア）



異なる温度でのエンジンオイル
発生例（PLG2000H使用）



CH TECHNOLOGIES社製 コリゾンネブライザー

- ・ 発生可能粒子：オイル（PAO、DEHS、DOPなど）
- ・ 発生流量：4～50 L/min
ジェット数を可変し発生量を制御
- ・ 垂直または水平方向の粒子発生
- ・ 別途エアースourceが必要（ドライクリーンエア）

粒子発生器 の紹介 単分散粒子、試験粉体（ダスト）発生用

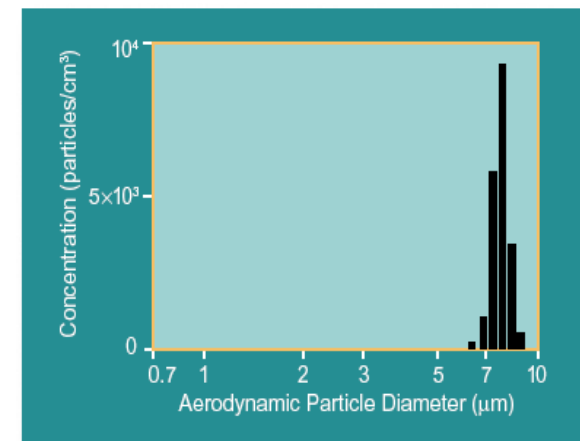


UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 凝縮粒子発生器 Model : 3475

- ・ 単分散粒子の発生が可能
- ・ 発生粒子径：0.1～8 μm で制御可能
- ・ キャリアガスには窒素を使用
- ・ 高濃度（ 1×10^6 個/ cm^3 以上）発生可能



粒子発生例



RBG1000（標準モデル）

PALAS社製 エアロゾルジェネレーター RBGシリーズ

- ・ ISOダスト、JIS試験用粉体の発生が可能
- ・ 発生方式：ロータリーブラシ式
- ・ 発生粒子径：0.1～100 μm （粉体による）
- ・ 別途エアースourceが必要（ドライクリーンエア）
- ・ 耐圧モデル、窒素ガスモデル（キャリアガス）
大容量モデルなどもラインアップ



RBG2000（大容量モデル）

その他 関連機器の紹介 エアロゾル中和器

① *Dylec*



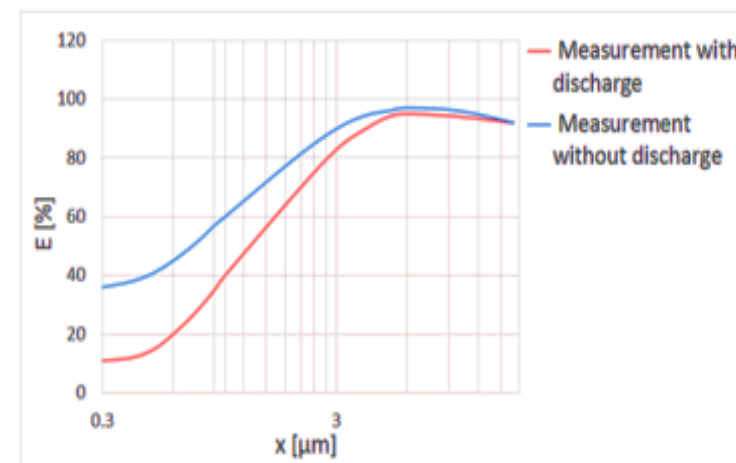
東京ダイレック社製 Am241中和器

- ・ 粒子を中和
- ・ 線源部 核種 : Am241
- ・ 認証番号 : ㊦ 038
- ・ 使用流量 : ~5 L/min
- ・ 使用温度、圧力 : 常温、常圧

particle technology
PALAS®

PALAS社製 エアロゾル中和器 Model : CD-2000

- ・ 個体、液体どちらのエアロゾルにも対応
- ・ 放射線源を含まずにエアロゾルを中和
- ・ 陽イオンと陰イオンの両極性方式
- ・ 別途エアースourceが必要
(ドライクリーンエアー)



参考例 : 中和器使用の有無によるフィルター捕集効率の変化

その他 関連機器の紹介 ドライヤー、分級器



UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 ディフュージョンドライヤー Model : 3062

- ・発生した粒子の水蒸気を乾燥・除去
- ・粒子ロスを最小限に抑える設計
- ・出口での湿度 RH20%（入口がRH60%の場合）



UNDERSTANDING, ACCELERATED



TSI社製 静電分級器 Model : 3082シリーズ

- ・発生した粒子を分級、単分散化
- ・粒径範囲（分級器として）
 - Long DMA (3081A) : 8~1150 nm
 - Nano DMA (3085A) : 1.5~150 nm
- ・粒径範囲（SMPSとして）
 - Long DMA (3081A) : 10~1000 nm
 - Nano DMA (3085A) : 2~150 nm
- ・Am241中和器使用



Long DMA
Model : 3081A

Nano DMA
Model : 3085A

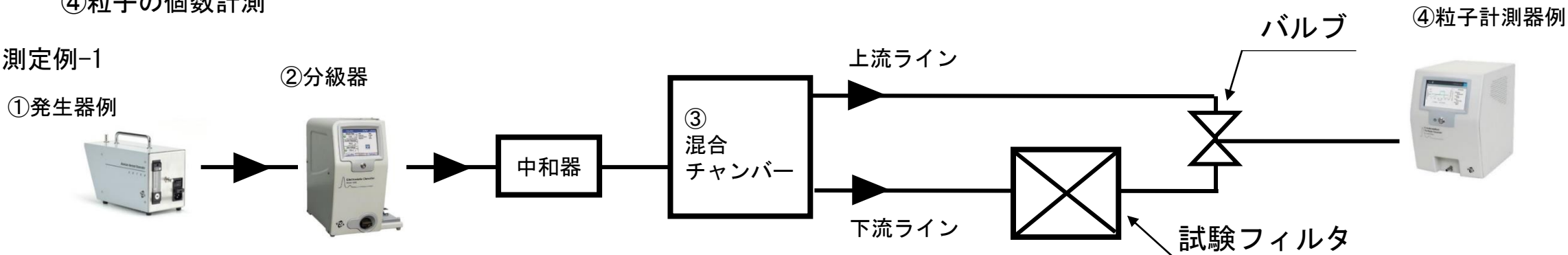
参考 試験フロー例 ①

ナノ粒子を用いたフィルタ効率試験の測定例

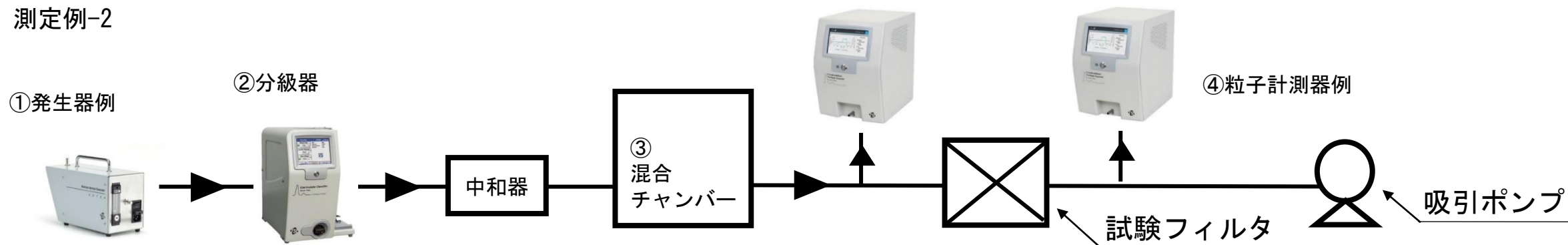
【概要】

- ①発生器で粒子を発生
- ②粒子を測定を行いたいサイズに分級
- ③粒子数の安定
- ④粒子の個数計測

測定例-1



測定例-2



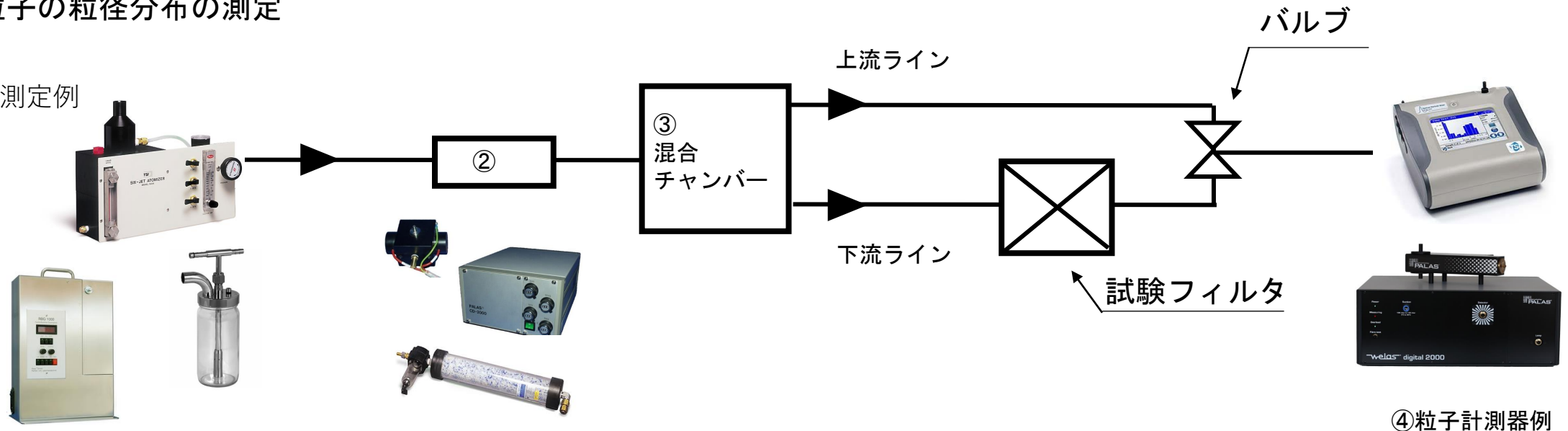
参考 試験フロー例 ②

サブミクロン～ミクロンオーダーのフィルタ効率試験の測定例

【概要】

- ①発生器で粒子を発生
- ②中和、乾燥など（必要に応じて）
- ③粒子数の安定
- ④粒子の粒径分布の測定

測定例



①発生器例

②中和器、ドライヤーの例

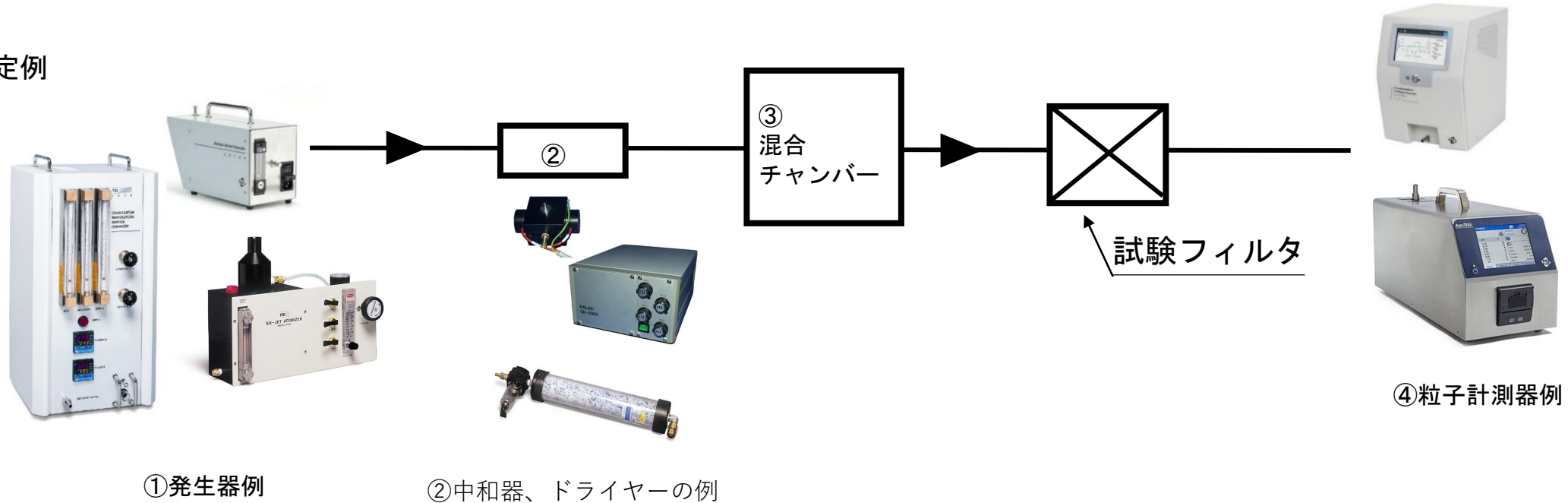
参考 試験フロー例 ③

フィルタの漏れ試験の例（粒子透過の有無のみ確認必要）

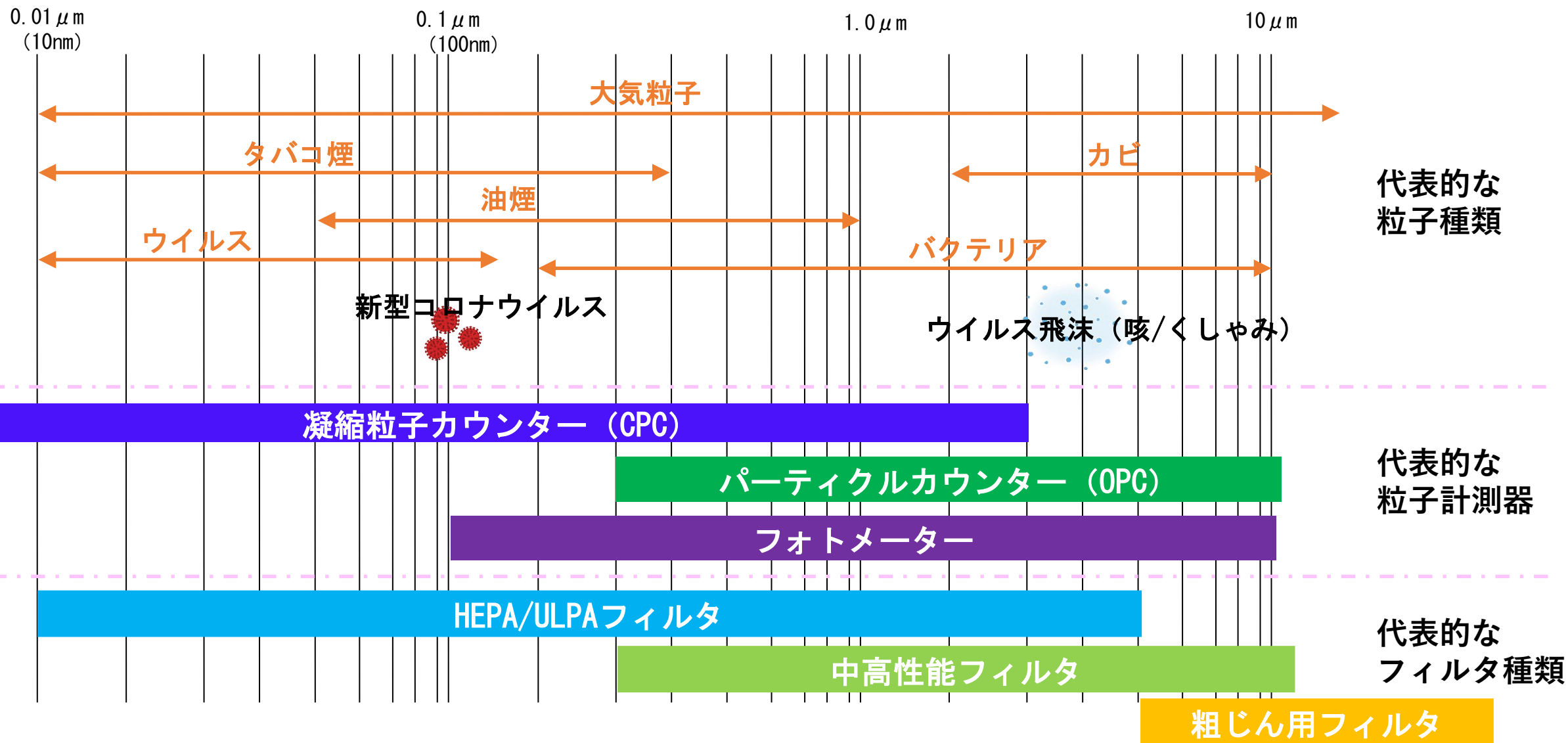
【概要】

- ①発生器で粒子を発生
- ②中和、乾燥など（必要に応じて）
- ③粒子数の安定
- ④粒子の個数計測

測定例



参考情報 粒子種類、粒子計測器種類、フィルタ種類の例



参考情報 アメリカ コロラド州立大学のN95マスクの研究

発生器にCH TECHNOLOGIES社製コリゾンネブライザー
捕集効率の計測にTSI社製 SMPS3938、DustTrak II 8530を使用



<https://enr.source.colostate.edu/engineering-lab-at-csu-transformed-into-testing-site-for-covid-19-medical-protective-gear/>



UNDERSTANDING, ACCELERATED



SMPS3938



DustTrak II 8530

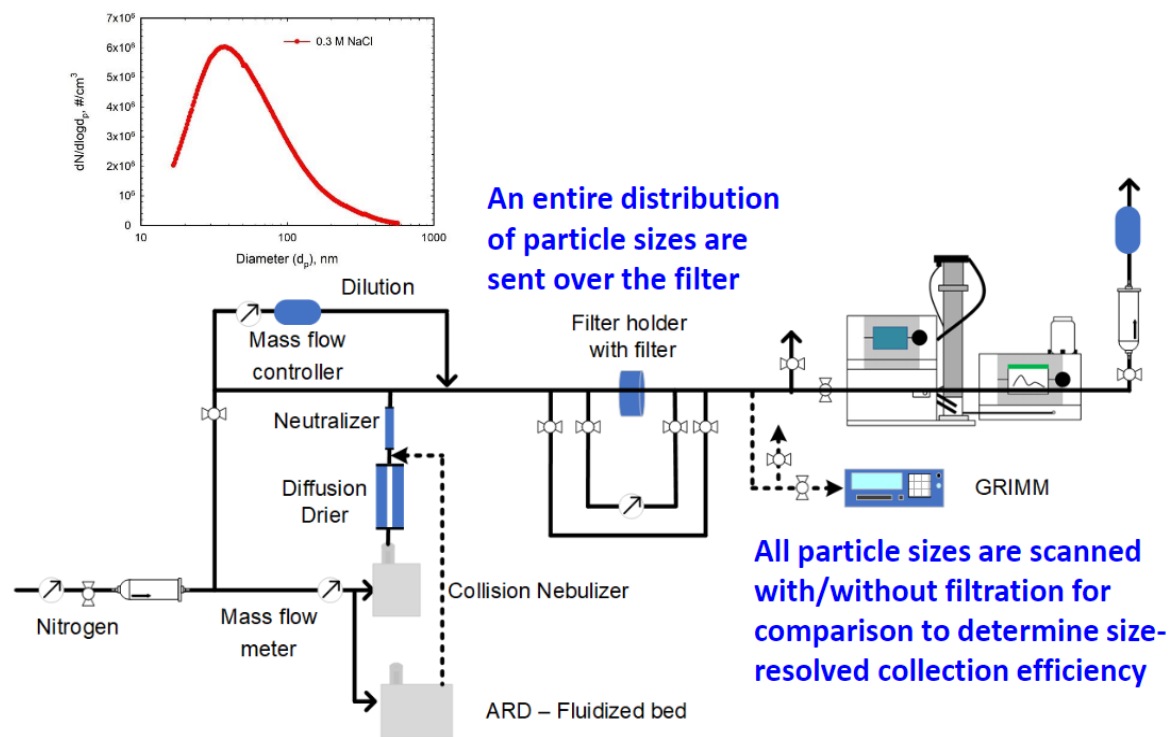


コリゾンネブライザー

参考情報 アメリカ ワシントン大学 N95マスクの研究

発生器にCH TECHNOLOGIES社製コリゾンネブライザー
捕集効率の計測にTSI社製 SMPS3938を使用

Test Station #1 (AAQRL lab – fast scanning of full size distribution)



UNDERSTANDING, ACCELERATED

マスク・フィルターの簡易的な評価装置は 東京ダイレックにご相談ください

 **東京ダイレック株式会社**

営業部 TEL : 03-5367-0891 FAX : 03-5367-0892
Mail : info@tokyo-dylec.co.jp

