

高性能（HEPA/ULPA）フィルター 捕集効率試験装置の紹介

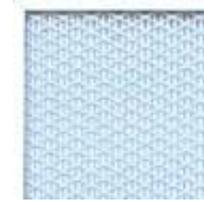
Most Penetrating Particle Size
(MPPS) 測定



HEPA & ULPAフィルターとは？



ロール状
フィルター



シート状
フィルター

HEPAフィルター 0.3 μ m粒子を99.97%以上捕集

ULPAフィルター 0.15 μ m粒子を99.999%以上捕集

HEPAおよびULPAフィルターは、病院、手術室、検査室、クリーンルームなど、低濃度の粒子、細菌などの除去が必要な場所で使用



HEPA & ULPAフィルターのテストの特徴

- 粒子サイズ別に捕集効率を測定
 - フィルターメディア開発時のフィルターの特徴付け
 - 高効率フィルターの品質管理
 - 特定の汚染物質に対するフィルターの性能を確保する為特定のサイズでの効率を測定

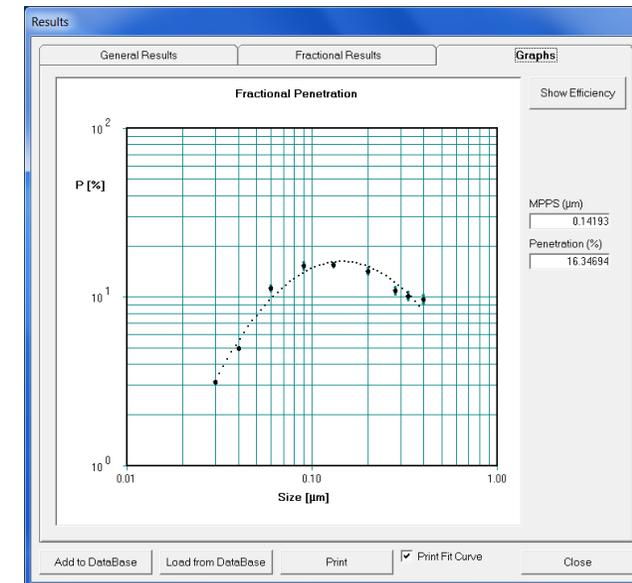
- Most Penetrating Particle Size (MPPS)の特定が必要

- 用いられている規格
 - EN 1822-3 (flat sheet media)
 - EN 1822-5 (panels)
 - IEST RP-CC001/007 (panels)
 - MIL STD (canisters)
 - ISO 29463:2011



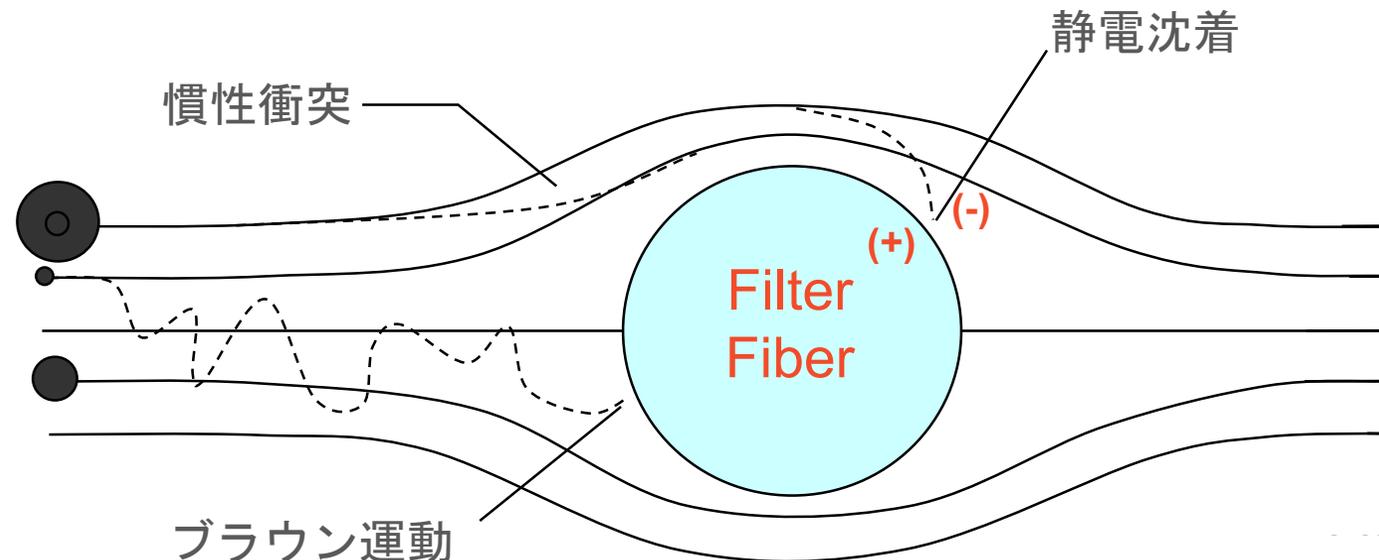
サイズ別の捕集効率を計る意味とは？

- エアークフィルターの捕集効率は粒子サイズによって異なる
- 異なる粒子サイズを測定することで効率曲線を求めることが可能
- 「効率曲線」の最小値（最も粒子が透過しやすい粒径は Most Penetrating Particle Size (MPPS) という

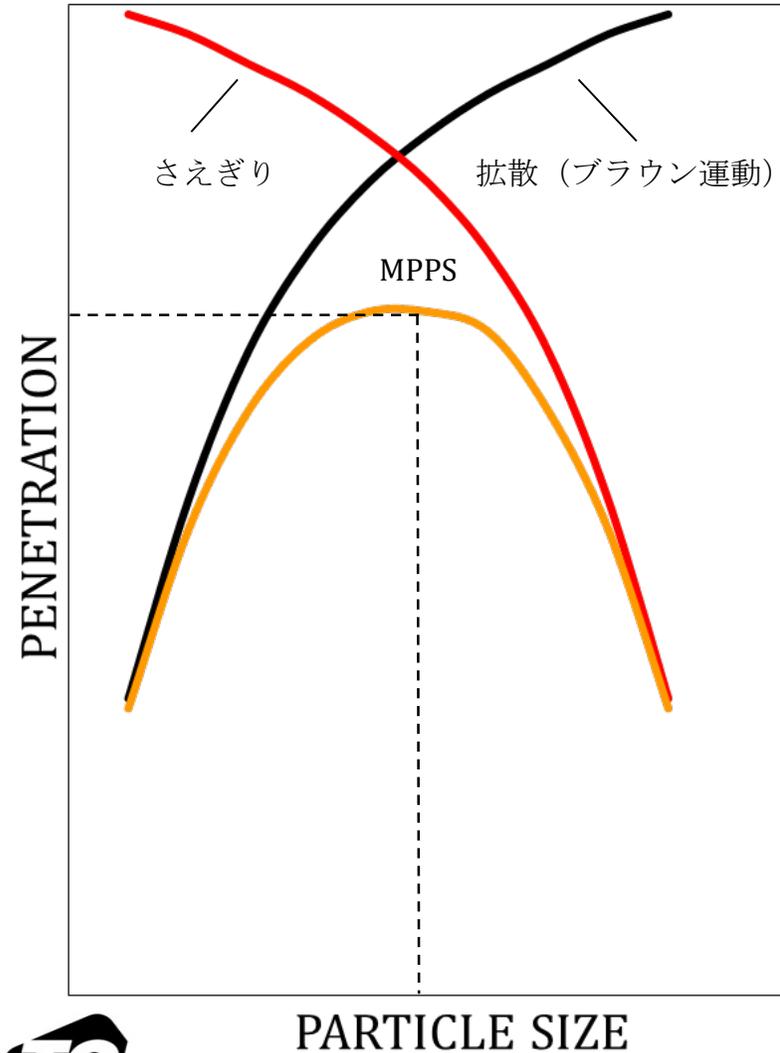


粒子がろ過されるメカニズム

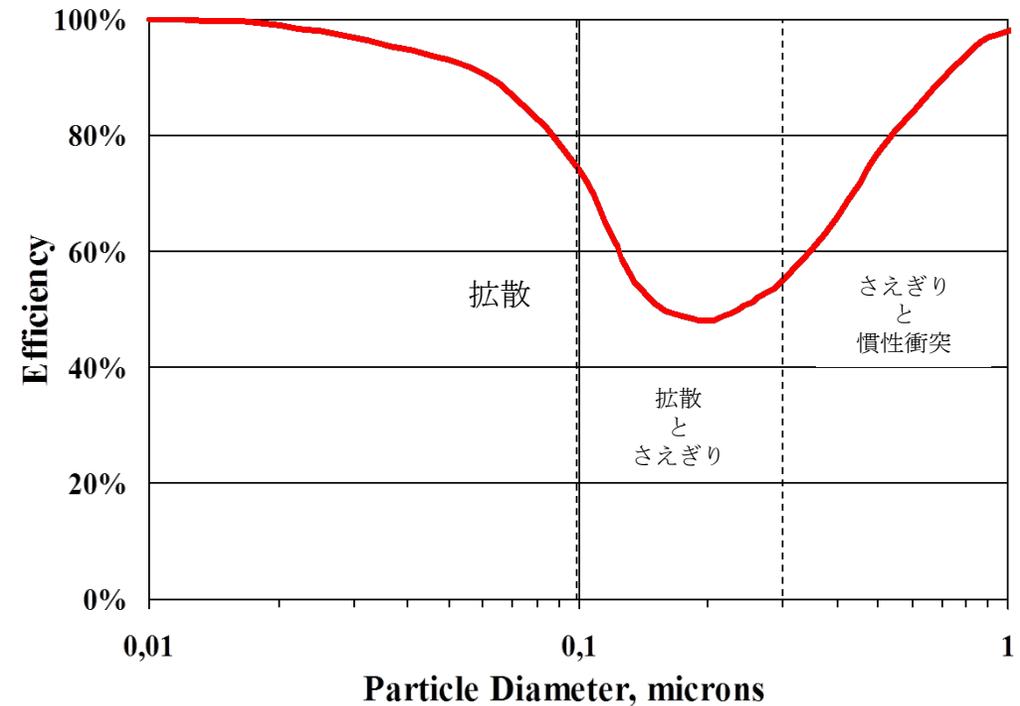
- 拡散 粒子は空気の流れとは別にブラウン運動をしている
ブラウン運動をした結果、フィルターに接触し捕集される
小さい粒子、微細繊維、低速での捕捉に最適で粒子密度に依存しない
- さえぎり 粒子は空気の流れに沿って移動し、そのサイズのために捕集される
- 慣性衝突 粒子は、慣性力により、フィルターを避けようとする空気の流れから逸脱し、フィルター捕集される
大きい粒子、高密度、高速および小繊維が最も効率的
- 静電沈着 粒子は電気力によってフィルターに引き付けられ捕集される



捕集効率と粒子サイズ



フィルターが粒子を捕集するメカニズムを組み合わせると最も粒子が透過する粒子径を Most Penetrating Particle Size (MPPS) という



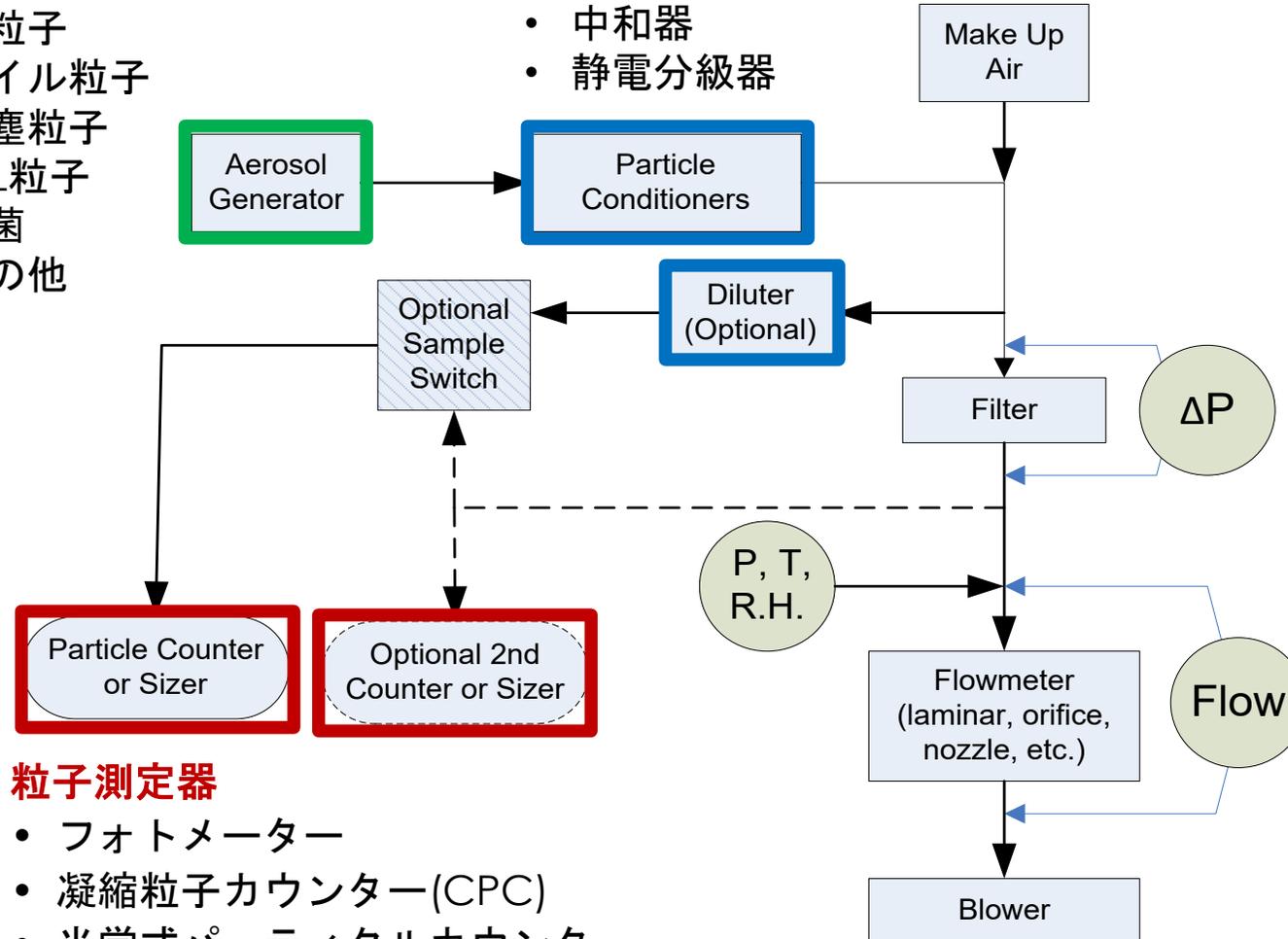
一般的なフィルターテストシステム

粒子発生

- 塩粒子
- オイル粒子
- 粉塵粒子
- PSL粒子
- 細菌
- その他

粒子の状態維持

- ドライヤー
- 中和器
- 静電分級器



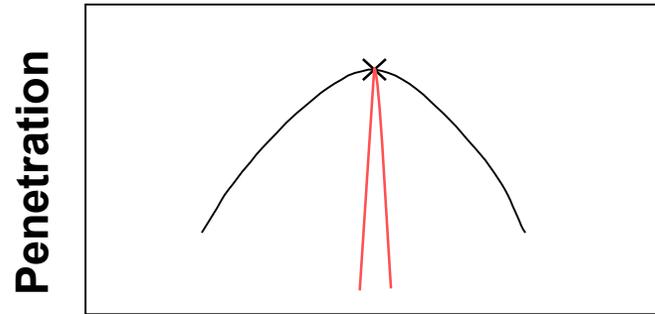
粒子測定器

- フォトメーター
- 凝縮粒子カウンター(CPC)
- 光学式パーティクルカウンター
- レーザーパーティクルカウンター
- APSスペクトルメーター



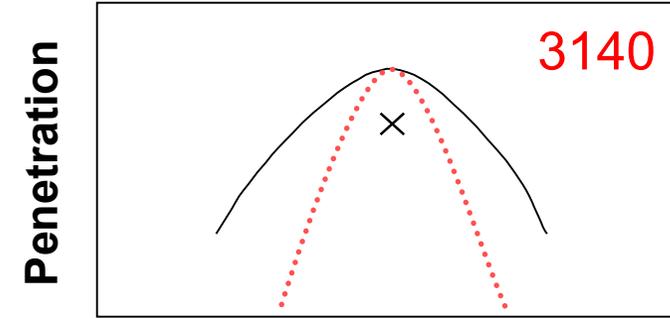
フィルターテストのアプローチ

MPPSを使用したカウント検出
[単分散エアロゾル]



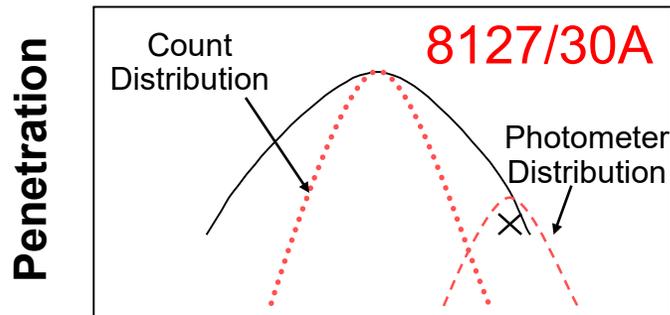
Particle Diameter

MPPSを使用したカウント検出
[多分散エアロゾル]



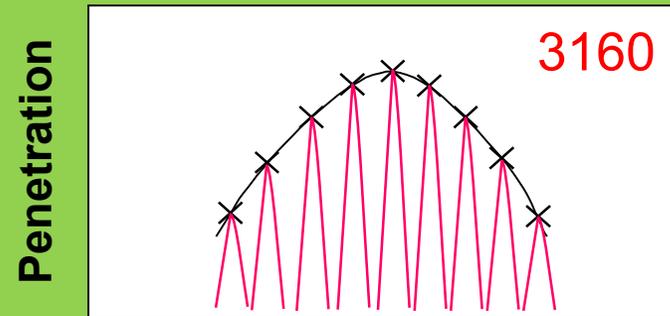
Particle Diameter

フォトメータを使用した検出
[MPPSを中心とした多分散エアロゾル]



Particle Diameter

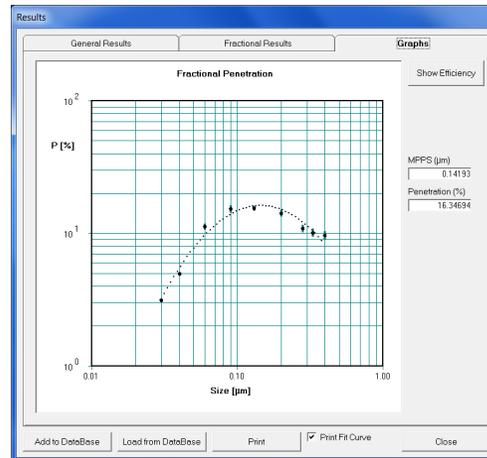
粒径別に測定を行った効率曲線
[単分散エアロゾル]



Particle Diameter



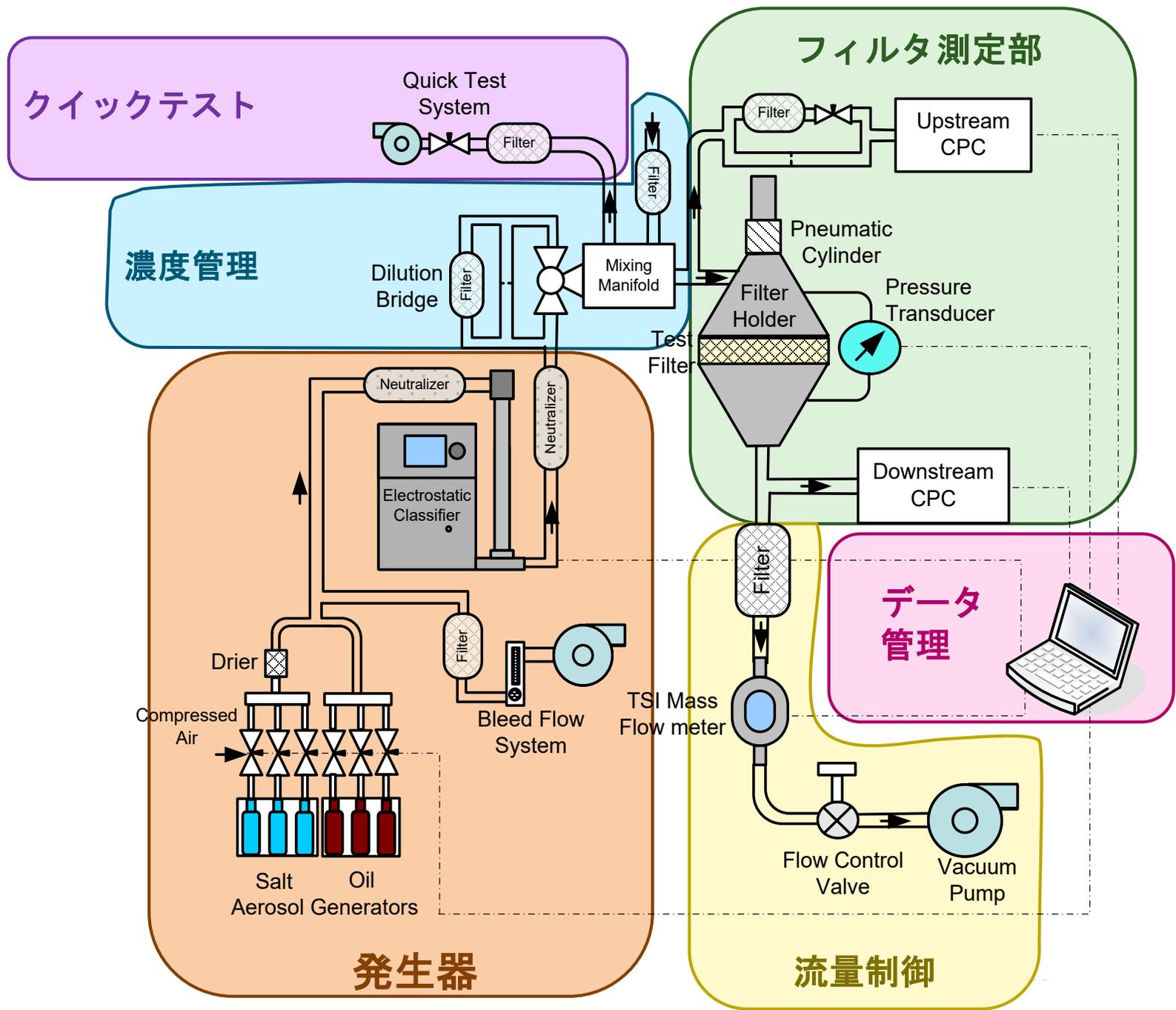
フィルター捕集効率試験装置 Model:3160



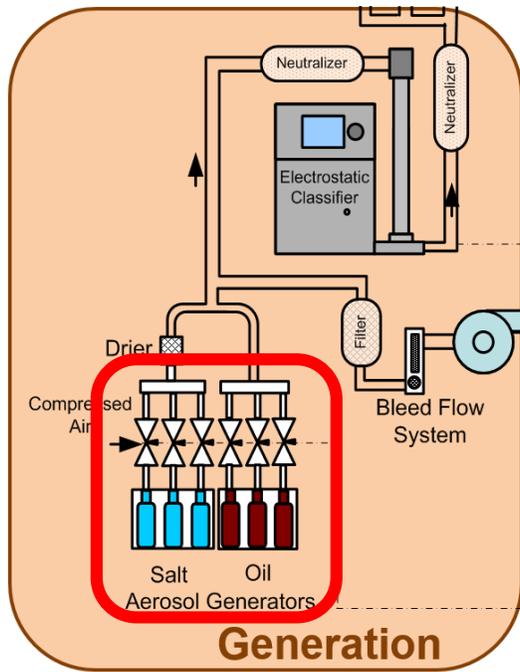
特徴

- ・ ISO規格 (ISO 29463:2011)に対応
- ・ 粒径毎に、捕集効率を99.999999%まで評価
- ・ 精密な流量とフィルター圧力損失の測定
- ・ プロセッサの自動化により操作が容易
- ・ 解析ソフトを含み、データ処理が簡単
- ・ 表とグラフのプリントアウト
- ・ 自動データセーブ
- ・ 対象粒子径を1点に固定すれば高速テストが可能
- ・ コンタミネーション（二次汚染）がほとんど無い

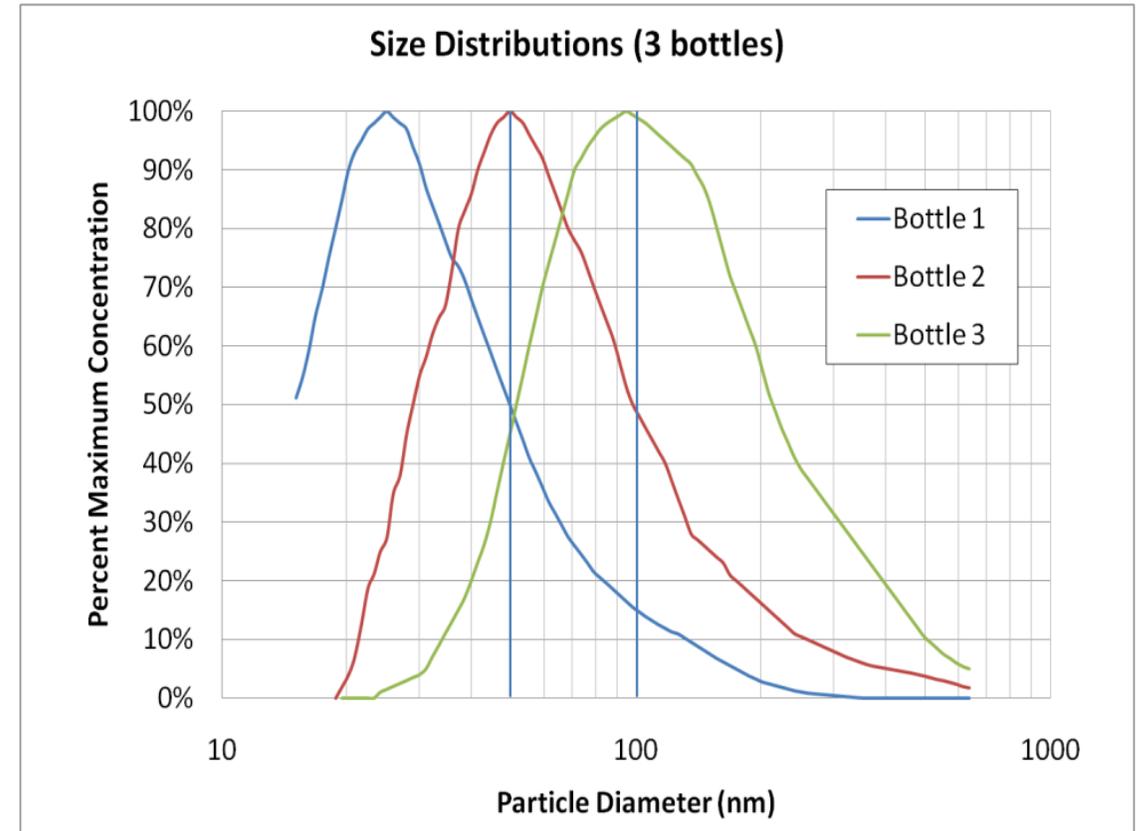
システム



発生器



装置背面

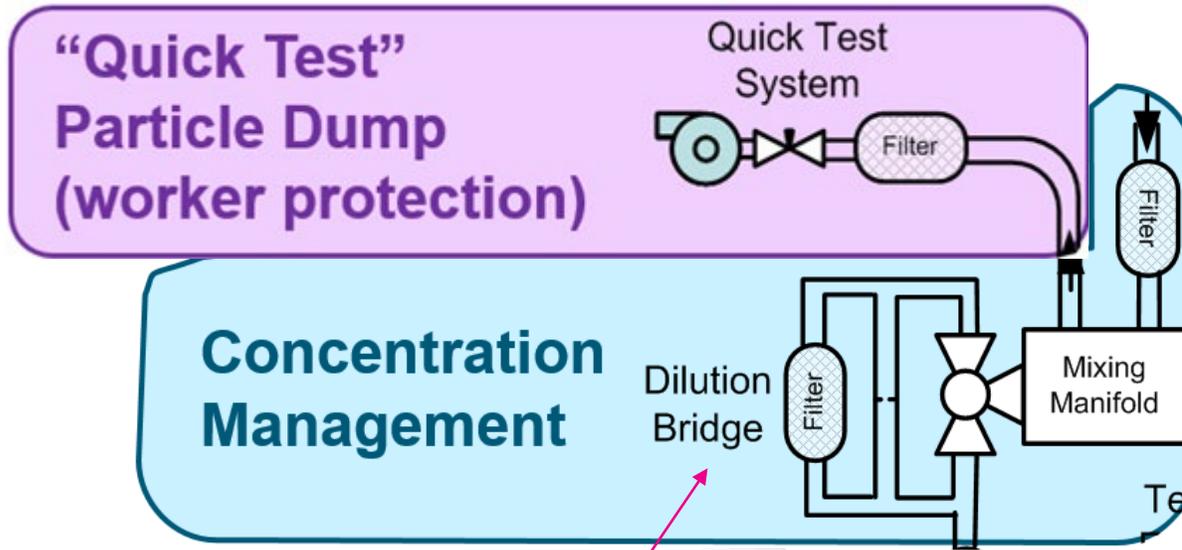


- ・ 塩粒子とオイル粒子の選択が可能
- ・ プログラム管理での3つのボトルの切り替えによる濃度調整
- ・ DMA（静電分級器）にて試験粒子の粒径を選択的且つ単分散に発生



濃度管理

同じ粒子サイズで連続で測定する場合は、ボトルの切り替えがなく粒子は常時発生させている。チャンバーに粒子を投入していない間は、粒子をフィルターで除去し外気にパージする



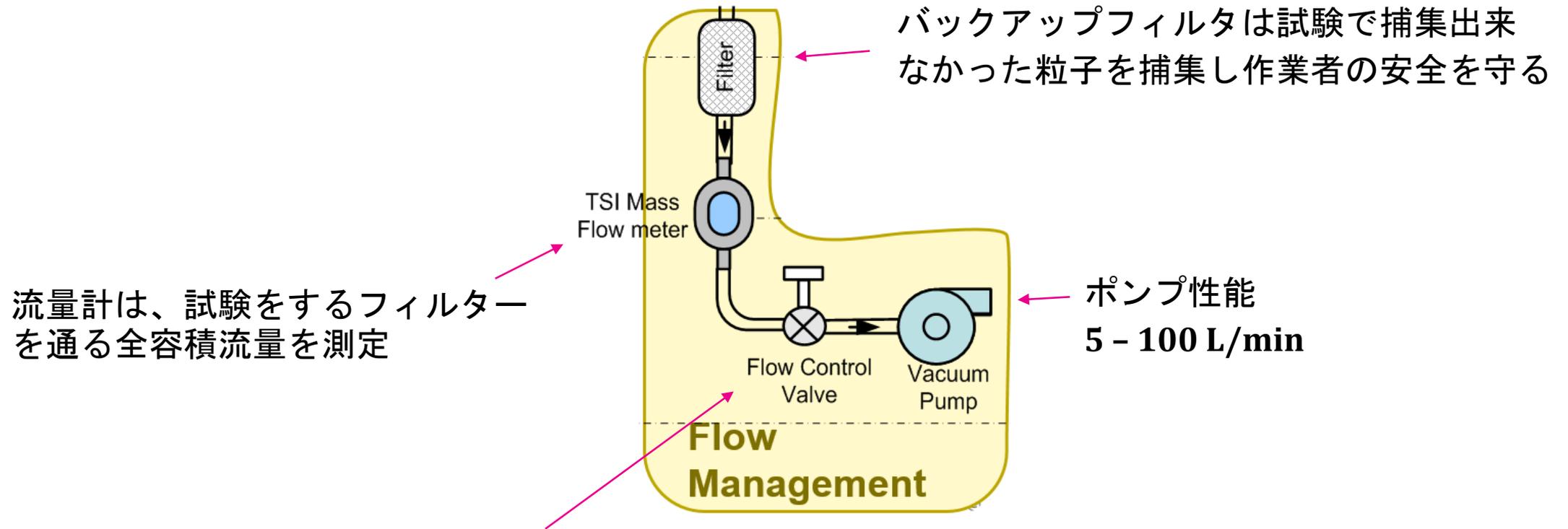
メークアップエアラインにより、周囲の空気を引き込み、テストのフロー要件を満たす

ミキシングマニホールドはエアロゾルと補給空気をフィルターホルダーに導入する前に混合

エアロゾル濃度を下げるために、必要に応じてダイリュージョンブリッジ使用の自動切換



流量制御

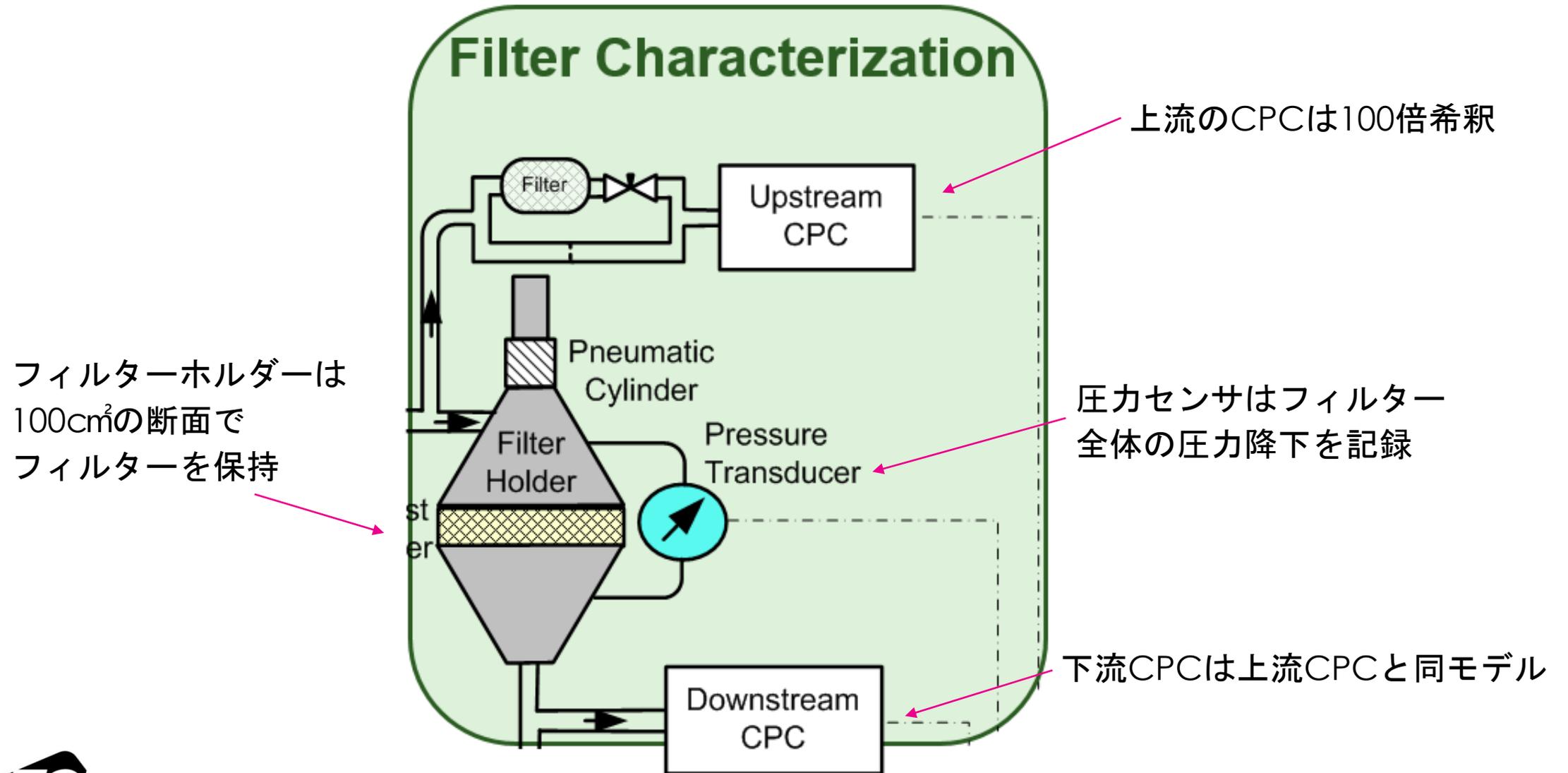


流量計は、試験をするフィルターを通る全容積流量を測定

流量調整バルブにより試験流量を調整



フィルタ測定部



フィルタ測定部 CPC

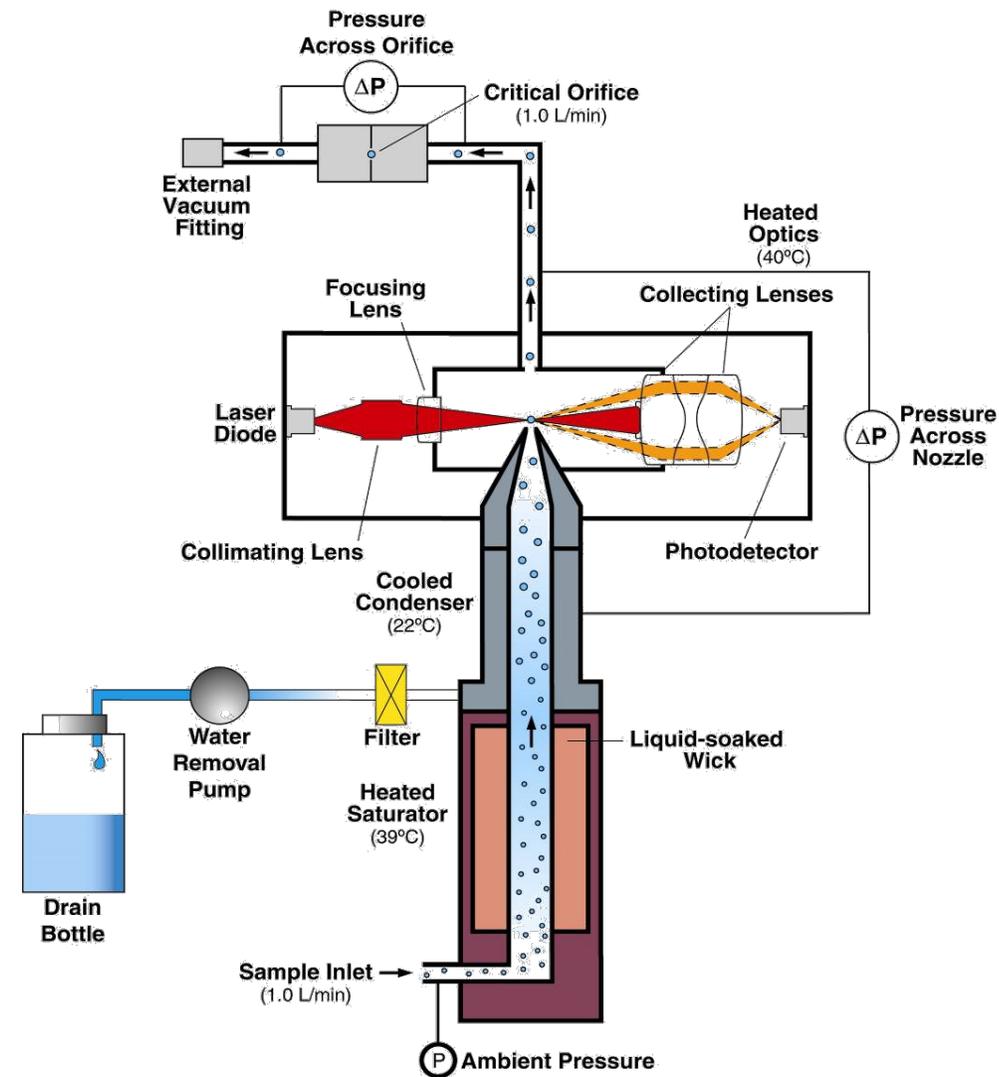


- 核凝縮という独自の技術でナノ領域の微小粒子を測定

- リアルタイムに粒子の個数濃度を検出

- 粒子径範囲: 数nm \sim 3 μ m※
- 流量: 0.3 \sim 1.5L/min※
- 個数濃度: 最大 10^7 個/cm 3 ※
- サンプル時間: 最短1秒

※モデルによって異なります。



フロー図



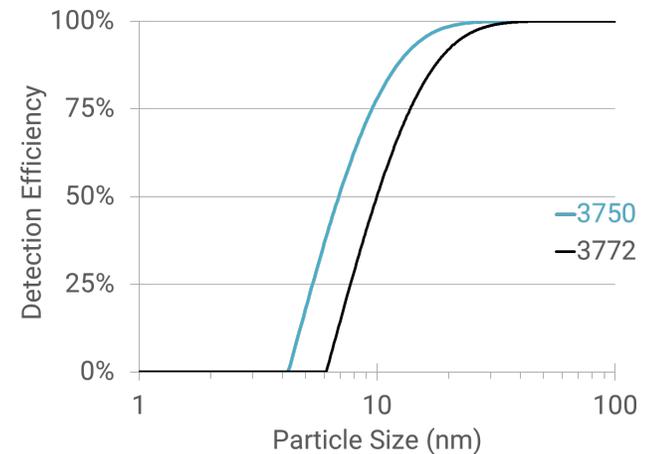
フィルタ測定部 CPC

CPCは4世代のモデルチェンジをしている

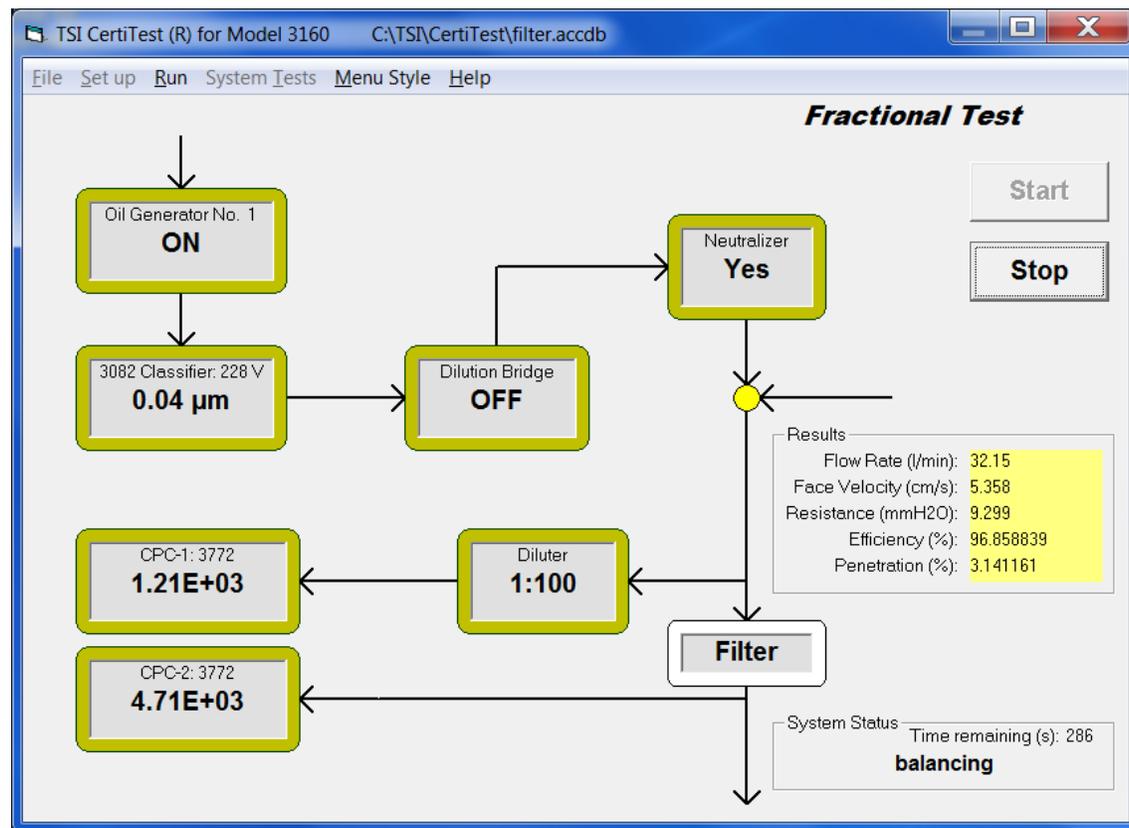


新モデルの特徴

- サイズ範囲の拡張(7 nm~)
- 濃度範囲の拡大(50,000 個/cm³)
- 高いパルスのモニター



CertiTest ソフトウェアによる フィルター効率試験の実行



メイン画面

The screenshot shows the 'Filter Test Setup' dialog box with the 'Sample' tab selected. The 'Filter / Media Data' section contains the following parameters:

Type:	
Product Name:	
Size:	6 inch
Description:	Glass Fiber Media
Test flow rate (l/min):	32.0
Area of Filter Medium (cm ²):	100.0
Nominal face velocity (cm/s):	5.333
Nominal MPPS (μm):	0.1
Nominal efficiency (%):	85.0
Nominal penetration (%):	15
Nominal delta-P (mmH2O):	8.0

The 'Used' section has checkboxes for 'SN', 'Date', 'Aerosol', and 'Label1', all of which are checked. Buttons for 'Load from Data Base' and 'Add to Data Base' are present. The 'System Status' at the bottom shows 'Time remaining (s): 286' and 'balancing'.

流量設定画面



設定画面

流量は手動のバルブで調整

Filter Test Setup: C:\TSI\CertiTest\Checkout.cfg

Hardware Sample **Aerosol & Timing** DMA Flows A/D Data

Particle Sizes for Fractional Tests

Particle Size (μm)	U/D Correlation
.03	1.00
.04	1.00
.06	1.00
.09	1.00
.13	1.00
.2	1.00
.28	1.00
.33	1.00
.4	1.00

Enter Size
Add Remove
Clear Size List

Aerosol Parameters
Switch Point 1 (μm): 0.05
Switch Point 2 (μm): 0.1

Aerosol Type
 Salt
 Oil

Sampling
Minimum Sampling Time (s): 10
Maximum Sampling Time (s): 120 delta-T for Loading
Minimum Downstream Counts: 100

Balancing
Minimum Balancing Time (s): 10 Normal Bottle Change
Maximum Balancing Time (s): 300
Max. Deviation for Balancing (%): 1

Particle Size for Fast Test & Loading Test
Particle Size (μm): 0.1 U/D Correlation: 1.0

CPC Autofill
 ON OFF

Save as... Load Cancel OK

粒径サイズの設定画面

Test Data Entry

Sample Description
SN: -
Date: -3May2017
Aerosol: -oil
No. of Sheets: -4

Manual Test Data Entry
Filter Flow Rate (l/min): 0 From sensor
Differential Pressure (mmH2O): 0 From sensor
Temperature ($^{\circ}\text{C}$): 0 Operator input
Relative Humidity (%): 0 Operator input
Absolute Pressure (hPa): 0 Operator input

Remarks
example

Result Data Base Name
C:\TSI\CertiTest\3160171401.accdb Change

Set Filter Flow
Filter Flow Rate (l/min): 31.97
Face Velocity (cm/s): 5.328
Resistance (mmH2O): 26.369
OK

Cancel Test
Continue Test

テスト開始画面



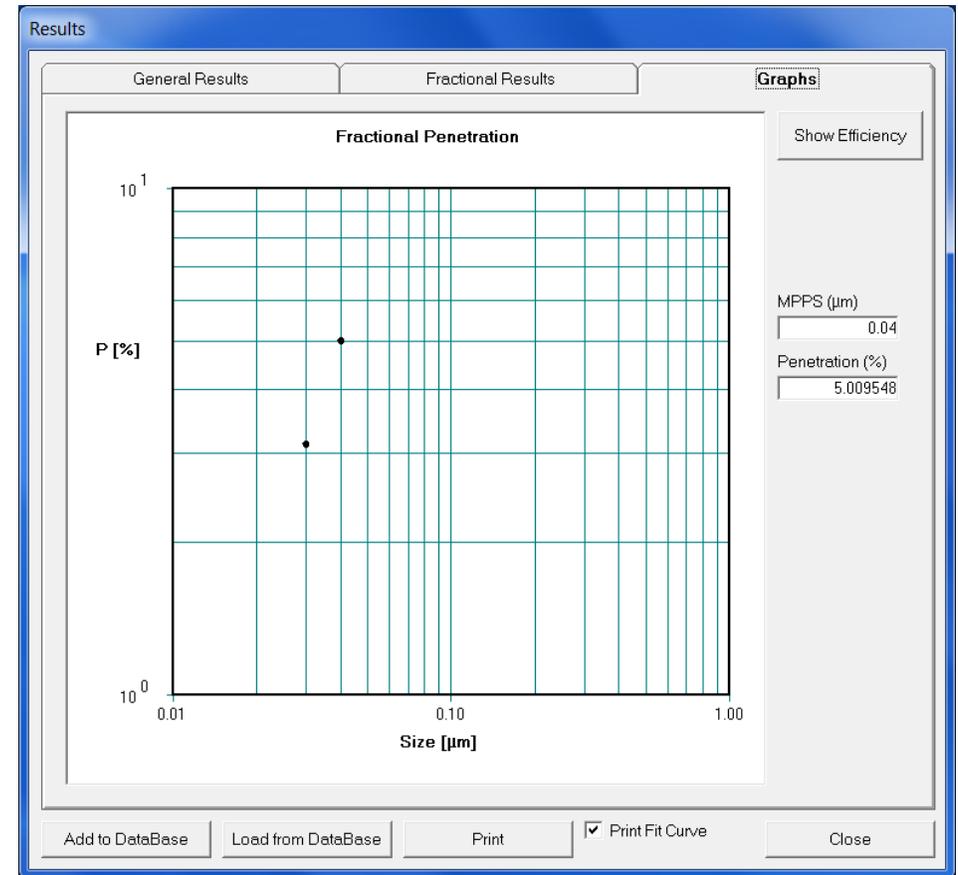
テストの実行

実際のテスト中にはデータテーブルとグラフが構築されます

Results

General Results		Fractional Results				Graphs	
Size (μm)	Eff. (%)	Pen. (%)	P-95 (%)	delta-P	C-u (1/cm 2)	C-d (1/cm 2)	Downstr. Counts
0.030	96.858839	3.141161	3.141161	9.299	1.29E+05	4.07E+03	6.10E+05
0.040	94.982343	5.017657	5.017657	9.299	1.04E+05	5.22E+03	6.09E+05

Buttons: Add to DataBase, Load from DataBase, Print, Print Fit Curve, Close



試験結果のレポート例

TSI Fractional Efficiency Filter Test

Test-No.: 41 Page 1 of 2 printed: 09-07-2009 15:44:39
 Data Base File: C:\Program Files\TSI\Cert\Test\TD-Test.mdb
 Result ID: not saved

FILTER DATA:

Product name:
 Type:
 Description:

Operator
 Date:
 Aerosol: DOP

NOMINAL DATA:

Nominal penetration [%]: at μm
 Filter size: 88.78mm dia
 Nominal flow rate [l/min]: 19.81
 Nominal resistance [Pa]: 0.0
 Remarks: ---

TEST CONDITIONS:

Date: Time:
 Operator:

Temperature [°C]: 23.2 Pressure [hPa]: 988.5
 Rel. humidity [%]: 60

Flow rate [l/min]: 19.849 Face velocity [cm/s]: 5.344

UP/DOWN CORRELATION

Particle Size [μm]	Up/Down Correlation
0.05	1.052
0.07	0.956
0.1	1.015
0.15	1.027
0.2	0.958
0.25	0.981
0.3	0.911
0.35	1.057
0.4	1.011

TEST RESULTS:

Resistance [Pa]: 427.881
 Penetration [%]: 0.004876
 Efficiency [%]: 99.995124
 MPPS [μm]: 0.15

TSI Fractional Efficiency Filter Test

Fractional Penetration

D (μm)	Eff. (%)	Pen. (%)	P-95% (%)	Resistance (Pa)	C-up (1/cm ³)	C-dn (1/cm ³)	Counts-dn
0.050	99.998504	0.000406	0.000434	428.117	1.00E+05	4.06E-01	812.0
0.070	99.998896	0.001104	0.001172	427.866	7.93E+04	8.75E-01	1.02E+03
0.100	99.996315	0.003685	0.003846	427.918	3.69E+05	1.36E+01	2.03E+03
0.150	99.995124	0.004876	0.005098	427.918	2.28E+05	1.11E+01	1.85E+03
0.200	99.996171	0.003829	0.004053	427.873	1.16E+05	4.45E+00	1.11E+03
0.250	99.998218	0.001782	0.001892	428.031	6.62E+04	1.18E+00	1.00E+03
0.300	99.999073	0.000927	0.000999	427.72	3.50E+04	3.25E-01	642.0
0.350	99.999542	0.000458	0.00052	427.75	2.35E+04	1.08E-01	213.0
0.400	99.999642	0.000358	0.000431	427.735	1.33E+04	4.75E-02	95.0

