

# 廃炉・燃料デブリ加工 現場での粒子計測

粒子分級捕集（ナノ～ミクロンレンジ）  
空気力学的放射能中位径（AMAD）評価  
高濃度・高温下リアルタイムモニタリング



燃料デブリ加工点近傍におけるダスト集塵・抑制システムの概念検討。化工工法に対してダストの気相、液相への移行率、集塵効率評価により、原子炉格納容器の換気系に必要な除染性能の負担軽減効果について評価

### 1 ダスト集塵・飛散抑制システムの開発

燃料デブリ加工時のダスト等の拡散防止を目的とし、加工点近傍における拡散防止構造と効率的な集塵技術や、拡散抑制技術について現場適用性評価

### 2 ダスト集塵・飛散抑制システムの遠隔保守技術開発

燃料デブリ取出し機器・装置は高線量エリアに設置されるため、原則遠隔で保守を行う必要。保守方法についての検討・実現性評価等

### 3 ダスト集塵・飛散方法抑制評価試験

ダスト集塵・飛散抑制システムを備えた加工ヘッドの要素試験機を設計、試作し、燃料デブリ模擬試験体に対する切削性能試験。加工ヘッド周辺の空間へのダスト気中移行率、水中移行率、集塵効率評価

ダスト/ 粉塵の気相評価装置として

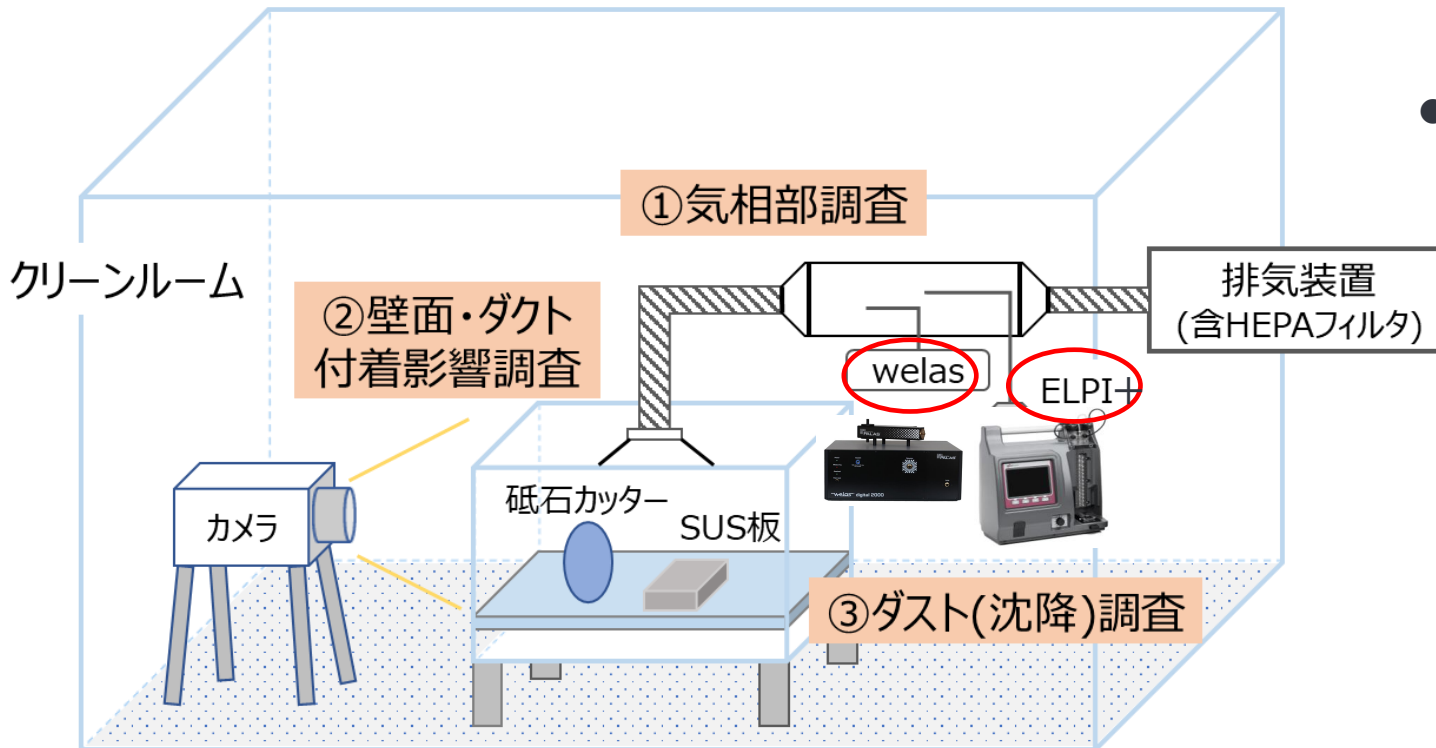
- ・電子低圧インパクター ELPI+
- ・エアロゾルスペクトロメーター Welas2000

# 1、ダスト集塵・飛散抑制システムの開発における ELPI+ / Welas2000 使用例①

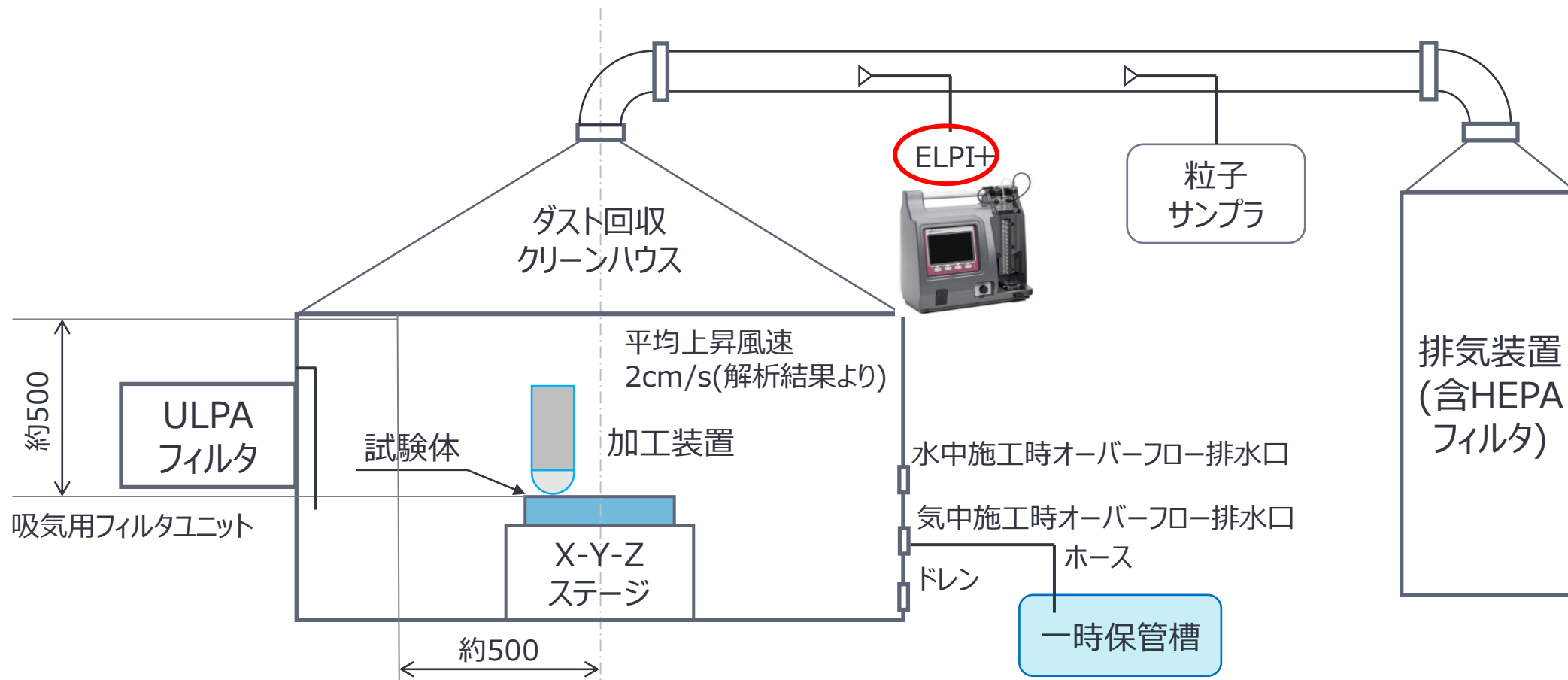
## 1) ダスト集塵・飛散抑制システムの開発（ディスクソーツールの基本設計）

クリーンルーム内で、機械切断（砥石カッター）による  
気中ダスト粒径分布測定、可視化を実施

- 周辺環境を考慮した閉鎖系(クリーンルーム内)で、壁面やダクトへのダスト内面付着影響を確認(工具部分への被ばく影響考慮)
- 温度23℃、上昇流0.02m/secにおける気中機械切断(加工深さ:約20mm)でのダスト挙動を把握(格納容器内環境の環境模擬)
- 粗大粒子(10~40 $\mu$ m)の影響を確認



### 3、ダスト集塵・飛散方法抑制評価試験 ELPI+ / Welas2000 使用例①



#### ○加工時ダスト飛散試験要領(案)

加工時のダスト評価試験調査結果をもとに、以下試験装置概観を設定した。

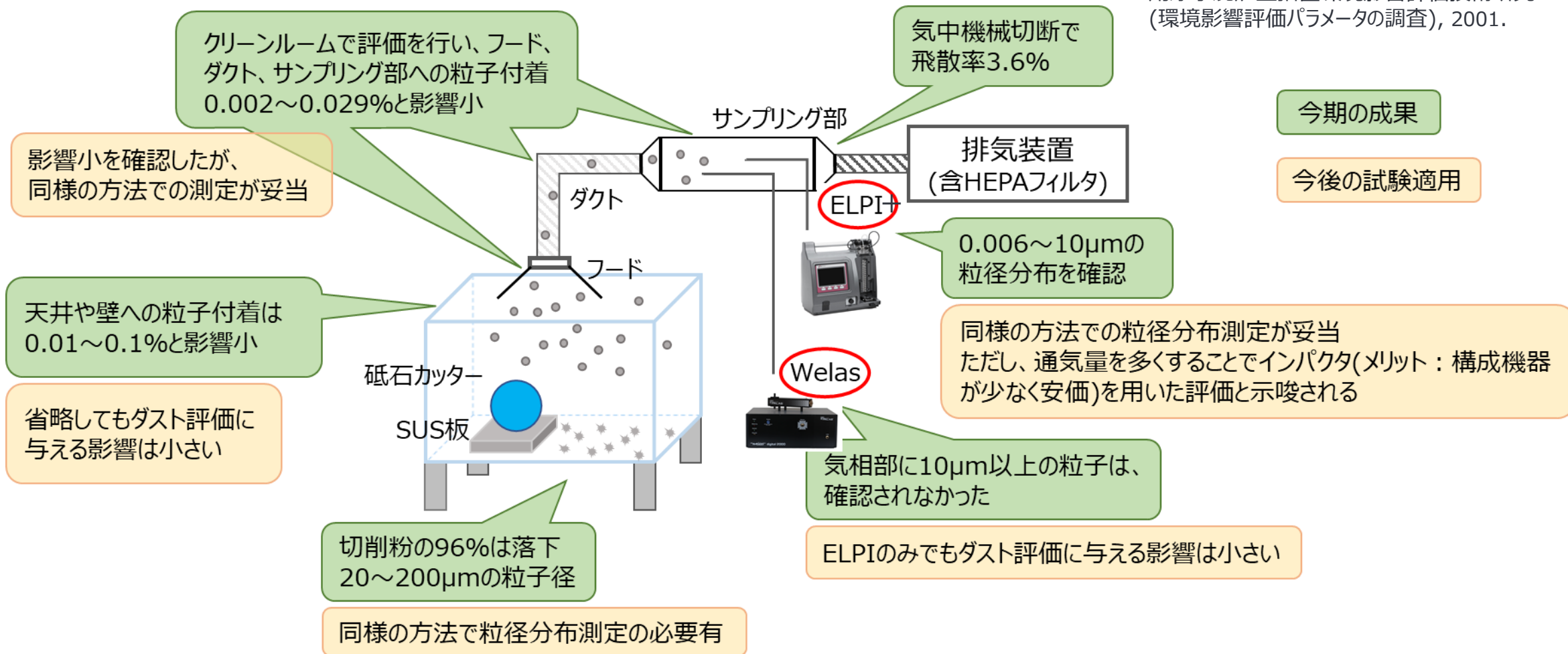
平成30年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金」「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術の開発（燃料デブリのダスト集塵システムの技術開発）」技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID) No78 参照

### 3、ダスト集塵・飛散方法抑制評価試験

#### ELPI+ / Welas2000 使用例②

#### 3) ダスト集塵・飛散抑制評価試験（ダスト評価試験の試験要領方針）

出典：[1]電力中央研究所，H12年度 実用発電用原子廃炉止措置環境影響評価技術研究（環境影響評価パラメータの調査），2001.



- ・ディスクソーによるSUS板の気中切断の予備試験での飛散率：3.6%
- ・参考文献[1]による気中砥石カッター切断2.5%と比較し、同等。  
⇒本試験方法による飛散率評価は妥当である。

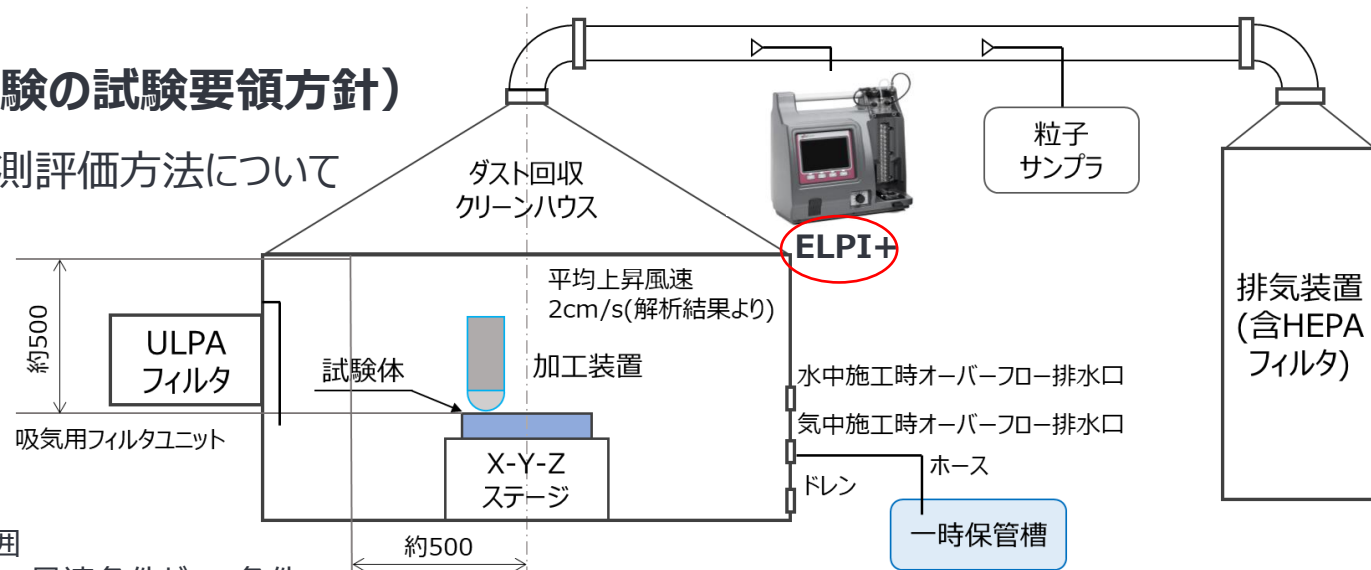
平成30年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金」「燃料デブリ・炉内構造物の取り出し規模の更なる拡大に向けた技術の開発（燃料デブリのダスト集塵システムの技術開発）」技術研究組合 国際廃炉研究開発機構(IRID) No90 参照

### 3、ダスト集塵・飛散方法抑制評価試験 ELPI+ / Welas2000 使用例③

※1 燃料デブリ性状把握PJ：燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発

#### 3) ダスト集塵・飛散抑制評価試験（ダスト評価試験の試験要領方針）

燃料デブリ性状把握PJ※1と加工時のダスト濃度の予測評価方法について  
継続協議予定。



- ①ダスト飛散の評価試験結果※2
- i) ダスト発生率(重量発生率)[kg/s]
  - ii) 粒径分布
  - iii) ダスト飛散の初速度ベクトル[m/s]

- ②環境制御システムに応じた気流解析※2
- i) 解析モデルで評価対象空間体積、ダストの移行パスを設定
  - ii) 浄化系、排気系風量からPCV内の平均上昇気流風速を評価：<約2cm/s※3
  - iii) 各部のダスト濃度の計算が可能

- ③各部の重量濃度[kg/cc]※2
- i) PCV内部の各部、漏えい個所のダスト濃度：度数分布
  - ii) フィルタ捕集ダストの量と粒径分布

注記)  
 ※2: 本集塵PJの検討範囲  
 ※3: ①ダスト評価試験時の風速条件がこの条件を超えていること。  
 ※4: 想定させる燃料デブリ密度が①の模擬試験体の密度以上であること。

- ④加工対象の燃料デブリの組成(想定・推測、実測)  
 (燃料デブリ性状把握PJ※1、燃料デブリの分析等から)※4

- ⑤燃料デブリ取り出し工事計画
- i) 加工条件(加工速度[kg/s]、加工パターン)
  - ii) 環境制御システム運転条件、フィルタ交換条件

- ⑥被ばく評価  
 ④組織比率、比放射能×③度数分布から放射能濃度[Bq/cc]の比例計算  
 ⇒各部の放射能濃度、フィルタ捕集量



## ELPI+ / Welas2000 比較表

	ELPI+	Welas (Promo)
原理	空気動力学径	光散乱径
リアルタイム	Raw data 0.1秒 (10Hz)	Raw data 1秒
粒径範囲	0.006~10 $\mu$ m	最大0.2~105 $\mu$ m※
流量	10LPM	5 LPM
測定時間	捕集板毎で捕集量 により制限	TOTAL:150万個カウント
捕集後サンプル 取り扱い	回収可能	—

※Welasセンサーによる

# 電子圧インパクトター ELPI+シリーズ



6nm～10 $\mu$ mを13CH(HRモデルは500CH)で粒径分布濃度測定が可能  
 最短1秒のリアルタイム測定による個数・体積・重量評価  
 HT - ELPI+タイプは最高180 $^{\circ}$ Cまで対応

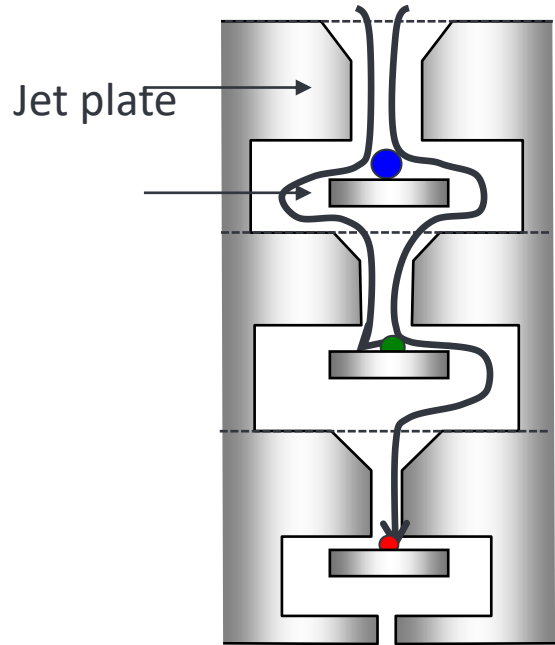
## カスケードインパクトター

粒子分級による空気力学的放射能中位径 (AMAD) 評価が可能



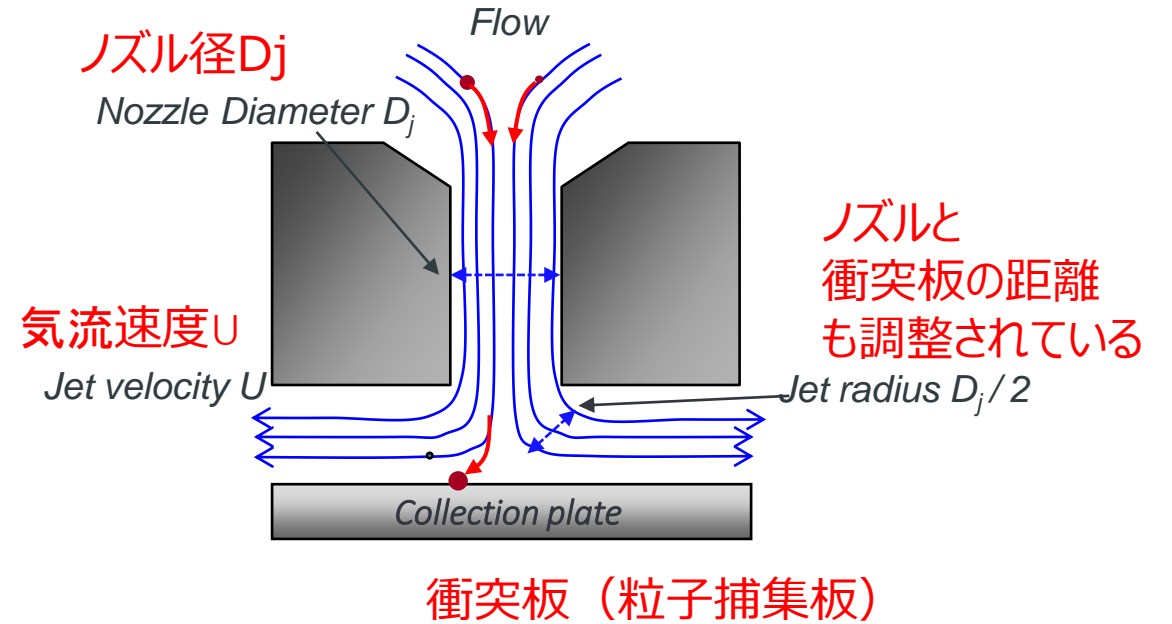


# カスケードインパクト原理 ～空気動力学径～

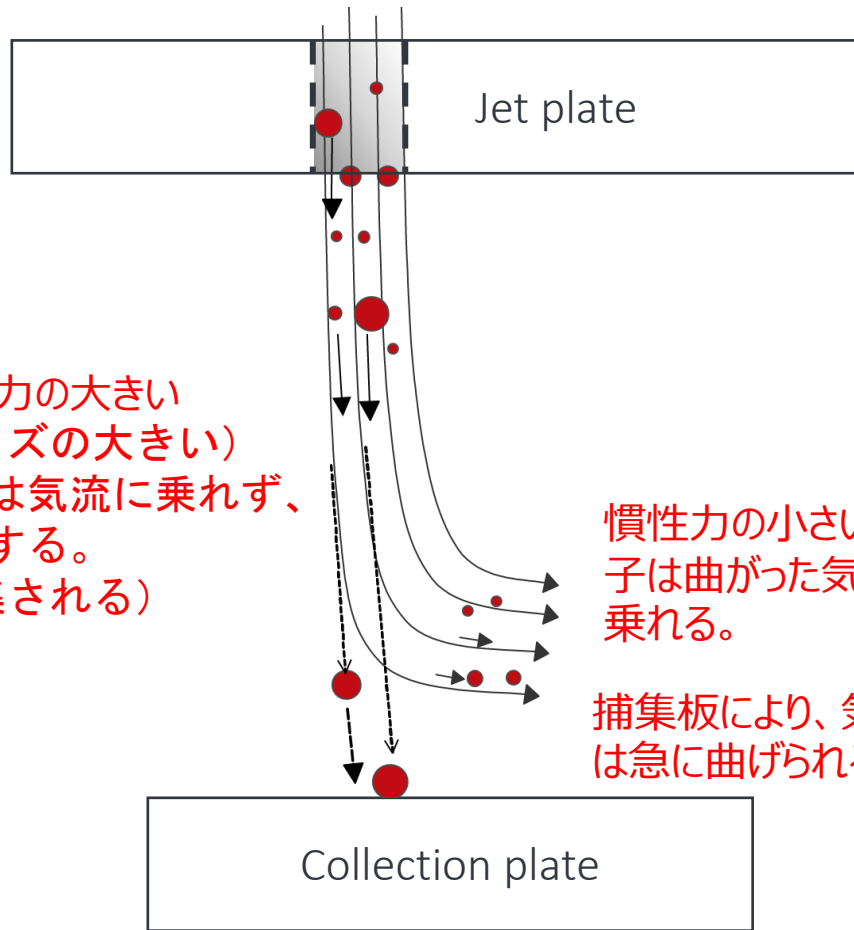


ノズル広い  
(流速遅い)

下段ほどノズル狭い  
(流速早い)



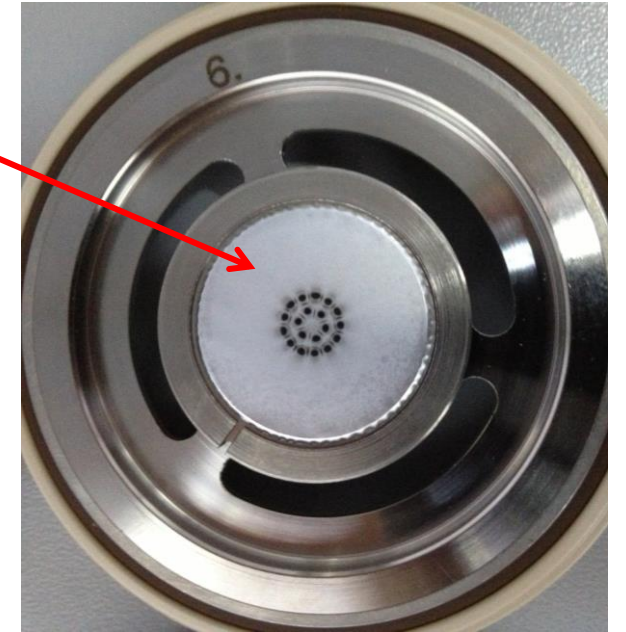
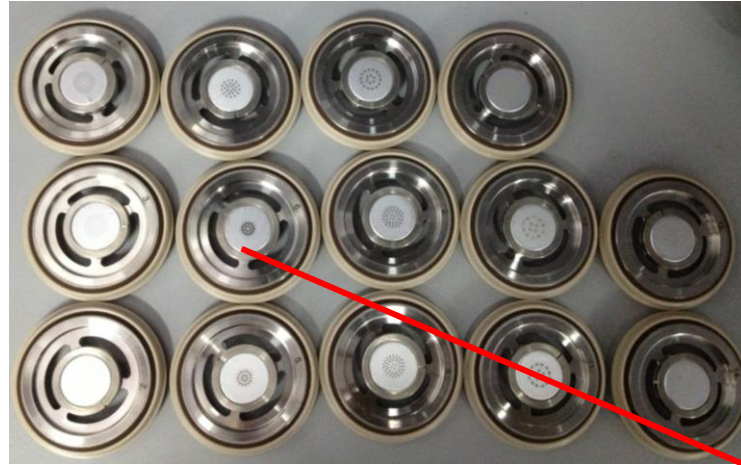
# ELPI + カスケードインパクトー捕集プレート



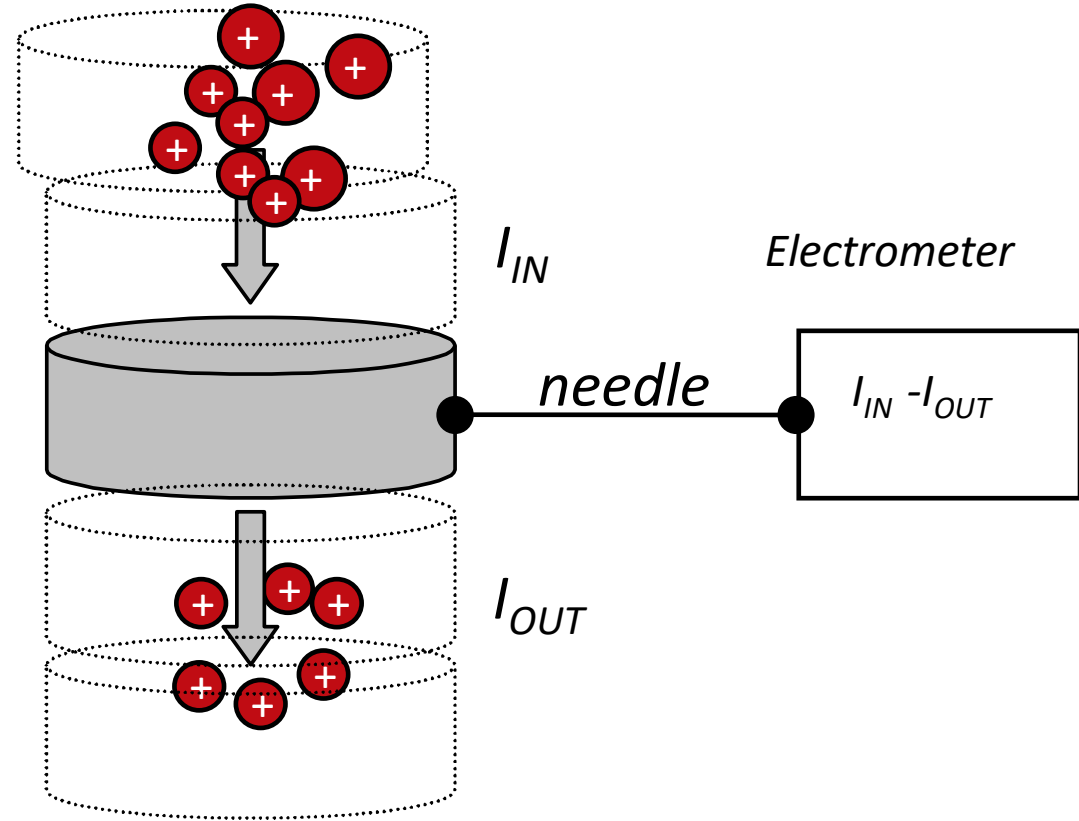
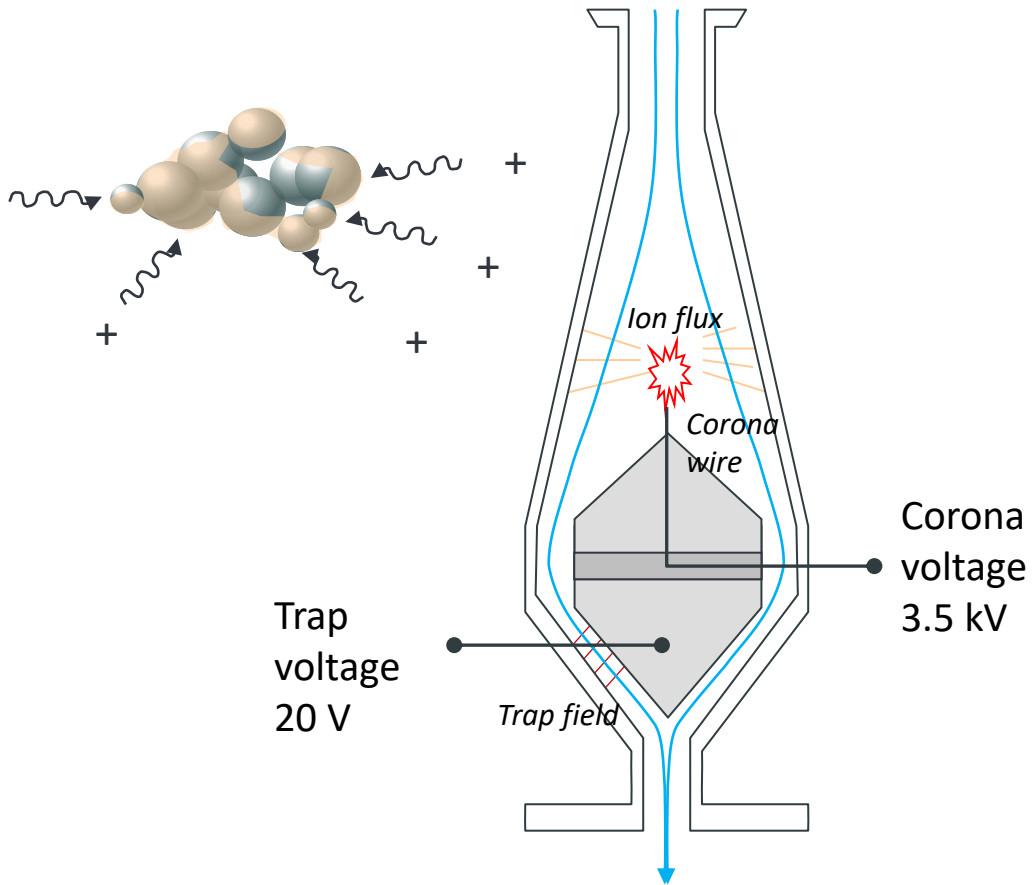
慣性力の大きい  
(サイズの大きい)  
粒子は気流に乗れず、  
衝突する。  
(捕集される)

慣性力の小さい粒  
子は曲がった気流に  
乗れる。

捕集板により、気流  
は急に曲げられる。

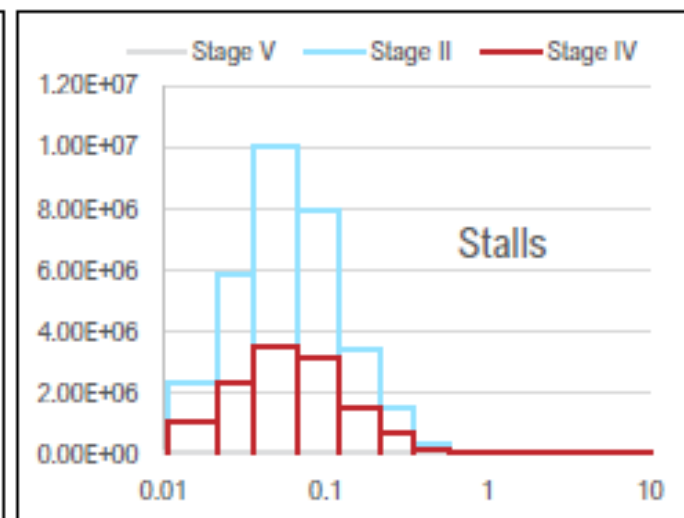
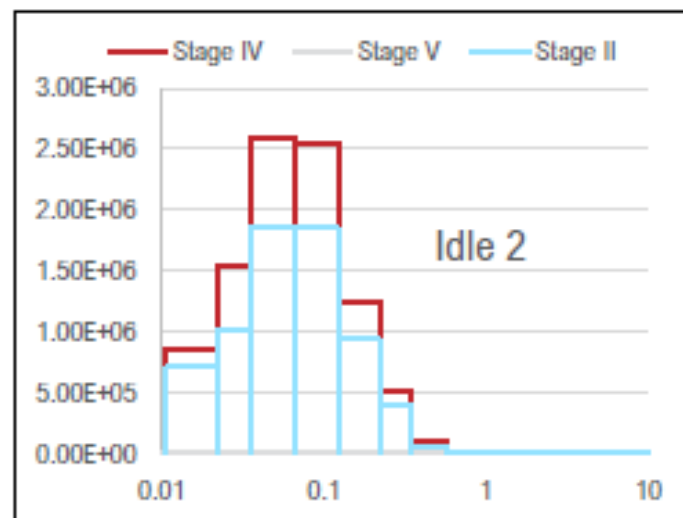
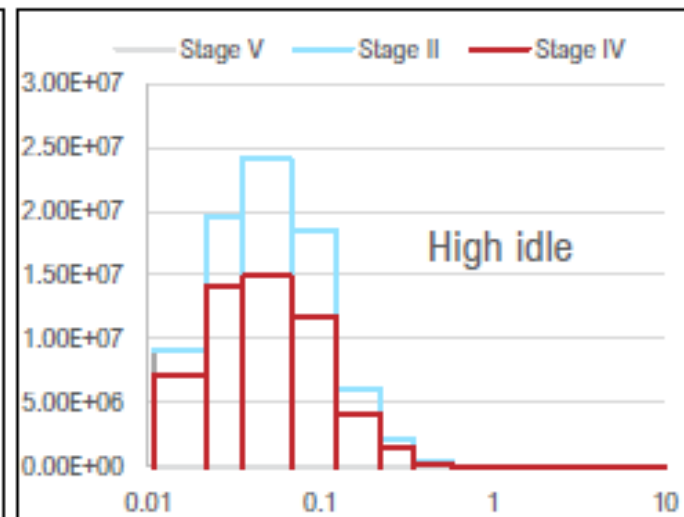
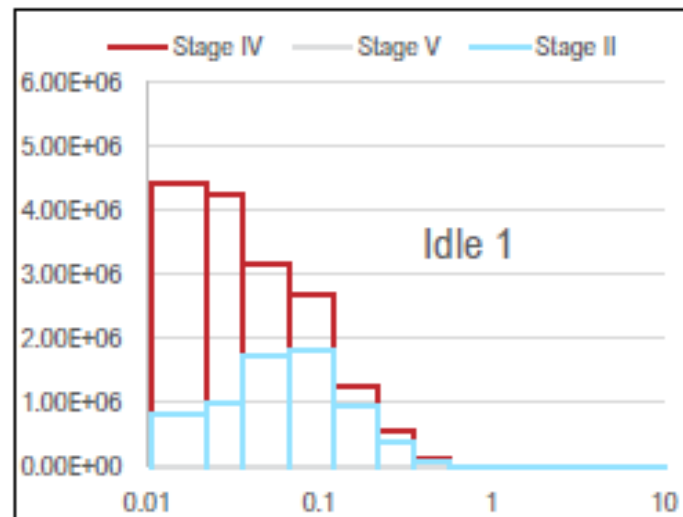


# 粒子検出の仕組み コロナチャージ×エレクトロメーター



各ステージ間は完全に絶縁されており、独立したファラデーケージとなっている。粒子の材質に対する依存性はなく、運ばれた粒子に対する電流が直ちに計測される。

# ELPI + 測定データ 個数濃度粒径評価



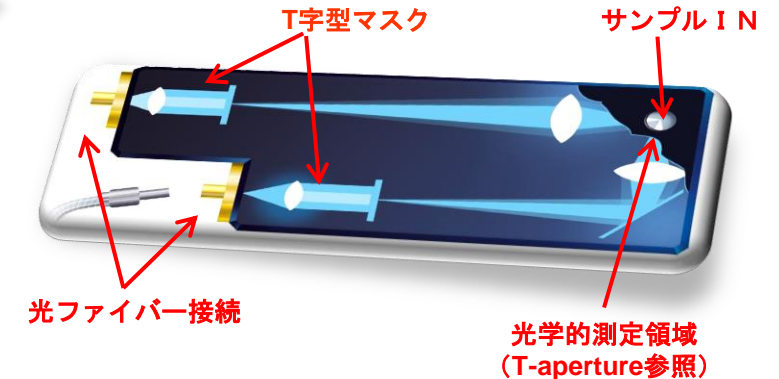
Number size distributions of STAGE IV, V, and II during different drive cycle phases ( $1/cm^3$ ). Stage V is almost invisible due to substantially lower concentration levels (3 orders of magnitude). Note that the Y-axis scale is different between the graphs.

排気ガス粒子 測定例

# エアロゾルエアロゾルスペクトロメーター Welas digital 2000 Promo2000

粒径範囲 : 最大 0.2 ~ 105 μm  
濃度範囲 :  $1 \times 10^6$  個/cm<sup>3</sup> (コインシデンス補正有)  
流量 : 5LPM  
時間分解能 : 1秒 (Promo2000)

- ・ センサーのサンプル通過部分をガラス窓で、保護することで、高濃度のサンプルに対応
- ・ ユーザーが非常に短時間でクリーニング・校正作業が実施可能
- ・ 最大250°Cの高温サンプルや10Barの高圧にも対応

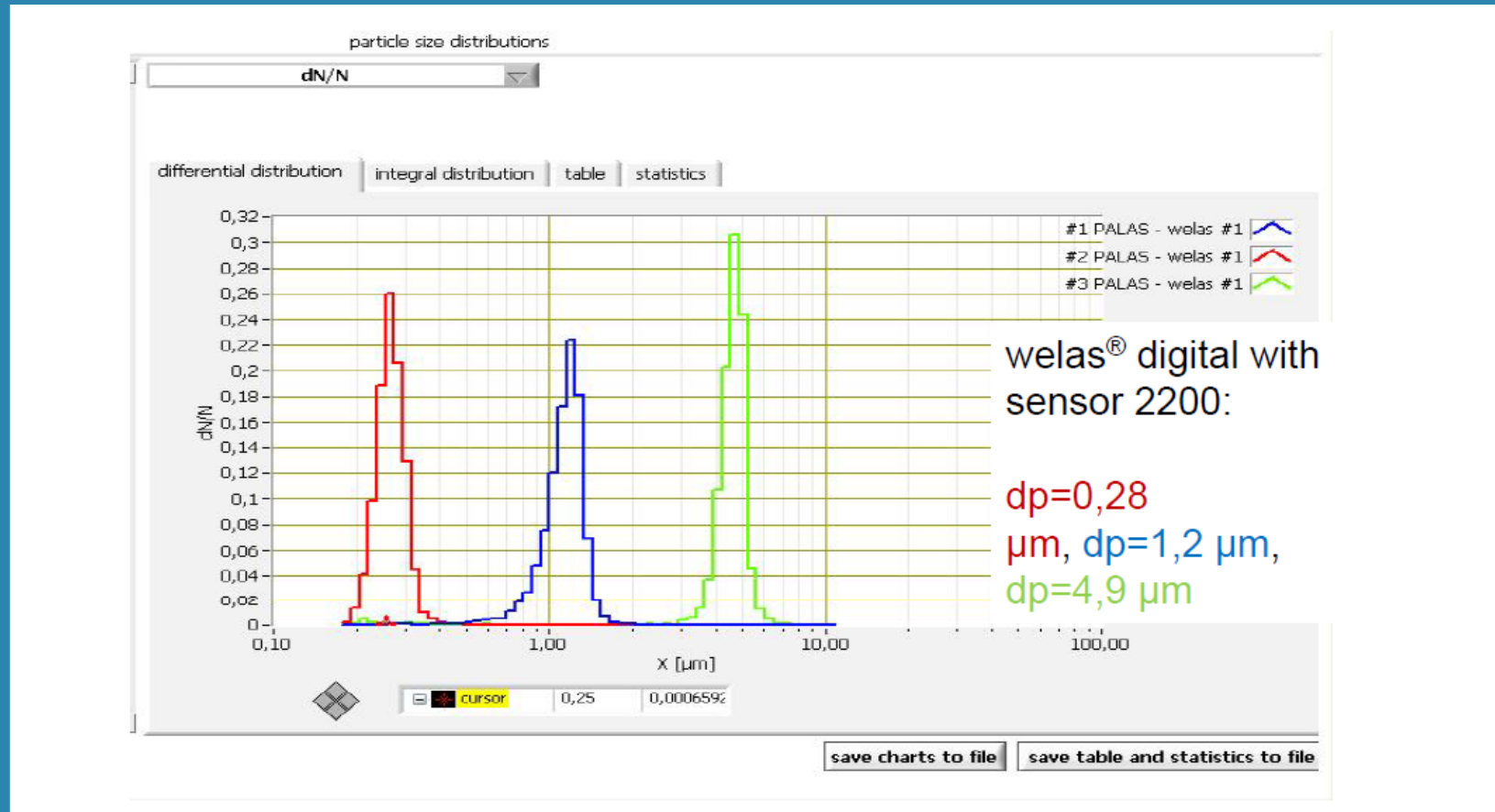


Welas digital2000



Promo2000

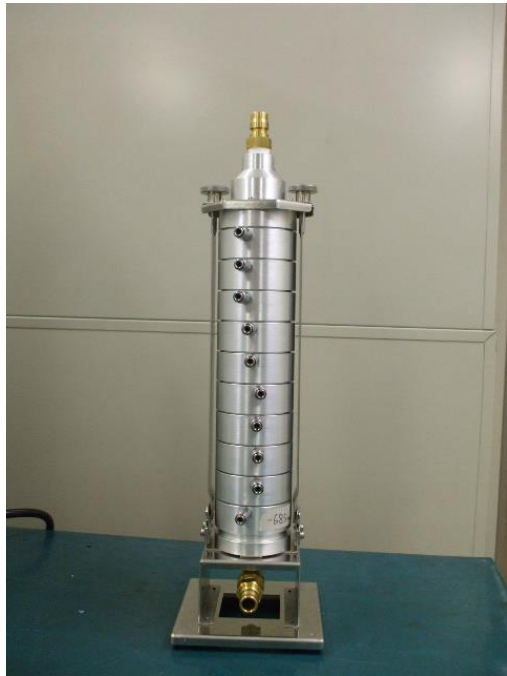
# Welas2000測定データ 個数濃度粒径評価



標準粒子ポリスチレンラテックス (PSL)測定例



# カスケードインパクトーラインナップ 分級サンプラー



低圧カスケードインパクトー MAIS 10  
 粒径範囲 : 0.03 ~ 8.6 μm  
 流量 : 9LPM  
 捕集板径 : φ25mm



ロープレッシャーインパクトー LP20  
 粒径範囲 : 0.06 ~ 12 μm  
 流量 : 20LPM  
 捕集板径 : φ80mm

エアロゾル測定装置については  
東京ダイレックにご相談下さい。

 **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](mailto:info@tokyo-dylec.co.jp)

HP : <https://www.t-dylec.net/>