

— Instrument Performance test —

Dekati社製 DePS™-Goの性能評価試験



東京ダイレック株式会社
〒160-0014 東京都新宿区内藤町1内藤町ビルディング
TEL 03(3355)3632 (代)
FAX 03(3353)6895
研究開発部 船戸 浩二、岩佐 高宏、藤井 俊樹
技術本部 藤野 聡
営業第1部 石井 渉
E-mail info@tokyo-dylec.co.jp
URL https://www.t-dylec.net/

概要： 最近、Dekati社(フィンランド)でリアルタイムに粒子濃度を検出するDePS™-Go (Dekati electrical Particle Sensor)が製品化された。DePS™-Goの寸法はH85×W85×D60 mmと超小型でありながら、対象粒子を捕集・検出する検出ブロック、高感度エレクトロメータ、吸引ポンプ及びCPUを内蔵しており、粒子の個数濃度、重量濃度又は表面積のデータをリアルタイムに表示・保存する。また装置の心臓部である検出ブロックは交換可能であるため、メンテナンス等によるダウンタイムがなく長期間測定することができる。充電式バッテリーを内蔵し、マイクロSDカードを用いたデータ保存ができるため電源を確保できない極地でも使用することが可能である。
社内レポートではDePS™-Goの基本性能を評価するため社内の個数及び重量濃度の基準器であるCPCやTEOMを用いて比較試験を実施したのでデータ詳細を報告する。

試験日時： 2019年11月

装置原理： 検出ブロックとDePS™-Goの詳細な構成図をそれぞれ図1、図2に示す。検出ブロックは主に荷電部、トラップ部及び検出部で構成される。インレットより吸引されたサンプル粒子は拡散チャージャーを有する荷電部に運ばれる。サンプル粒子はそこで拡散チャージャーより放出されたプラスイオンにより強制的にプラスに帯電する。次いでプラス帯電したサンプル粒子はプラスイオンと共にトラップ部に運ばれる。トラップ部は低電圧が印加されており、モビリティの差異を利用して最小検出粒径以下の粒子とプラスイオンがトラップされる(初期設定は5 nm以下をトラップするが、電圧調整により最小検出粒径を13 nmまで変更可能。(詳細は図3を参照)。トラップ部を通過したサンプル粒子は検出部にあるファラデーカップフィルタに捕集される。ファラデーカップフィルタはエレクトロメータに接続されており、捕集されたサンプル粒子の持つ電荷が電流値として瞬時に検出される。
DePS™-Goは検出された電流値を元に個数濃度、重量濃度又は表面積のデータへリアルタイムに変換する。各濃度の変換ファクターは事前に装置に入力する必要があり、メーカーマニュアルに記載されている電流値から個数濃度への変換ファクター表を一例として表1に記す。

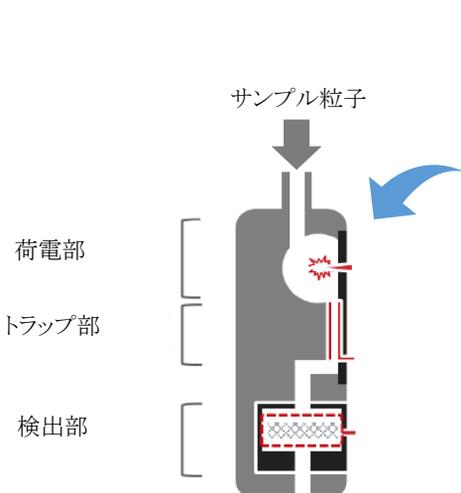


図1. 検出ブロックの内部構成図

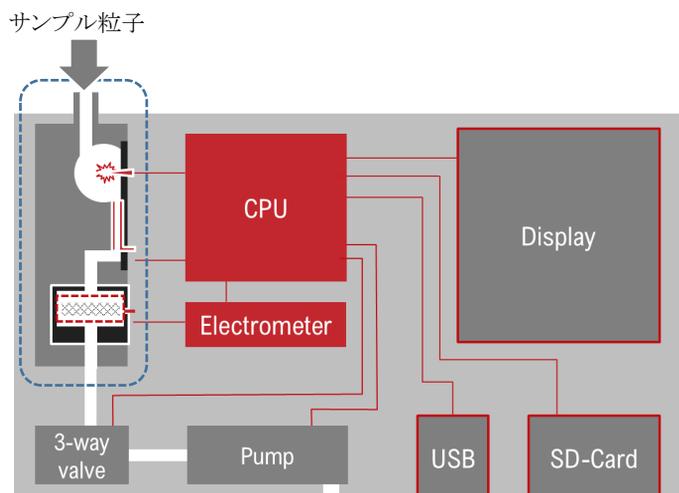


図2. DePS™-Goの内部構成図

表1. 変換ファクター早見表(電流値から個数濃度)

NMD [nm]	GSD		
	1.3	1.5	2.0
20	4.263×10^3	3.561×10^3	1.877×10^3
30	1.797×10^3	1.500×10^3	9.05×10^2
40	1.011×10^3	8.55×10^2	5.55×10^2
50	6.51×10^2	5.65×10^2	3.87×10^2
60	4.62×10^2	4.11×10^2	2.91×10^2
70	3.52×10^2	3.19×10^2	2.30×10^2
80	2.82×10^2	2.58×10^2	1.88×10^2
90	2.35×10^2	2.16×10^2	1.59×10^2
100	2.01×10^2	1.85×10^2	1.36×10^2
110	1.76×10^2	1.61×10^2	1.19×10^2
120	1.55×10^2	1.42×10^2	1.05×10^2
130	1.39×10^2	1.27×10^2	9.4×10^1
140	1.25×10^2	1.14×10^2	8.5×10^1
150	1.13×10^2	1.03×10^2	7.7×10^1
160	1.04×10^2	9.4×10^1	7.0×10^1
170	9.5×10^1	8.7×10^1	6.5×10^1
180	8.8×10^1	8.0×10^1	6.0×10^1
190	8.1×10^1	7.4×10^1	5.6×10^1
200	7.6×10^1	6.9×10^1	5.2×10^1

※NMD:個数基準の平均径

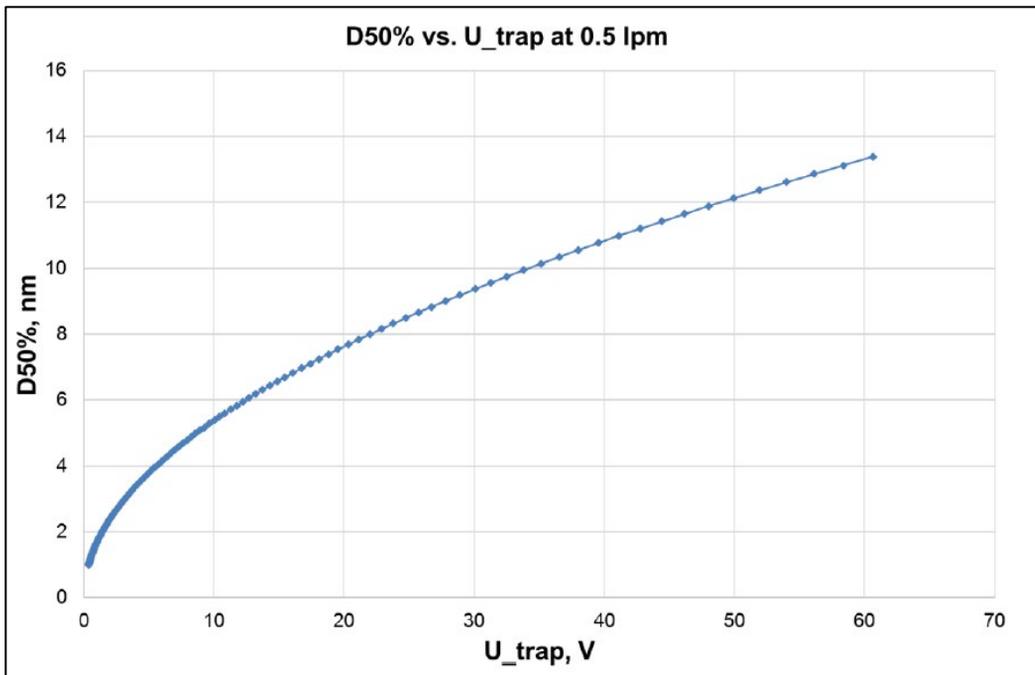
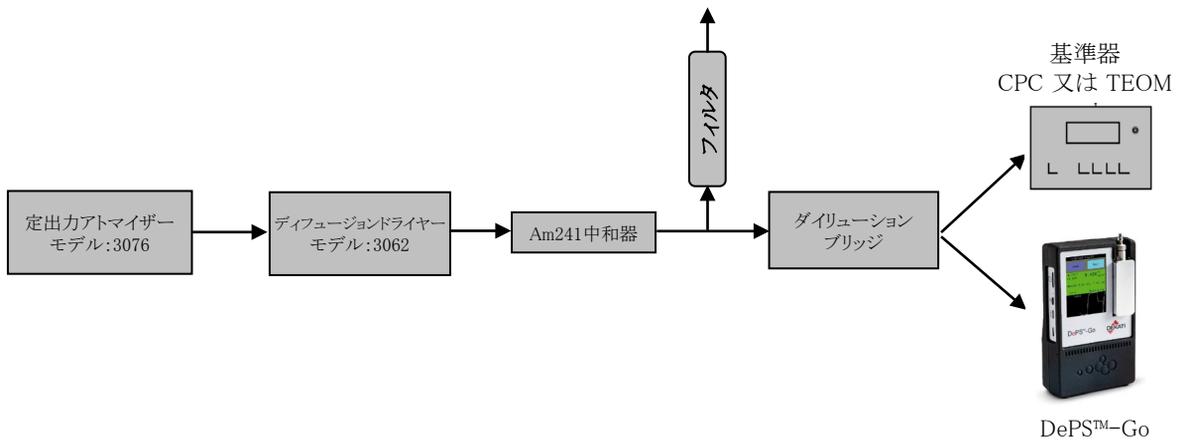


図3. トラップ電圧と最小検出粒径の関係

試験手順①: 下記のフロー図に示すように定出力アトマイザーを用いて試験粒子であるNaClを噴霧し、ディフューゾンドライヤーで水分を除去する。その後Am241中和器で試験粒子を中和状態にし、ダイリューションブリッジで濃度調整後に基準CPCとDePS™-Goで同時計測した。
 ダイリューションブリッジを用いて試験粒子の濃度を数段階に変更し、CPCを基準としたDePS™-Goの直線応答性を求めた。試験粒子の個数濃度は約 4×10^4 p/cm³を上限とし、基準CPCの測定精度の高いシングルカウントの領域で比較した。
 ※重量濃度を比較する際は基準器をTEOMに変更し、重量濃度は約 1×10^3 µg/m³を上限として実施した。



計測手順②: DePS™-Goの電源を投入し、装置を約1時間暖機させる(ポンプやチャージャーはOffの状態)。暖機後にマニュアルモードでエレクトロメータのZero Offsetを実行し、ゼロ点を調整する。更に下記のフロー図が示すように、装置の上流にHEPAフィルタを接続し、マニュアルモードでポンプ→バルブ→チャージャー→トラップ→データセーブの順番でOnに設定し、DePS™-Goのゼロデータを数時間測定する。



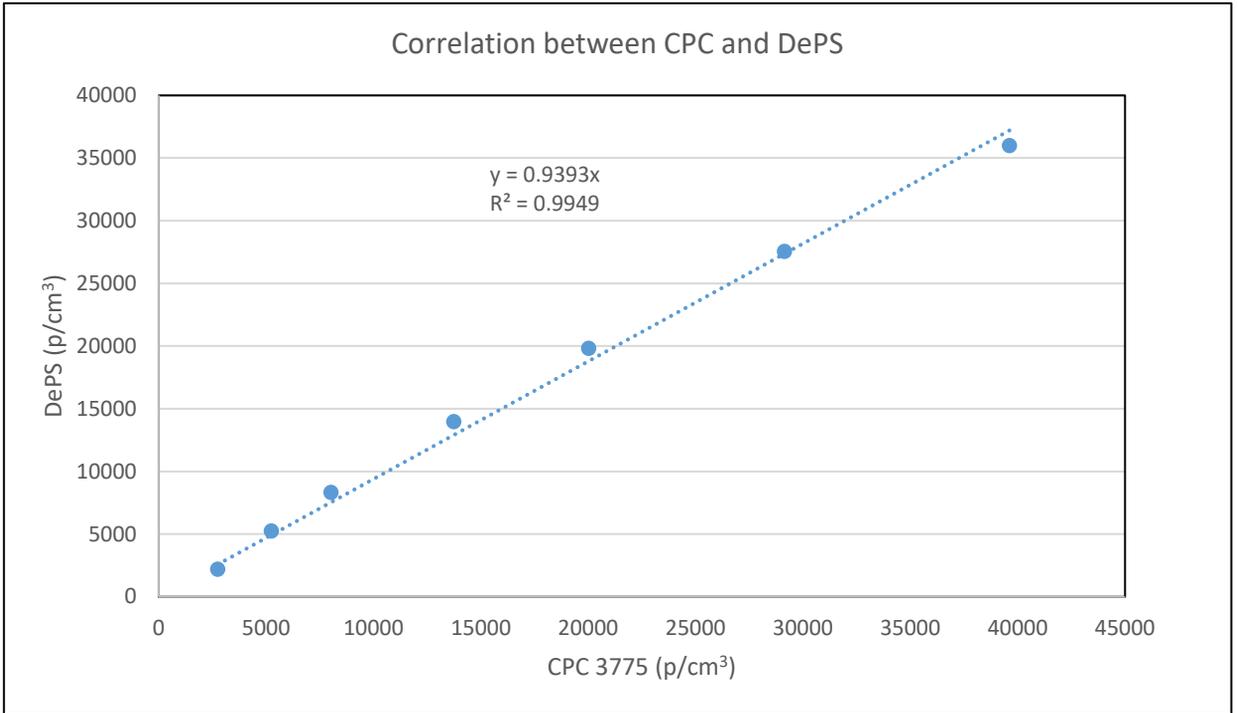
試験機器:

- ①発生器: TSI社 定出力アトマイザー(モデル3076)
 - ・試験粒子 :NaCl
 - ・発生流量 :3 L/min
 - ②乾燥器 TSI社 ディフュージョンドライヤー(モデル3062)
 - ③希釈器: ダイリュションブリッジ
※下流側の濃度を変更するためダイリュションブリッジのバルブを任意に調整
 - ④計測器: TSI社 CPC(モデル:3775) ※個数基準器
 - ・サンプル流量 :0.3 L/min
 - ・最小検出粒径 D50:4 nm
- Thermo社 TEOM(モデル:1405F) ※重量基準器
 - ・サンプル流量:2.0 L/min
- Dekati社 DePS™-Go ※試験対象品
 - ・サンプル流量:0.5 L/min
 - ・最小検出粒径 D50:5 nm(初期設定値を使用)
 - ・変換ファクター 個数濃度 1.05×10^2
重量濃度 2.20×10^{-1}

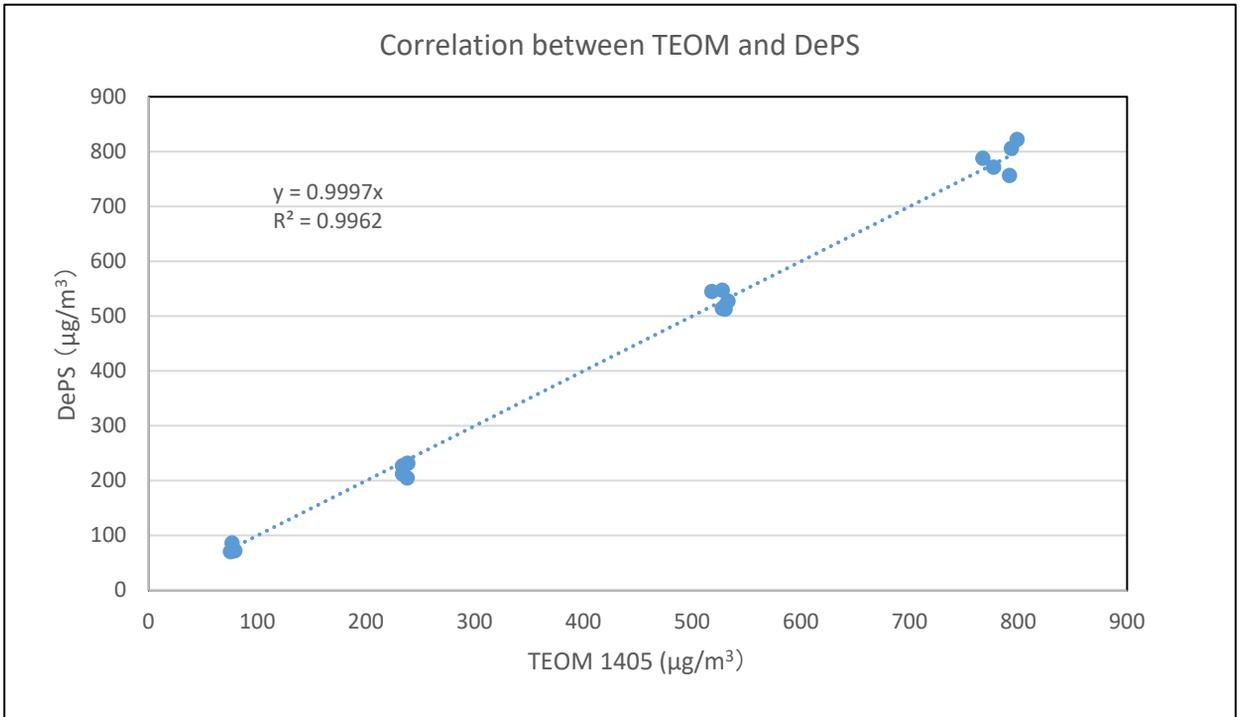
試験結果:

- ・計測結果1-①よりDePS™-Goと基準CPCは良い相関関係にあり、 $10^3 \sim 10^4$ p/cm³の濃度範囲で両機の個数濃度はほぼ一致している事が確認された。検査対象のDePS™-Goは 10^7 p/cm³程度まで高濃度粒子を測定できるが、基準CPCで高精度に測定できるシングルカウント領域の上限が 5×10^4 p/cm³であることから上記範囲で行った。
- ・計測結果1-②より重量濃度のリファレンスであるTEOMと良い相関関係にあり、大気濃度 ~ 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の濃度範囲で重量濃度がほぼ一致している事が確認された。
- ・計測結果②よりクリーンエア計測時のDePS™-Goの電流値は約10 fA以下で安定しており、個数濃度に変換すると 10^3 p/cm³程度に相当しており、 10^3 p/cm³以下の低濃度粒子の測定には向かないと考えられる。DePS™-Goは原理上fAという非常に微弱な電流値をエレクトロメータで計測していることから、比較的到低濃度の粒子を測定する場合には十分に暖機させ、安定した環境下で測定することが望ましいと考えられる。

<計測結果①-1>



<計測結果①-2>



<計測結果②>

