

— Instrument Performance test —

Jing社製miniCASTを用いた燃焼粒子発生試験



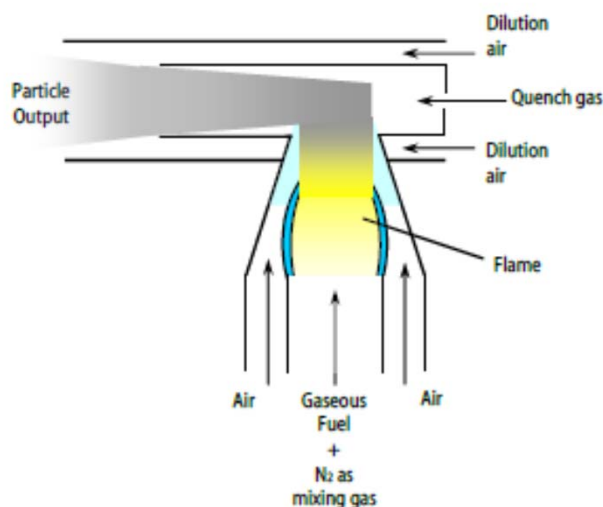
東京ダイレック株式会社
〒160-0015 東京都新宿区内藤町1内藤町ビルディング
TEL 03(3355)3632 (代)
FAX 03(3353)6895
営業第2部 川瀬 順
技術本部 岩佐 高宏、船戸 浩二、藤野 聡
E-mail info@tokyo-dylec.co.jp
URL <http://www.t-dylec.net/>

概要: 自動車排ガス分野では、欧州規制によりエンジンの排気ガスに含まれる不揮発性粒子の個数濃度を粒子計数装置で測定する必要がある。粒子計数装置には凝縮粒子カウンターやVPR(揮発性粒子除去装置)が含まれており、年一回の校正が義務付けられているが、これらの装置を校正するためのエアロゾル粒子の粒径分布や個数濃度は安定していることが重要である。校正用エアロゾル粒子発生器は異なるサイズのエアロゾル粒子を発生できることが必要である。校正用エアロゾル粒子発生器として、エレクトロスプレー式粒子発生器やスス粒子を発生する燃焼粒子発生器など様々な発生器があり、それぞれ一長一短がある。後者の燃焼粒子発生器は発生粒子が非常に安定している一方で、一般的に高価で大型な機器となる。

Jing社製(スイス)のminiCASTは燃焼粒子発生器でありながら、軽量・小型で低価格な発生器となっている。また発生粒径は10~200 nmと広範囲で、発生濃度も最大で 10^8 p/cm³と高い。

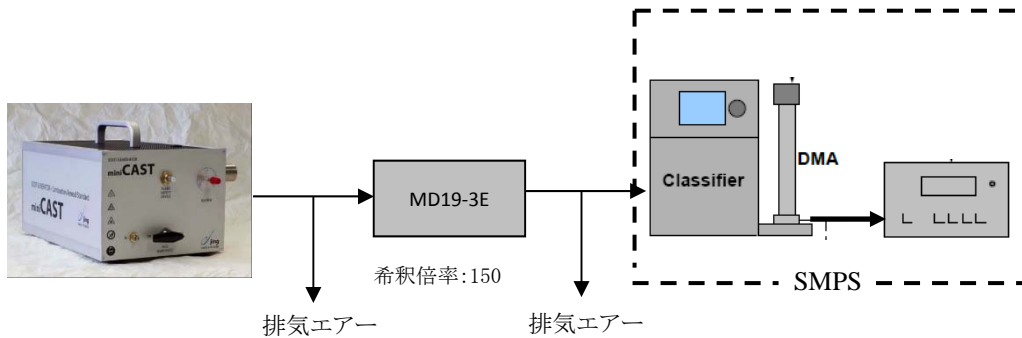
本試験ではminiCASTの基本性能を評価するために発生条件を変えてスス粒子を発生し、希釈器やSMPSを用いて粒径分布や個数濃度の計測を試みた。

miniCASTの発生原理図:



レポート作成日時: 2018年7月10日(火)

計測フロー: miniCASTで発生させたスス粒子の一部をTesto社製の希釈器で150倍に希釈し、SMPSで粒径分布ならびに個数濃度を計測した。



試験機器:

- ①発生器: Jing社 miniCAST (モデル6204C)
 - ・Operating Point :1~8(表1を参照)
 - ・使用ガス :プロパン(純度 99.9%)
窒素(純度 99.9%)
クリーンエア(前処理にPISCO社FMDRを使用)
- ②希釈器: Testo社 ローターディスク式希釈器 (モデルMD19-3E)
 - ・ディスク :10穴
 - ・温度設定 :Off
 - ・希釈倍率 :150倍
- ③計測器: TSI社 SMPS (モデル3936L72)
 - ・DMAモデル :3081A
 - ・CPCモデル :3772
 - ・サンプル流量 :1.0 l/min
 - ・シース流量 :10.0 l/min
 - ・粒径範囲 :7.23~294.27 nm
 - ・スキャン時間 :90秒

試験方法:

今回は4種類の方法で試験を行った。

1. メーカーマニュアルに記載される8種類のOperating Pointでスス粒子を発生させ、それぞれのOperating Pointで粒径分布を計測する (SMPSのMean径を記載)。
2. Operating Point3で1時間スス粒子を発生させ、粒径分布の安定性を確認する(10分毎の粒径分布を記載)。
3. Operating Point3で希釈エア流量を変えてスス粒子を発生させ、粒径分布の変化を確認する。
4. Operating Point1で発生した多分散のスス粒子をDMAで200nmを分級・抽出し、分級後の単分散粒子の個数濃度をCPCで計測する。

miniCASTソフトウェア画面：



PCに専用ソフトウェアをインストールし各ガスの流量調整を行う。
本ソフトウェアのOperating Pointに希望する設定値を複数登録可能。

考 察：

- ① Operating Point1～8の条件でスス粒子を発生することで異なるサイズのスス粒子を高範囲に安定して発生できることが確認できた。また各Operating Pointでメーカーマニュアルに記載されるMean径と比較した。SMPSの粒径範囲がメーカーと異なることからマニュアル記載のMean径と多少の差は見られたが、近い結果が得られたと考える。(試験結果1参照)
- ② Operating Point3で1時間の安定性を確認したところ発生直後のみ粒径分布で多少のバラつきが見られたが、その後の粒径分布は非常に安定していることが確認できた。(試験結果2参照)
- ③ Operating Point3の設定で希釈エア流量を変更することで粒径分布が変化することがわかった。発生原理図(P3)にある通り希釈エアはスス粒子発生直後にミキシングされる構造となっており、希釈エア流量を増やすことで粒子の凝集が抑えられると考えられ、より微小な粒子が発生することが確認された。逆に希釈エア流量をゼロとした場合、スス粒子は凝集により個数濃度が減少し、粒子サイズが粗大側に大きくシフトしていた。(試験結果3参照)
- ④ 一次粒子径が極めて小さいスス粒子でサブミクロンサイズの粒子を発生することは難しいと考えられるが、miniCASTでは150倍に希釈し、DMAで200nmに分級後であっても3乗レベルの個数濃度を安定して発生できることが確認できた(CPCの平均個数濃度は約 $6.5 \times 10^3 \text{p/cm}^3$)。(試験結果4参照)

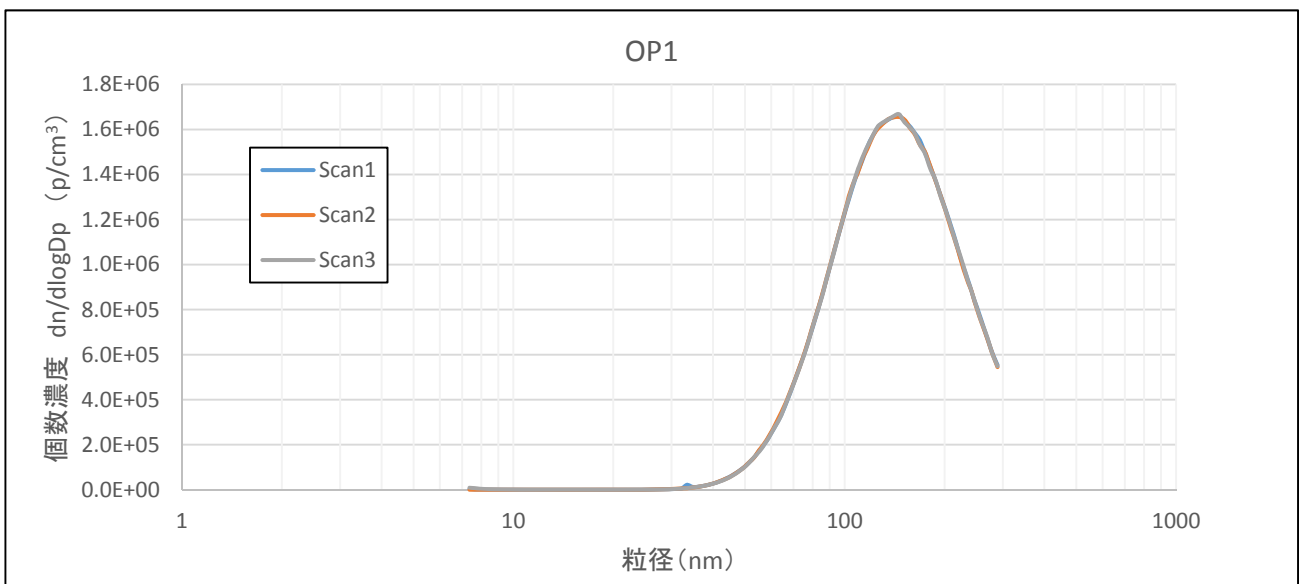
< 試験結果1 >

OP	C ₃ H ₈ mℓ/min	Mixing N ₂ mℓ/min	Oxi.Air ℓ/min	Dilution Air ℓ/min	Quech gas N ₂ ℓ/min	Mean nm	Geo.Std.Dev.
1	30	0	0.75	5	2	162	1.60
2	25	0	0.55	5	2	133	1.66
3	23	23	0.60	5	2	105	1.68
4	23	30	0.60	5	2	96	1.64
5	23	20	0.45	5	2	72	1.45
6	23	50	0.40	5	2	19	1.40
7	23	50	0.37	5	2	13	1.30
8	23	50	0.33	5	2	9	1.09

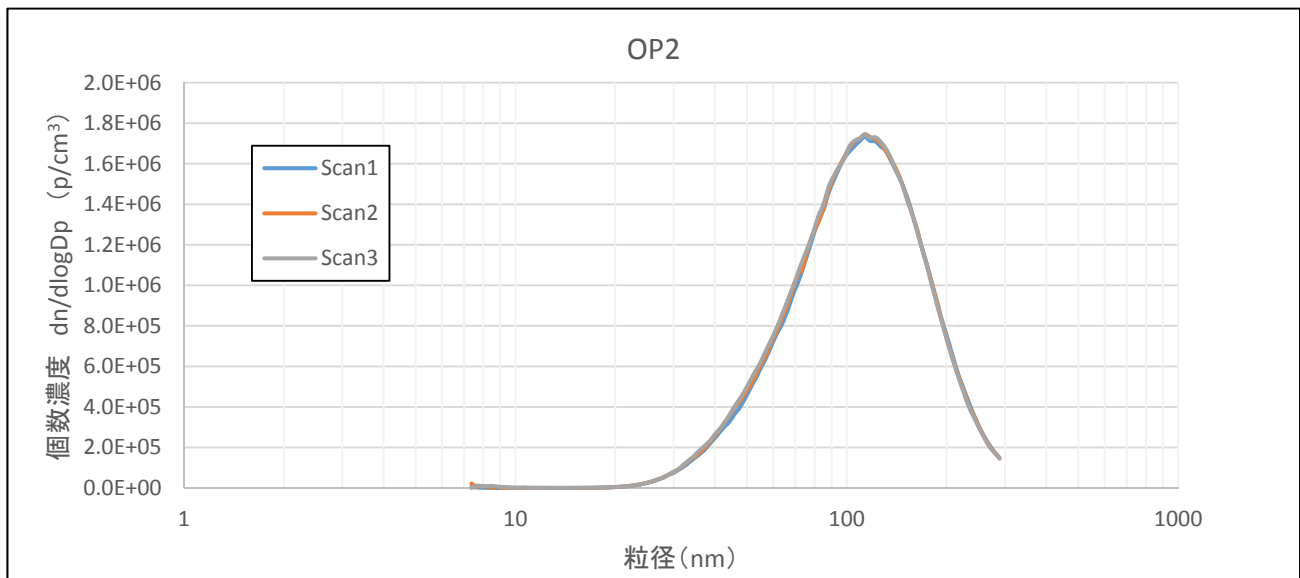
表1: miniCASTのOperating Point詳細(メーカーの英文マニュアルより抜粋)

※グラフの個数濃度については希釈倍率を加味していない。

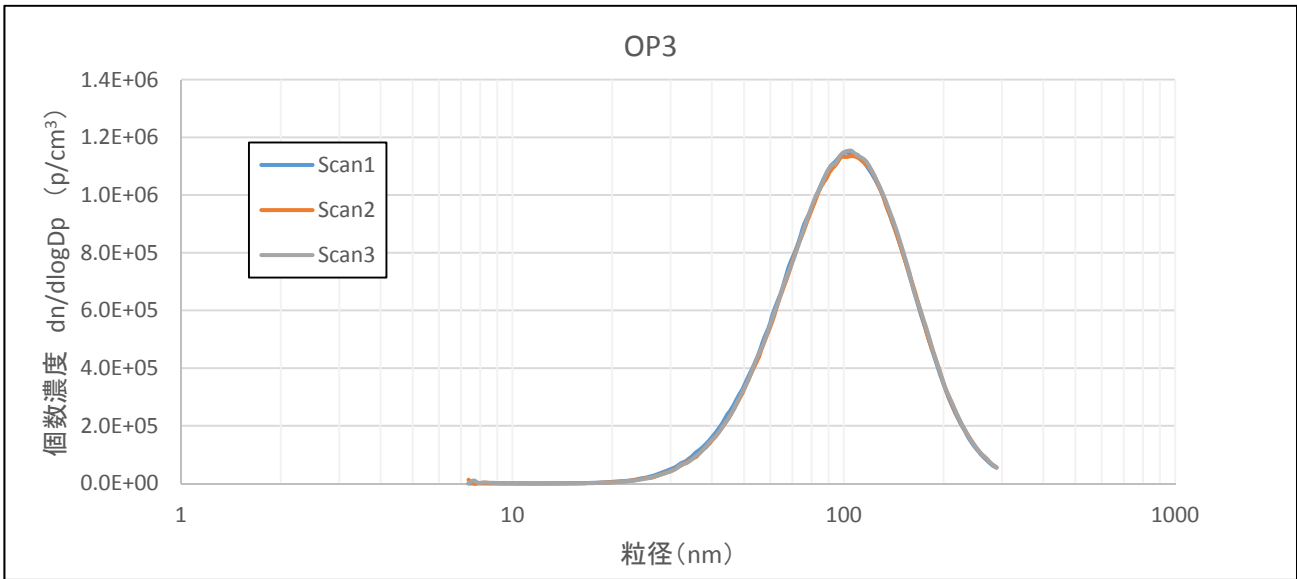
Operating Point1 (Mean径: 147 nm、GSD: 1.50)



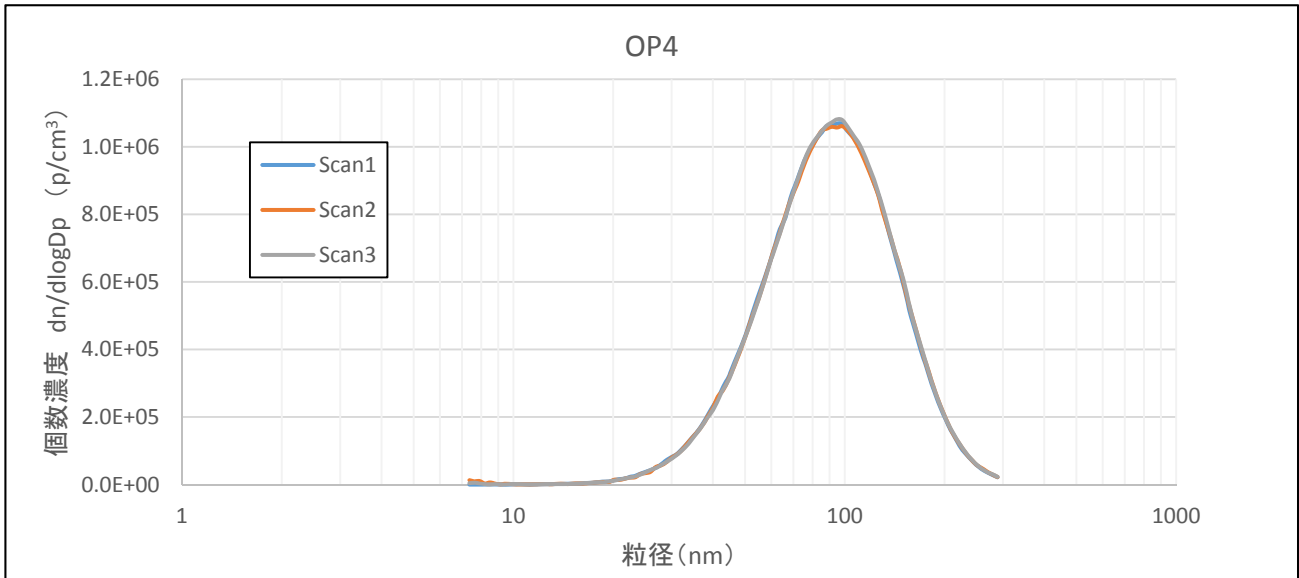
Operating Point2 (Mean径: 116 nm、GSD: 1.60)



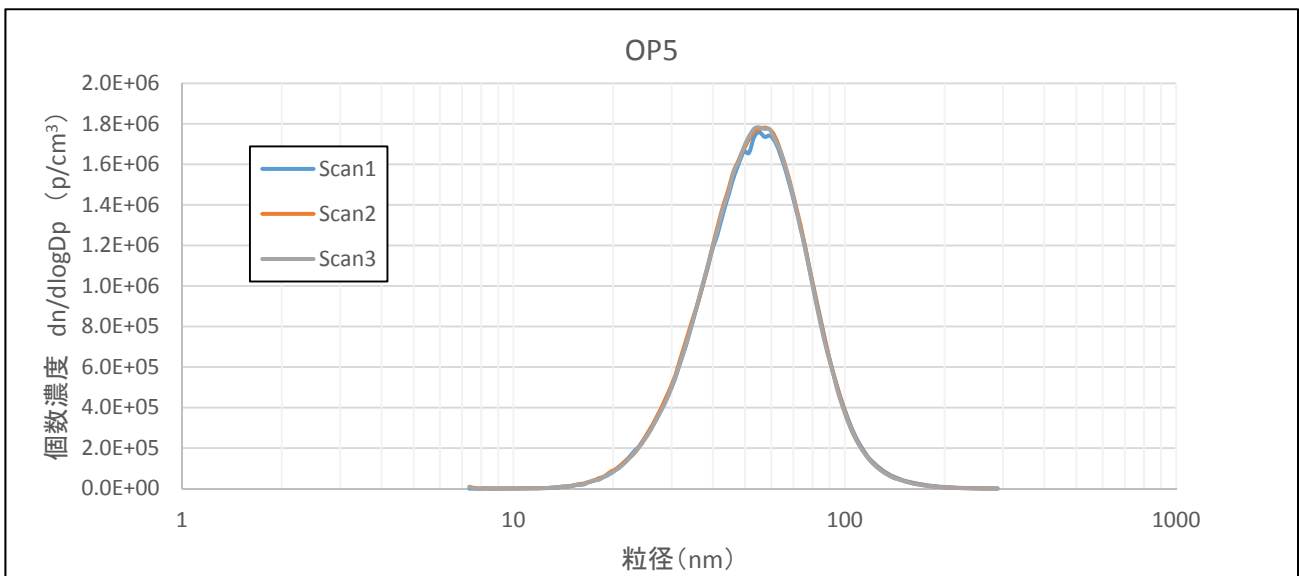
Operating Point3 (Mean径:109 nm、GSD:1.56)



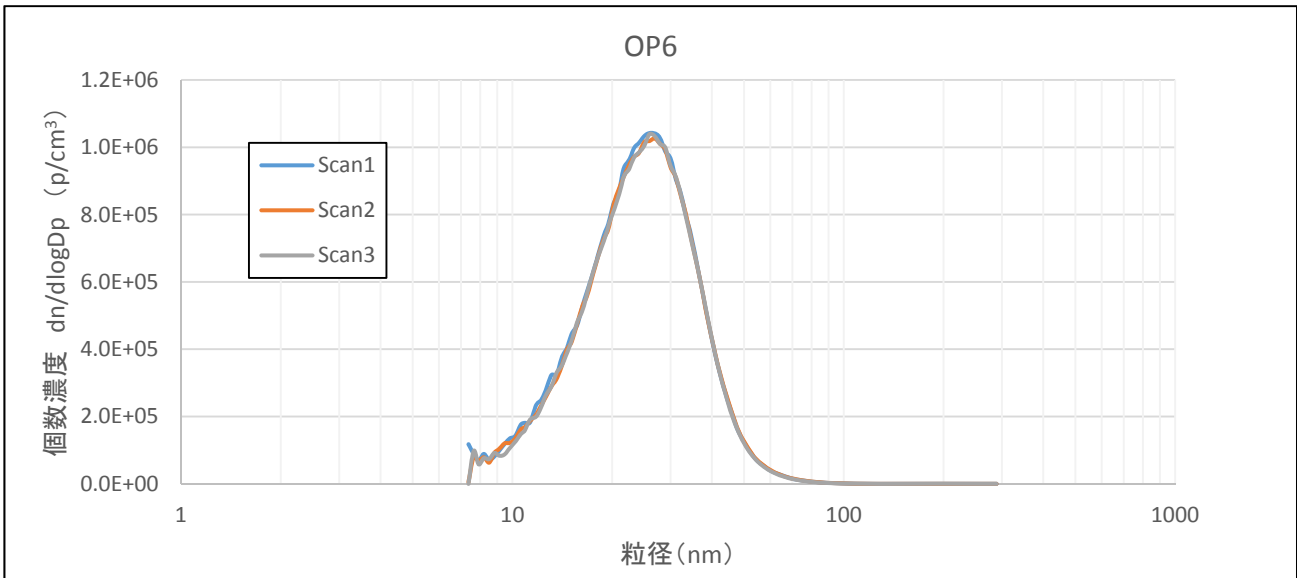
Operating Point4 (Mean径:98 nm、GSD:1.58)



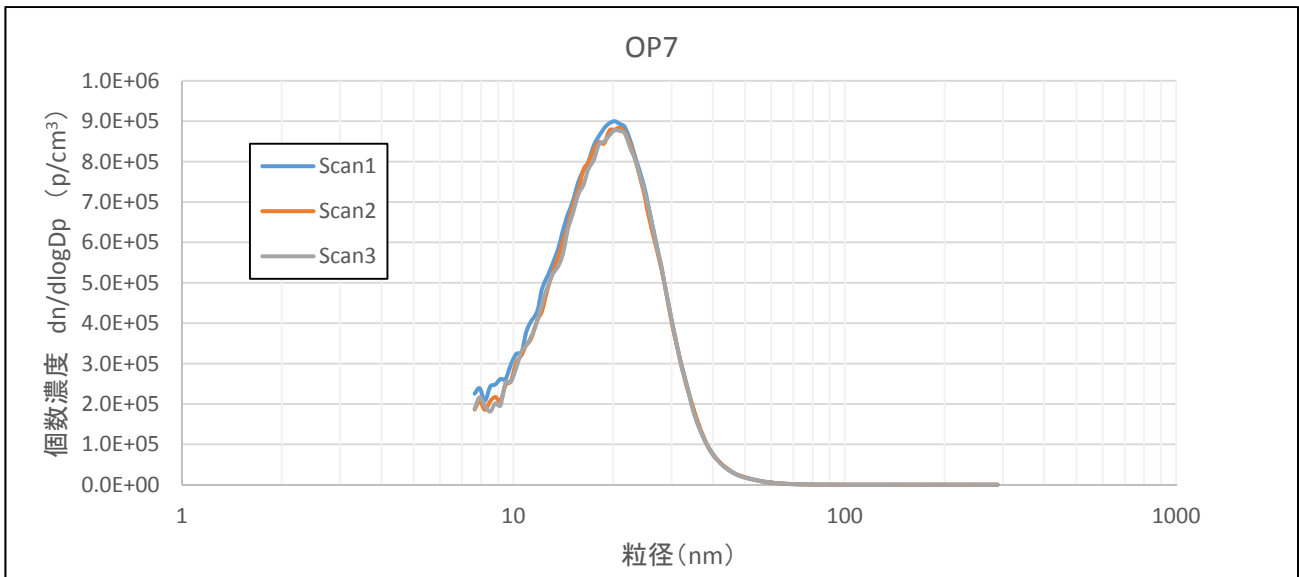
Operating Point5 (Mean径:57 nm、GSD:1.46)



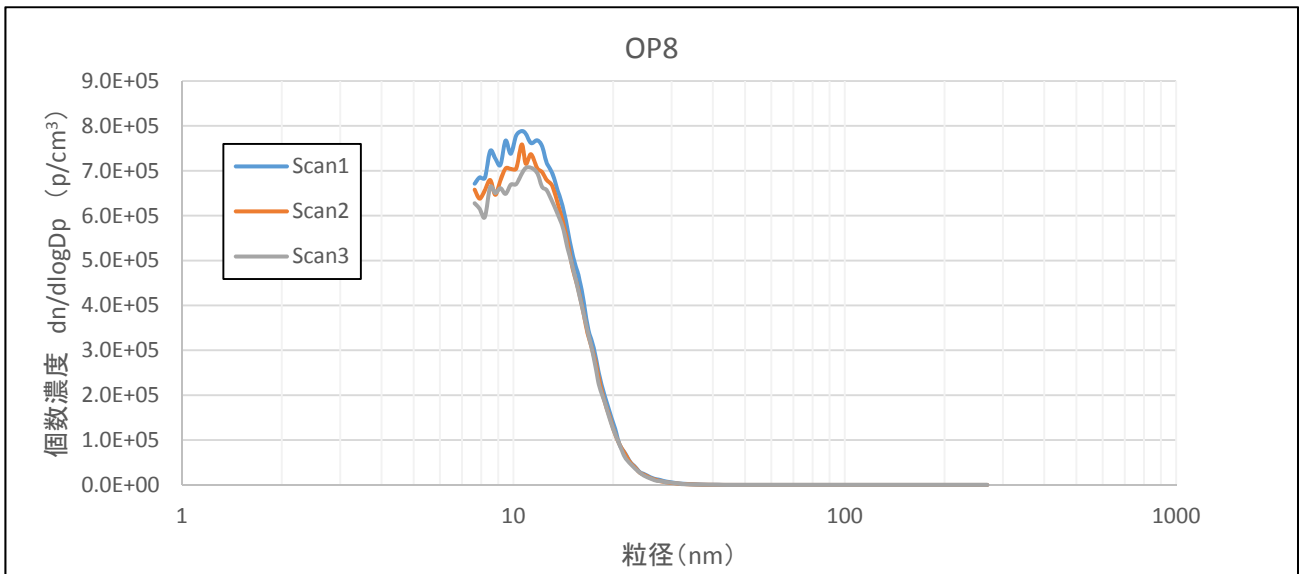
Operating Point6 (Mean径:26 nm、GSD:1.49)



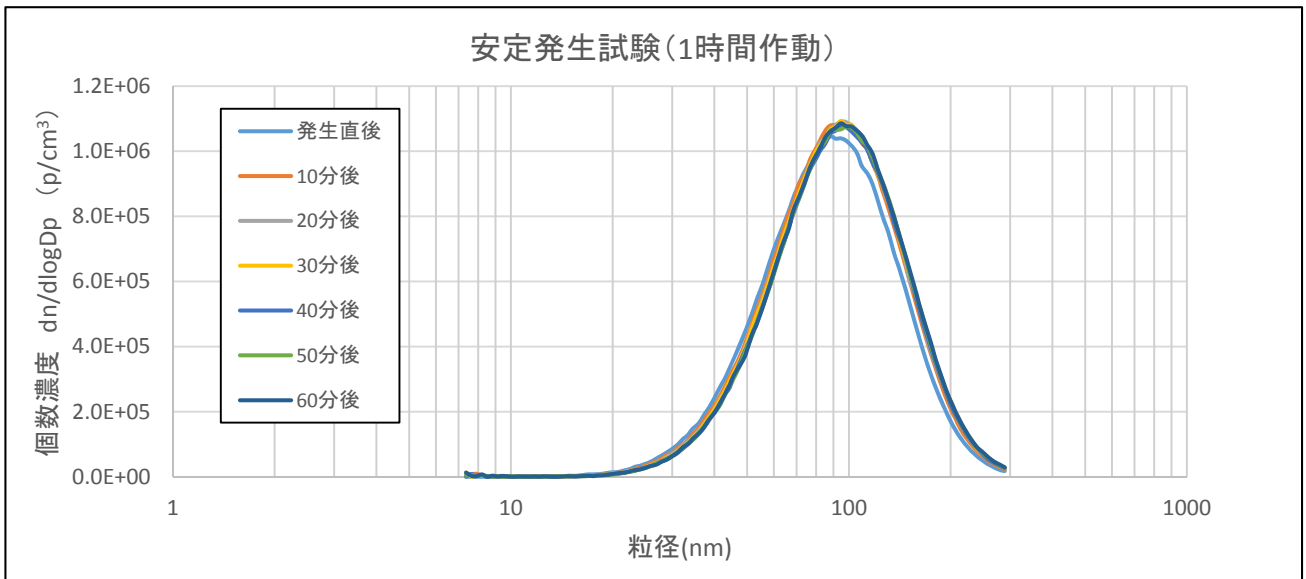
Operating Point7 (Mean径:19 nm、GSD:1.47)



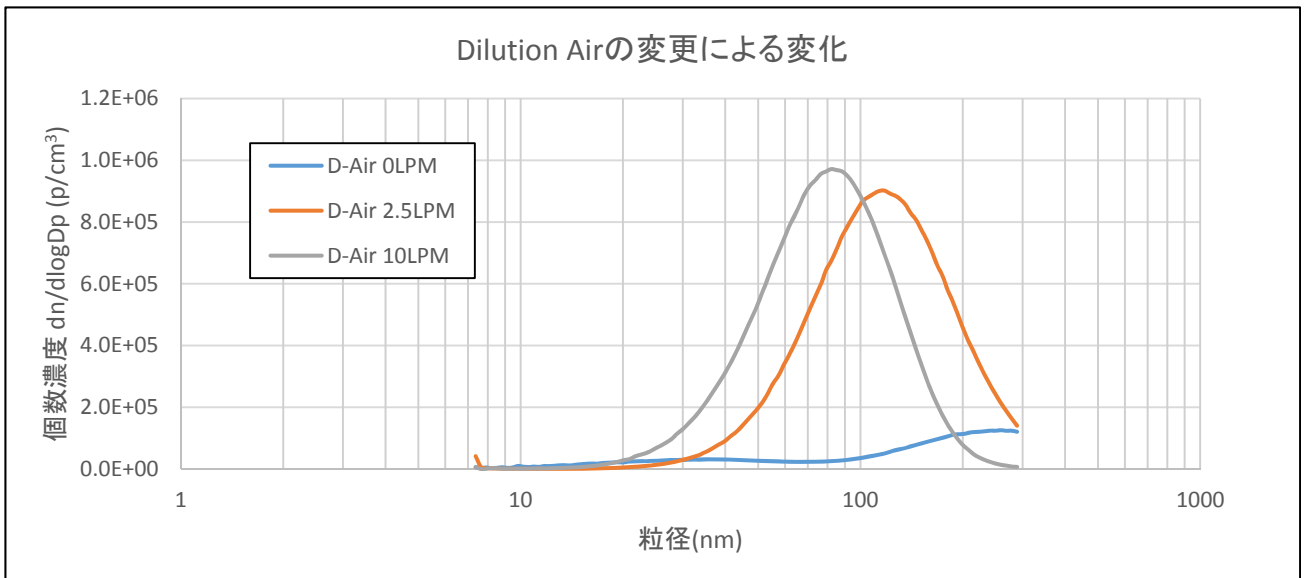
Operating Point8 (Mean径:12 nm、GSD:1.54)



< 試験結果2 >



< 試験結果3 >



< 試験結果4 >

