

# 高濃度対応パーティクルカウンタ 可測濃度限界の実験1. 2. 3

こんな経験はありませんか？

測定対象濃度が高くなると、測定値がゼロ(下右写真)に！

同じサンプルなのにこんな現象がおきる

## Dilution

希釈してやるとデータが出てくる



## Nodilution

生のままで測定すると、カウントしない・・・



# 高濃度対応パーティクルカウンタ コインシデンスロスによる可測濃度限界の実験1. 2. 3

パーティクルプラス PP8306（エアリーテクノロジーATH-306同等）の耐濃度実験データを速報する。  
計数損失率10%になる濃度の定量的な確認を行うことが実験目的だったが、達成できなかった。  
しかし、2021年3月までのカタログ値15,000,000/cf(530,000,000/m<sup>3</sup>)での濃度追従能力の確認と、定性的な濃度追従限界（それ以上ではサチるレベル）を想定できるデータを得た=実験1-page4  
2021年実験2(page 6~9)および、実験3(page10)にあるように、実験値 $\div$ 理論値（page8,9を確認したので 30,000,000/cf(1,060,000,000m<sup>3</sup>）にカタログデータを改定した。



ATH-306



**PARTICLES**  
PLUS®

水野真人 株式会社パーティクルプラス

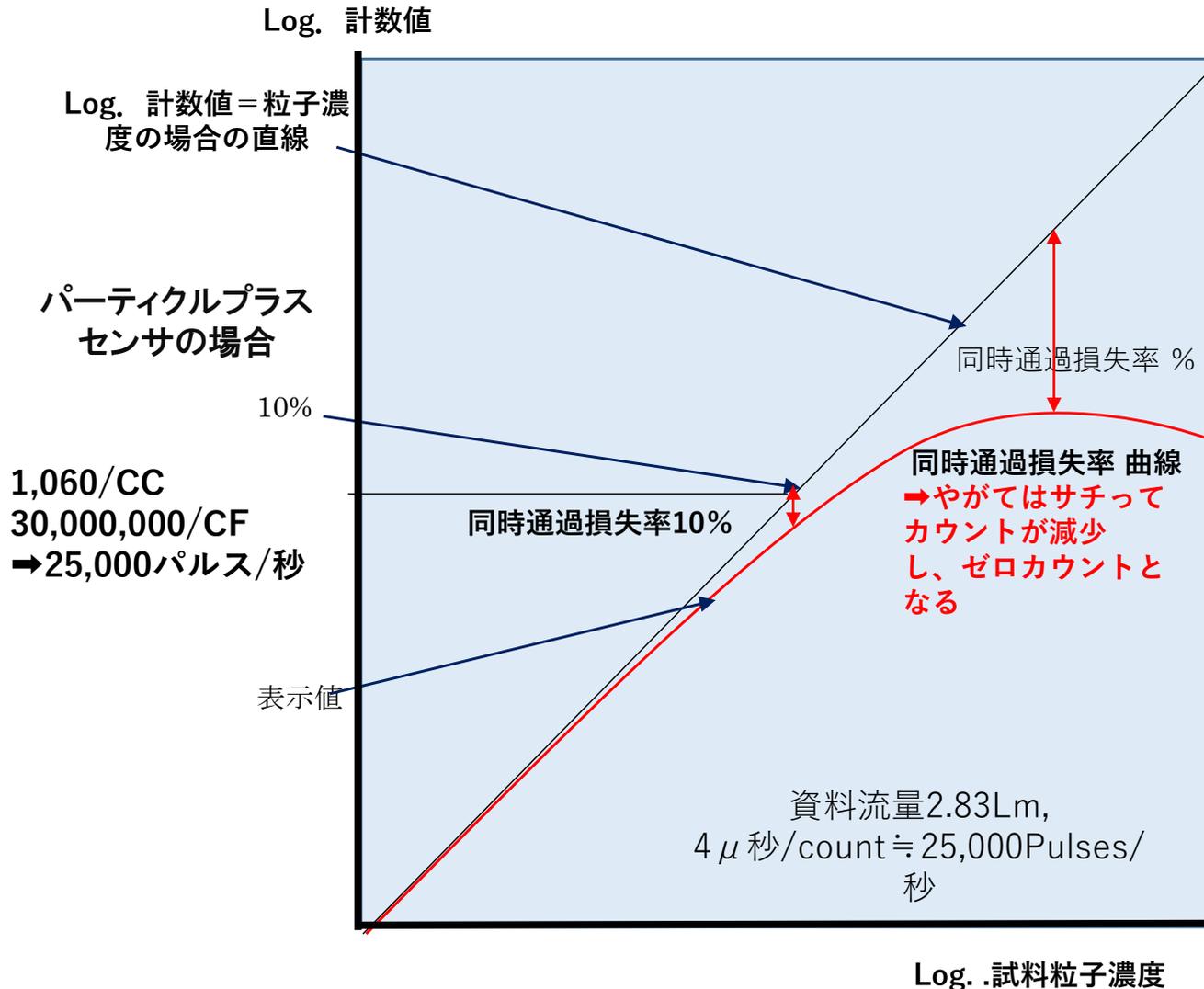
電話:03-6274-8308 FAX:03-6274-8309

E-mail: [masato.mizuno@particlesplus.com](mailto:masato.mizuno@particlesplus.com)



PP8306

# 最大可測濃度—同時通過損失について



パーティクルカウンタは、粒子検出領域（サンプルローとレーザービームの交差領域）では、ある通過時間の中で、その空間にある粒子は1個であるという前提で検出する（そこに粒子がいるのか、いないのか）。

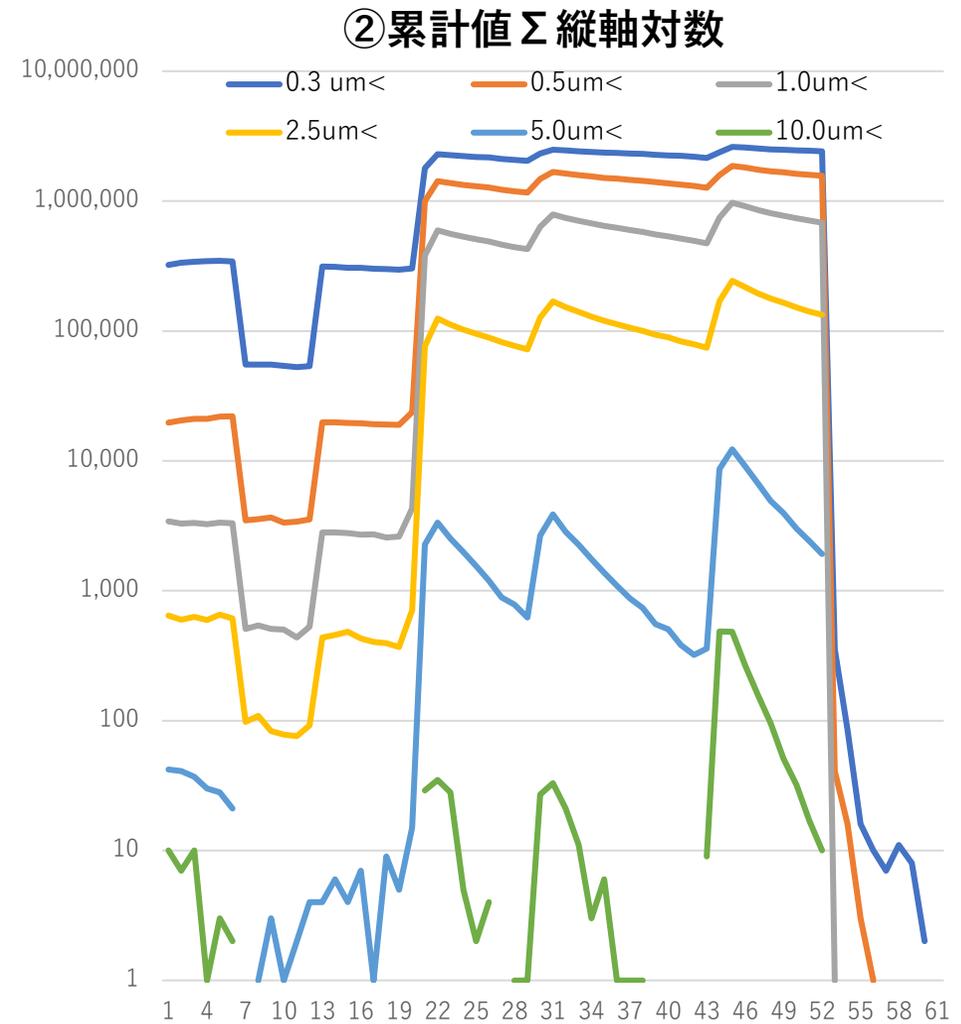
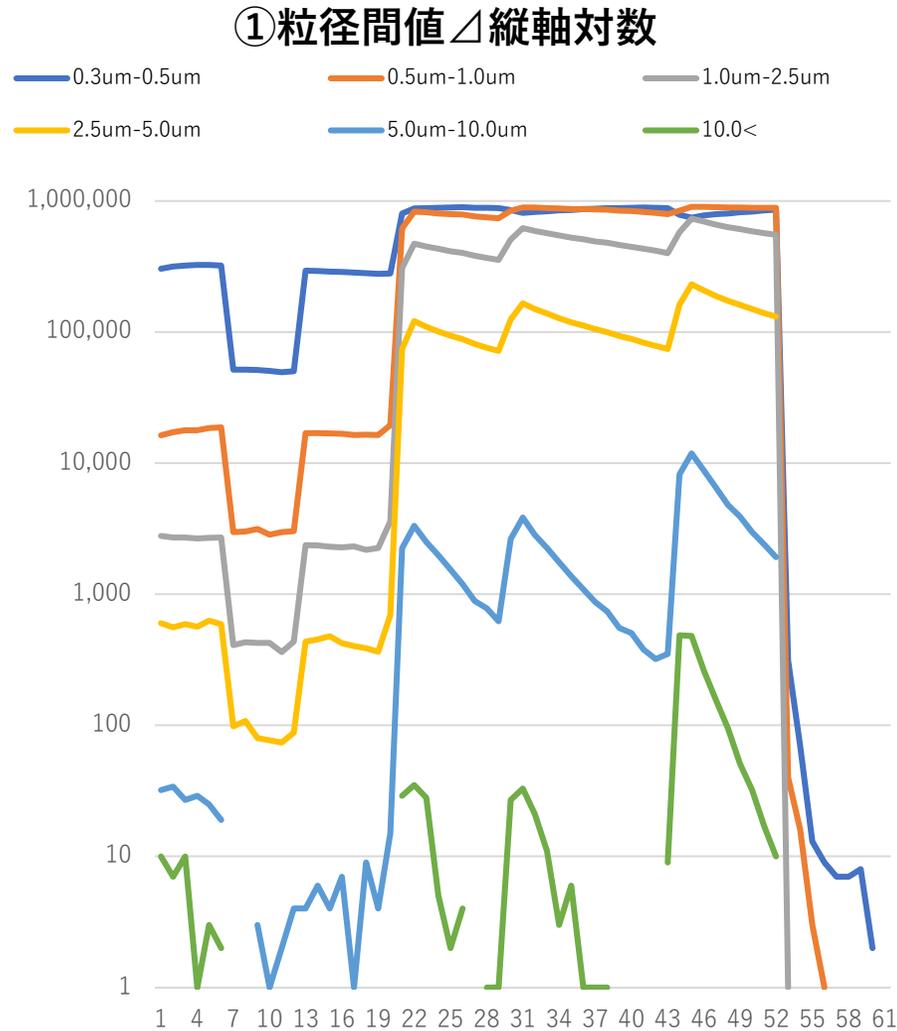
流路・レーザービームの作る容積を、どれだけの流速で通過することを、受光側が許容する（信号処理能力）かにより対応濃度は決まるが、濃度が高くなり、検出領域に複数の粒子が同時に入ってきた場合、複数の粒子からのパルスが重なり、一つのパルスとして受光素子が判断することがある。ある計数值以上は示さなくなる。これを同時通過損失という。浮遊粒子の空間分布はランダムであり、サンプリングされる粒子の確率はポアソン分布に従う。

この場合、同時通過損失率  $L$  は以下の式により求まる

$$L = 1 - \exp(-q \times t \times c)$$

ここで、 $q$  は試料空気流量、 $t$  は粒子が検出領域を通過する時間 + 信号処理時間、 $c$  は試料粒子濃度である。最大粒子個数濃度における同時通過損失は 10% 以内でなければならない

# 高濃度実験-1データ by PP8306 page-1



縦軸を対数目盛としたグラフ (0.1CF)

# 高濃度実験-1の考察

## 条件

- 4m<sup>3</sup>の閉鎖ブース内にオイル噴霧器によりオイル（水溶性）を噴霧。室温、湿度40%、測定高0.8m
  - 測定時間1回1分、ホールドなし連続測定
  - シリンダによるオイル噴霧 / カットを3回繰り返し（3回目は、2シリンダとして噴霧量を2倍にした）
- 使用したパーティクルカウンタ パーティクルプラスPP8306 仕様（エアリーテクノロジーATH-306同等）  
 最小可測粒径0.3um/粒径チャンネル6段階（0.3um/0.5um/1.0um/2.5um/5.0um/10.0um）/流量0.1cfm（2.83Lm）  
 最大可測濃度 1,500,000/0.1CF（15,000,000/CF）にて計数損失10%以内

**実験目的：** PP8306の最大可測濃度理論値 15,000,000/CF（2020年10月時点）を実際の高濃度サンプル（水溶性オイル）にて確認する

## 簡単な考察：

- 1 グラフ①は粒径間値を、②は累計数を一般的な縦軸対数にプロットしてある。グラフにしてしまうと、一見、高濃度まで対応しているように見えるが、0.5umで1,500,000/0.1cfに達し、本来0.3umはそれよりもはるかに多く検出されなければならないものが、あまり伸びていないことがわかる。
  4. グラフ①の粒径間値を縦軸対数にプロットしたグラフからは、0.3~0.5umは0.5~1.0umと同等（潰れて）であり、かつ噴霧量を2倍にした時点で逆転している。これは明らかにコインシデンスによる計数損失が非常に大きいことを示している。
    - ➡ よって① 8306の最大可測濃度理論値 15,000,000/CF以上と概略認識できる。
    - ② 濃度の増減に対応できる限界は、この実験の0.5umで見た場合、定性的に言えば、22,000,000~23,000,000/1cfカウント程度と考える。
- 粒子数の絶対値を相対比較する今回実験からは「理論計数損失率10%以内」の検証はできなかった）

これは実験2（page8）で検証する

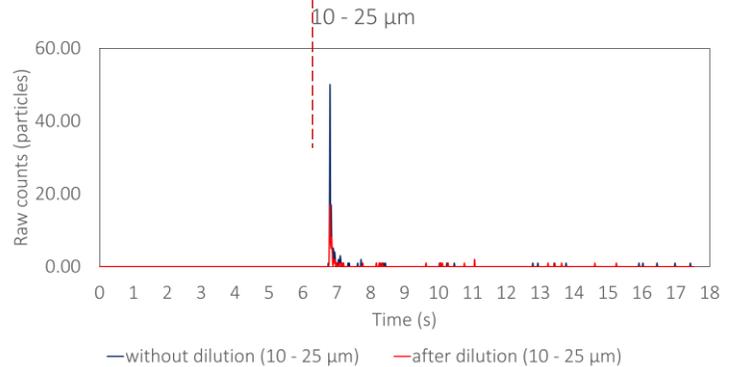
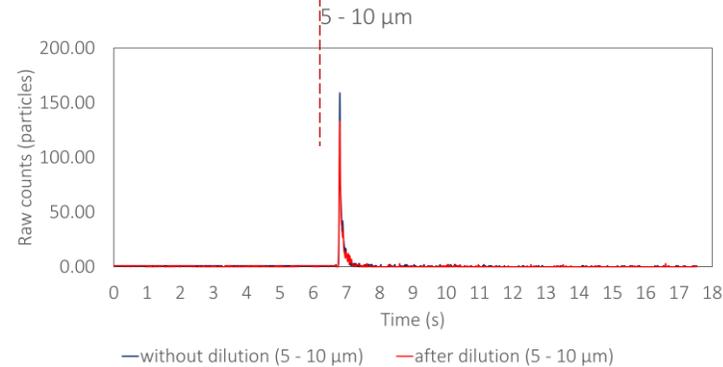
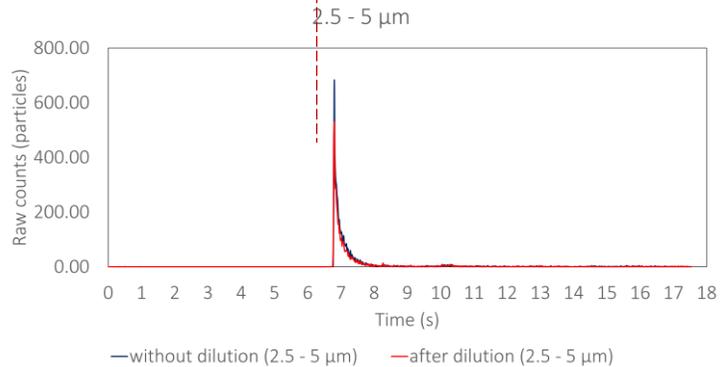
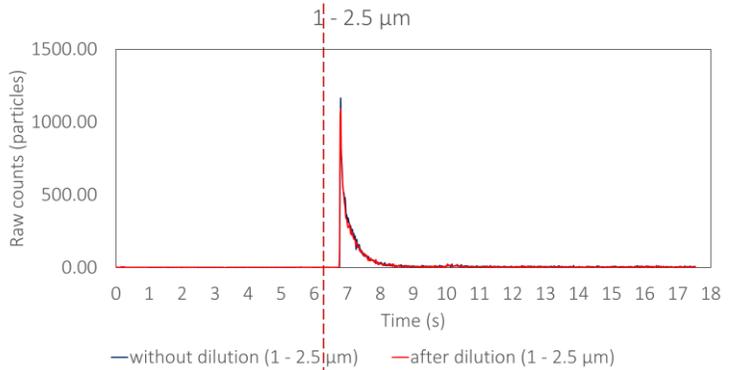
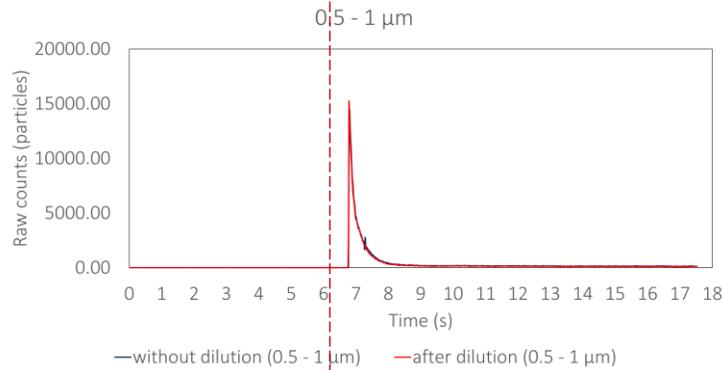
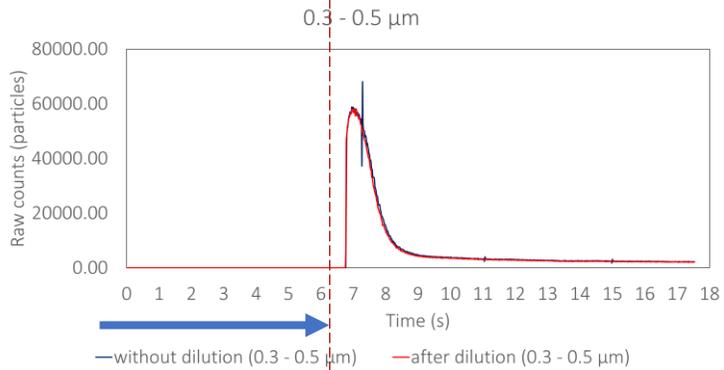
# 高濃度対応試験 2 タイ国での線香の煙による希釈実験(約1cfの箱)

Extinguish

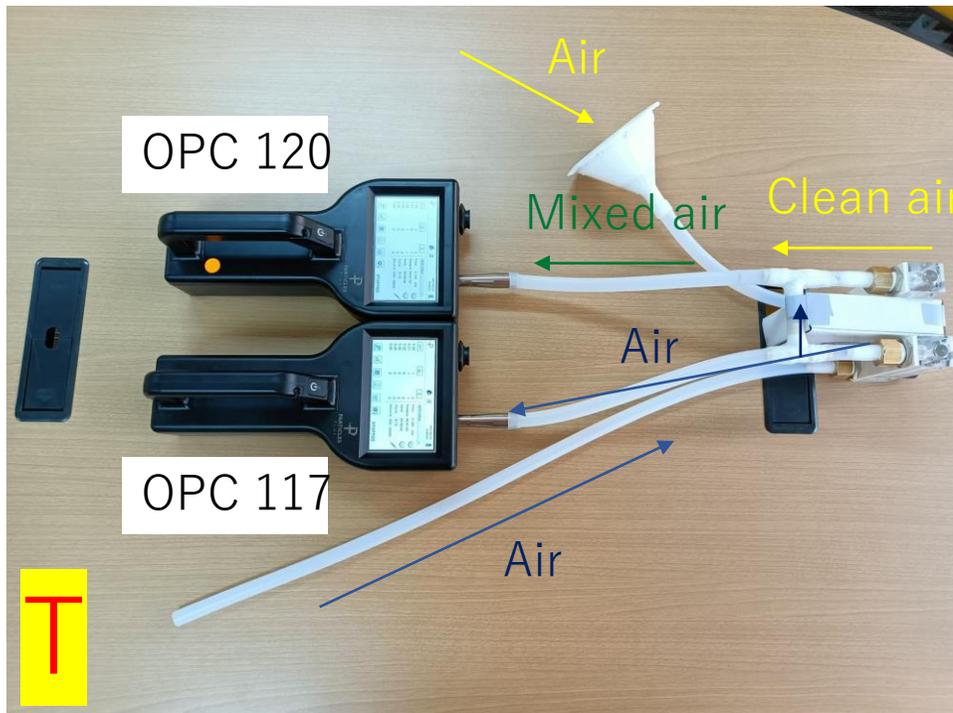
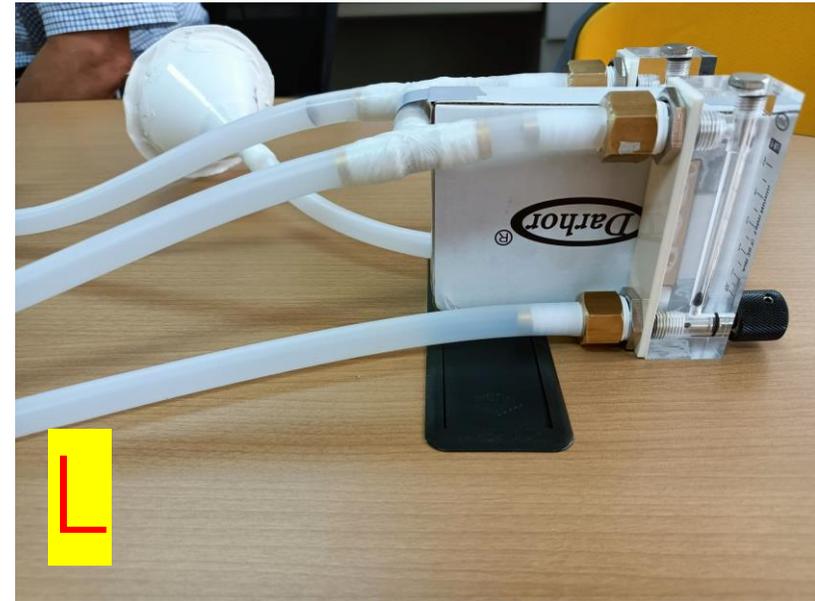
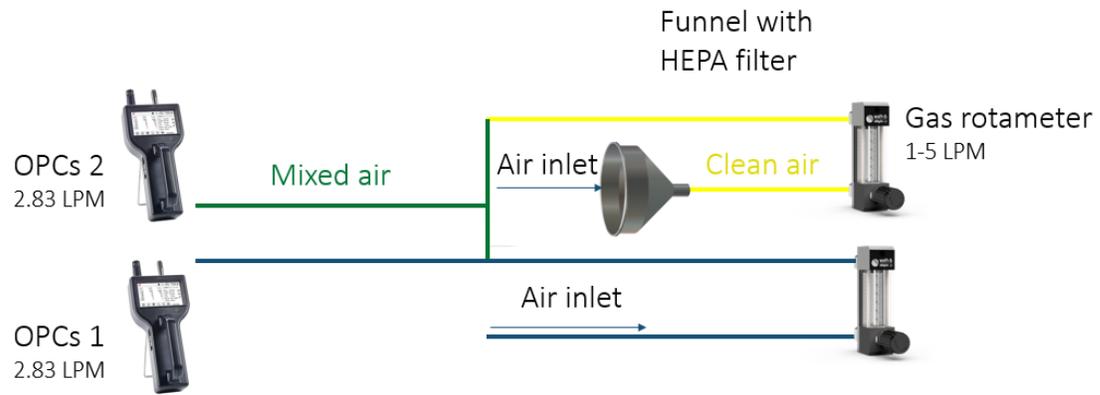
Extinguish

Extinguish

生測定 = サチっている(1~6秒)後、希釈するとカウントが始まり、やがてゼロに落ち着く



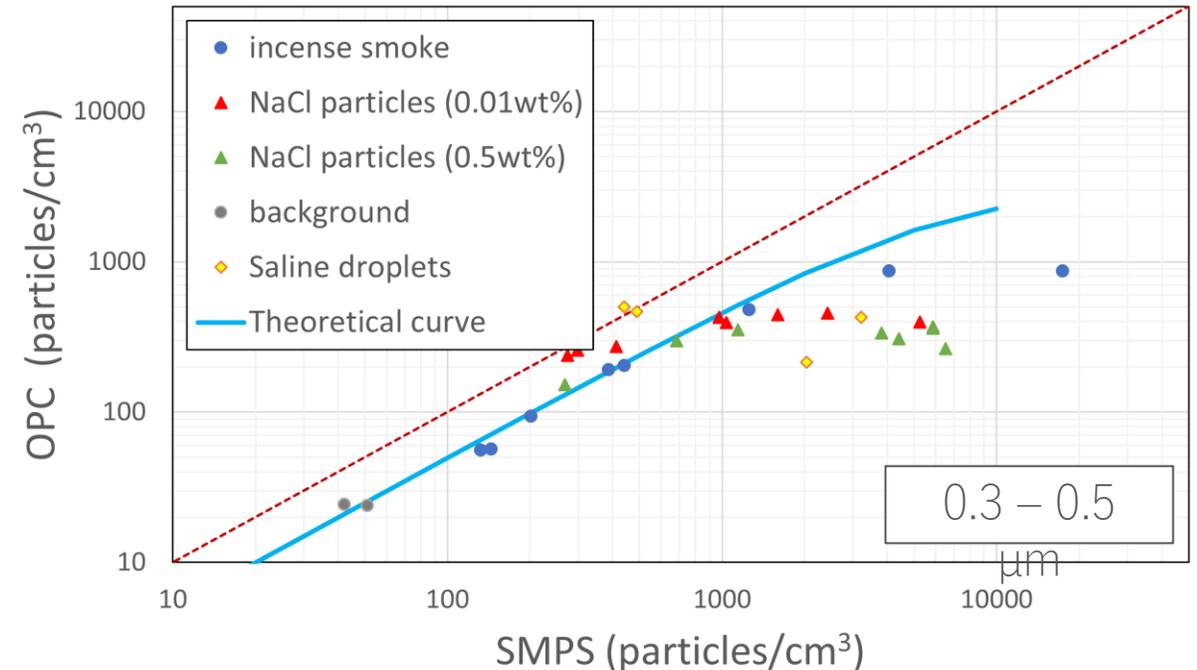
# 希釈実験系



## Coincidence loss based on Poisson distribution

$$\frac{N_i}{N_t} = \frac{1 - e^{-N_t Q_s t_d}}{N_t Q_s t_d}$$

$N_i$  = Number concentration measured by OPC  
 $N_t$  = Number concentration measured by SMPS  
 $Q_s$  = Sampling flowrate = 2.83 LPM  
 $t_d$  = Dead time = 4  $\mu$ s



Theoretical curve well describes the experimental data. => this line can be used to predict coincidence loss.

The concentration at 10% coincidence loss is 1,137  $\text{cm}^{-3}$ .  
となり、理論値(1,060/cc)とおおむね一致する

# 比較実験系

## Saline droplets and NaCl particles

Saline solution  
(0.01, 0.5wt% NaCl)



Humidifier

Saline droplets

Diffusion dryer



### SMPS setting

- Aerosol flowrate (DMA) 0.3 LPM
- Sheath air flowrate (DMA) 3 LPM
- CPC flowrate 0.3 LPM
- Scanning time 2 min
- Detectable size range  
0.014-0.662  $\mu\text{m}$

SMPS



NaCl particles

OPC  
Upstream

### OPC setting

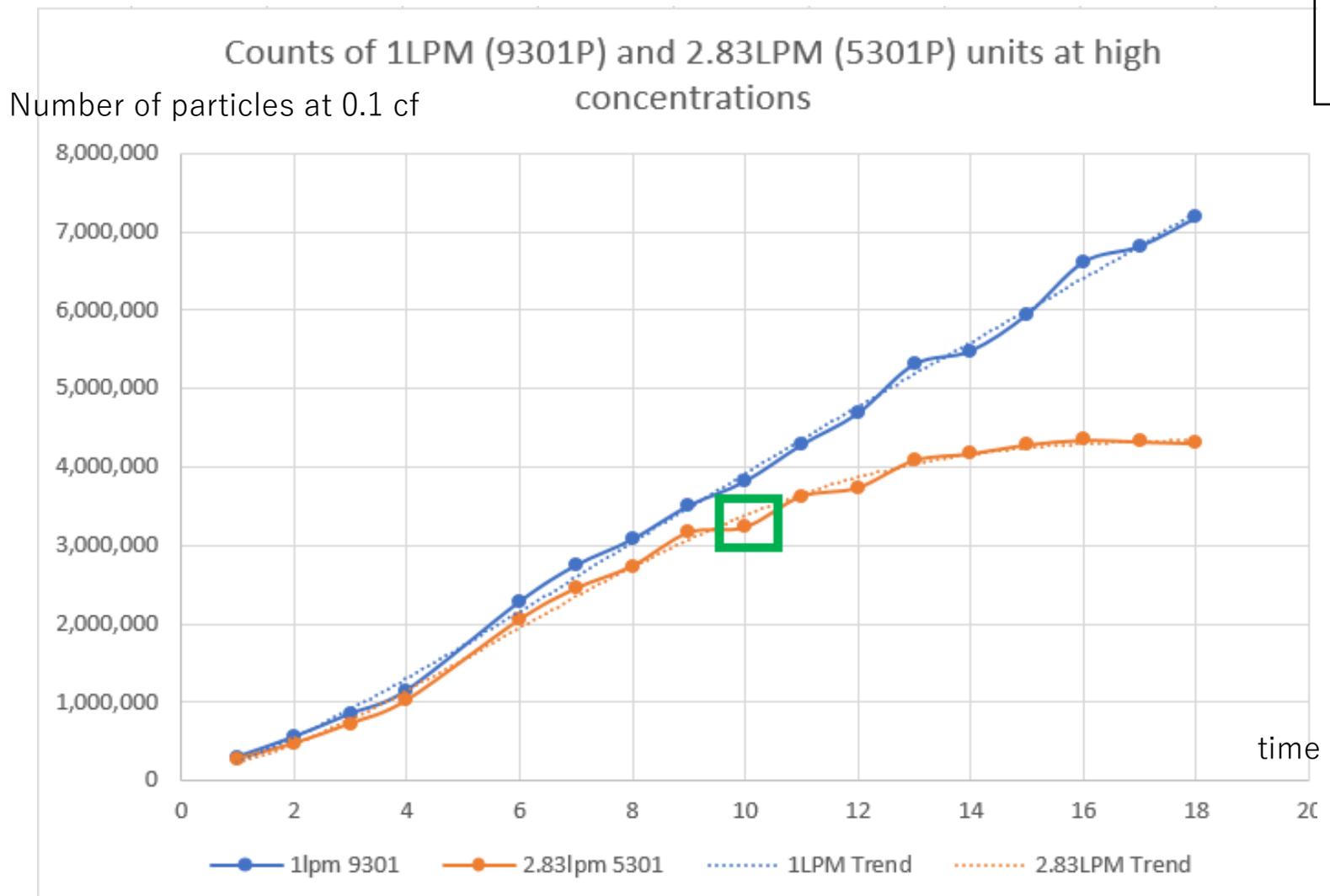
- Sampling flowrate 2.83 LPM
- Sampling time 2 min
- Detectable size range  
0.3-25  $\mu\text{m}$

OPC  
Downstream



# 高濃度対応試験—3 (単分散粒子の逐次添加)

小型のチャンバ内にPSL (0.3um)を逐次添加し続けた場合の2台OPCの同時測定データ (左軸 /0.1cf)



2.83Lmセンサ (5,000、7,000、8,000シリーズ共通) は4,000,000 /cf 近辺で飽和状態のように見えるが、1.0Lmセンサ (2.83Lmモデルとは流路系異なる) は順調に計数していることがわかる

このグラフからは、2.83Lmモデルの最大可測濃度は30,000,000カウント /cfで10%とすべき

最大可測濃度は、前実験(高濃度実験—1 page3,4) よりも高い数値を示している。

実験-3は単分散粒子の添加であること、実験-1ではオイルの完全混合状態の確認ができていなかったことなどの影響があると考えられる。