

バイオエアロゾル (ウイルスやウイルスを含む飛沫)の 研究機器のご紹介



バイオエアロゾルとは

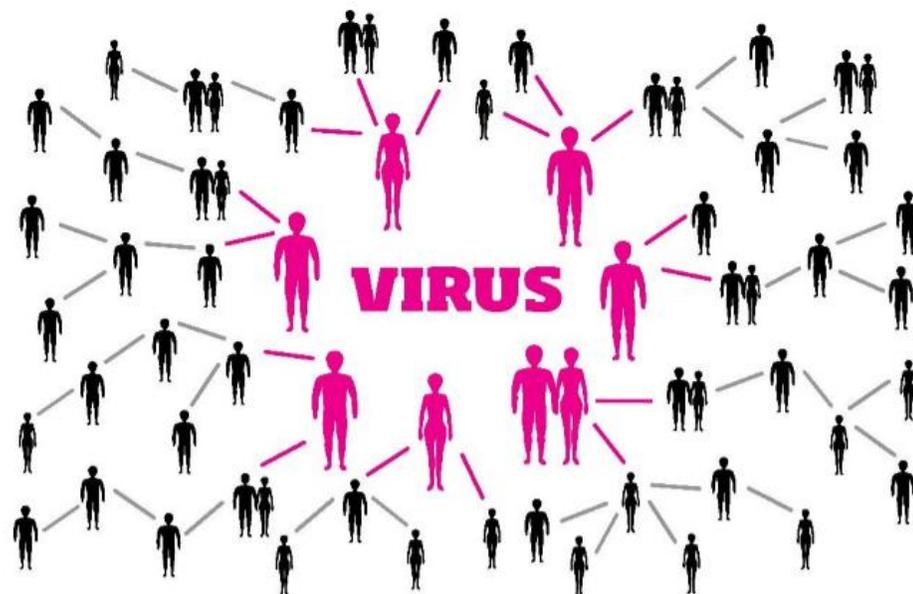
大気中に浮遊し，生物に由来する有機物粒子の総称である。真菌および細菌，ウイルス，花粉，動植物の細胞断片などを含む。特に，真菌と細菌は，ヒト健康や生態系に影響を及ぼすだけでなく，雲形成にも関わる可能性があるため，学術的な関心が高い(エアロゾルペディアより)。

粒子	粒径
ウイルス単体	0.1 μm ※
細菌	1 μm
真菌	5 μm
PM2.5	2.5 μm 以下
ウイルス飛沫 (咳/くしゃみ)	3~5 μm ※
花粉	30 μm

※ 対応の計測装置 P.7~P.16

ウィルス性疾患の蔓延

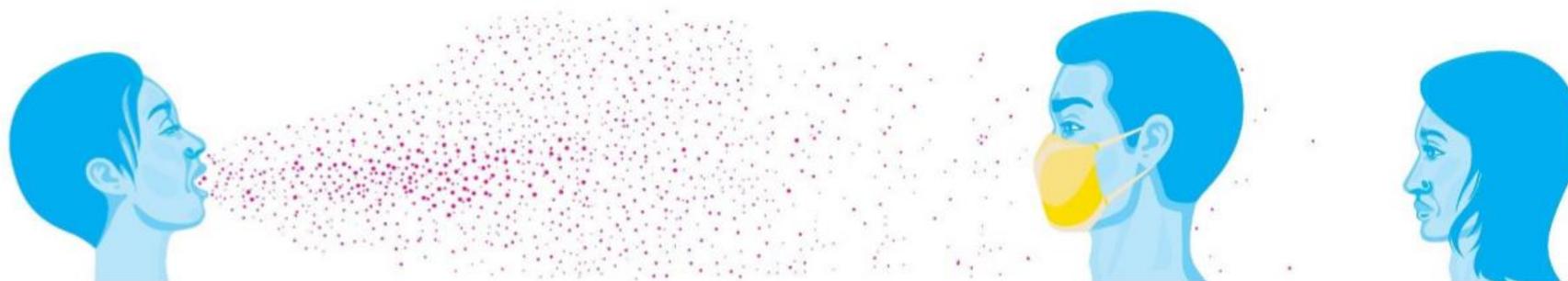
- ウィルス性疾患（インフルエンザ、エボラ、SARS、MERS、COVID-19）は人的および経済的に莫大な費用がかかる。
(例えば、米国におけるインフルエンザの年間経済的負担は**112億ドル**(Putri *et al.* 2018))
- ウィルス感染に関する研究は公衆衛生の改善を目的としている。



ウイルスの移動

- ウイルスは感染した人から排出される
- ウイルスは飛沫やエアロゾルとして浮遊し広がる
- 感染者に接触した人から人へと広がりやすい（例えば、医療従事者）

➡このような輸送を調査する技術はあるのか？

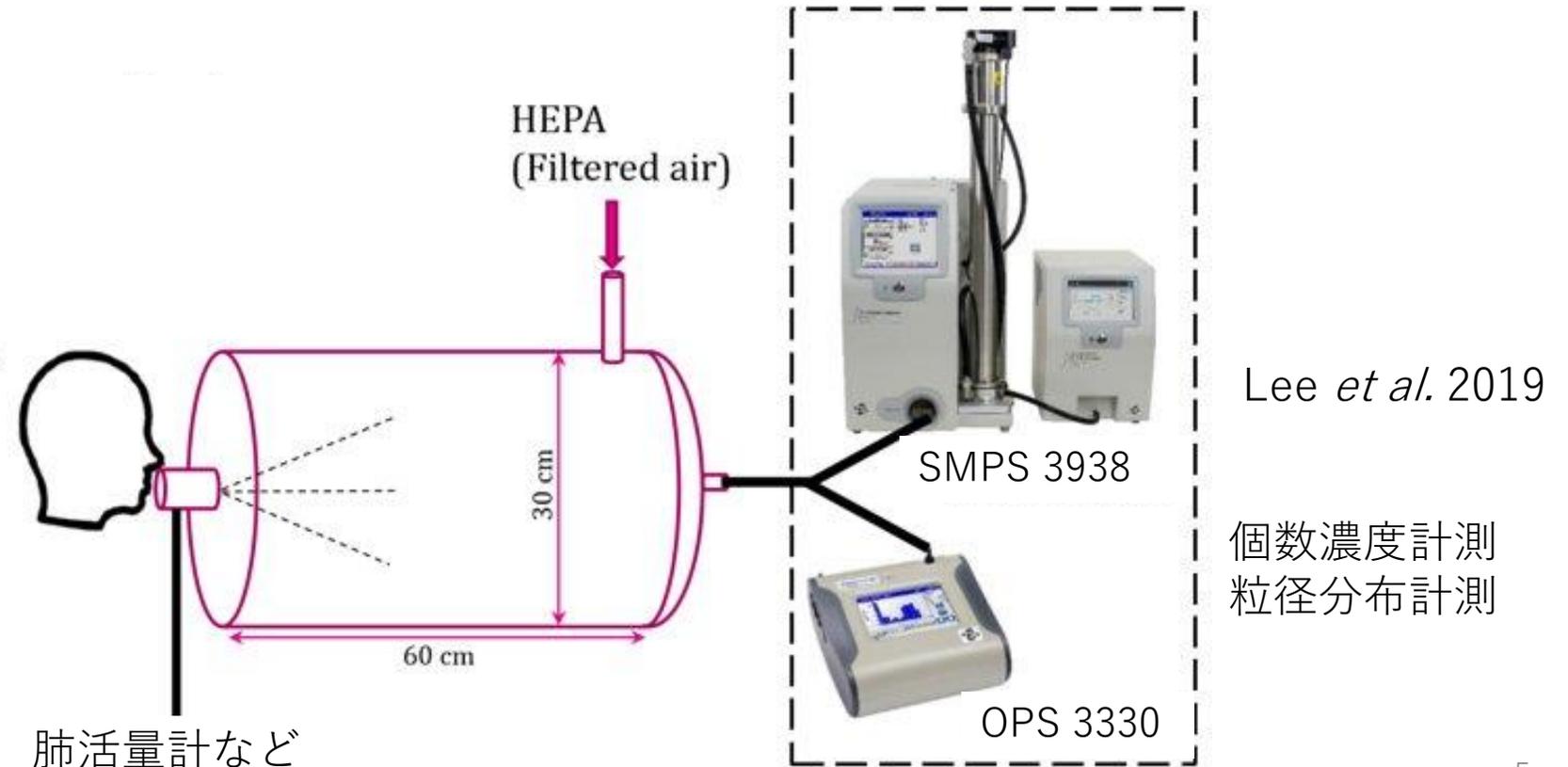


呼吸飛沫の計測①

- 人より咳、くしゃみ、話す、呼吸などの行為で飛沫が発生される。
(液滴とエアロゾルは、病気の輸送と考えられる感染の既知のメカニズムである(Tellier *et al.* 2019))

飛沫計測には以下が
頻繁に使用される

- 咳などを吸入する
チャンバ
- APS 3321
- SMPS 3938
- OPS 3330
- PIVなど



呼吸飛沫の計測②

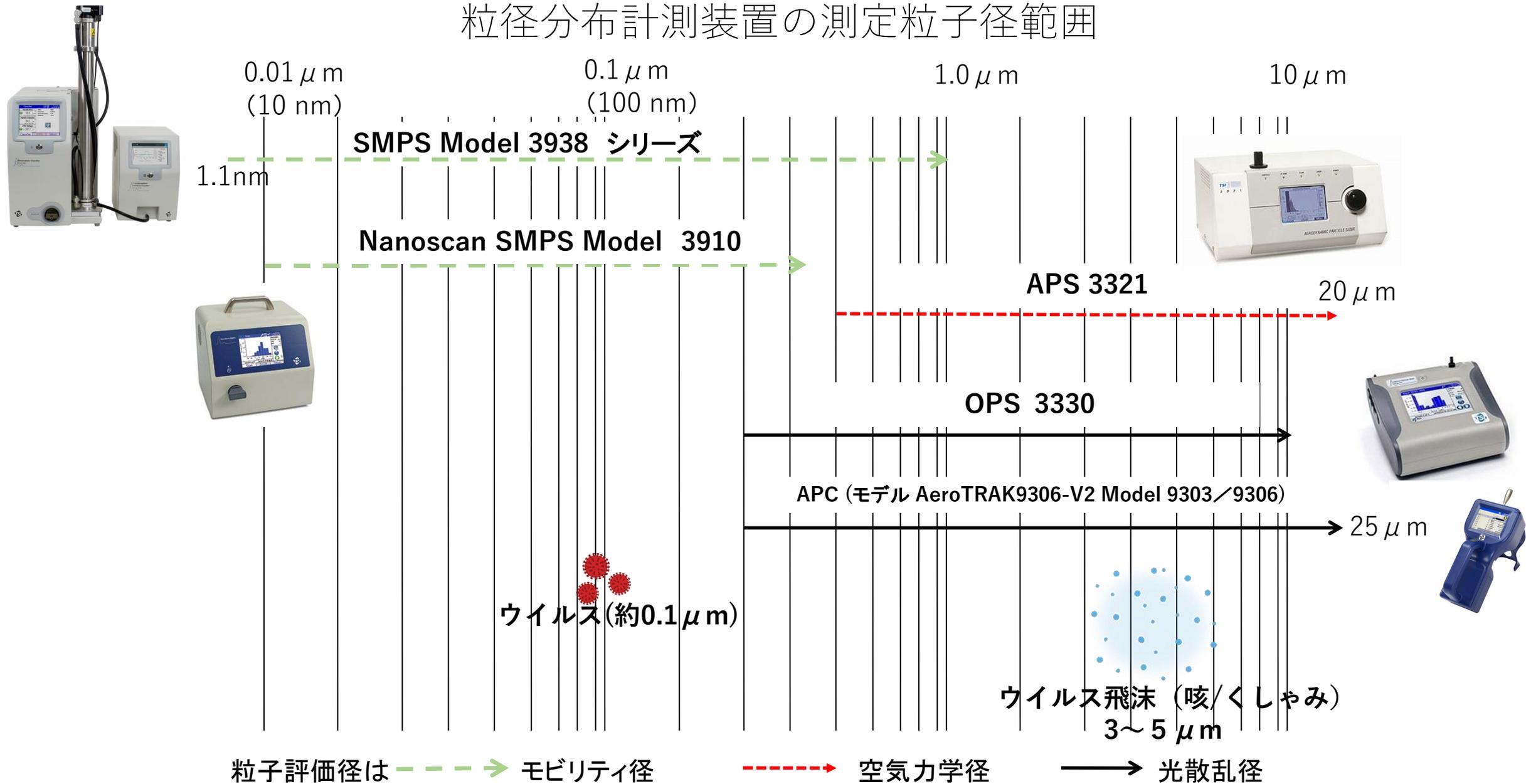
- 米国陸軍の研究施設では、液滴をくしゃみで発生させ、APS 3321でその特徴を調査している

(米国FOX NEWS：エボラ治療研究、新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)およびCOVID-19ワクチン研究報道の一幕 2020年3月30日)



<https://www.foxnews.com/health/army-ebola-treatment-coronavirus-vaccine-sought>

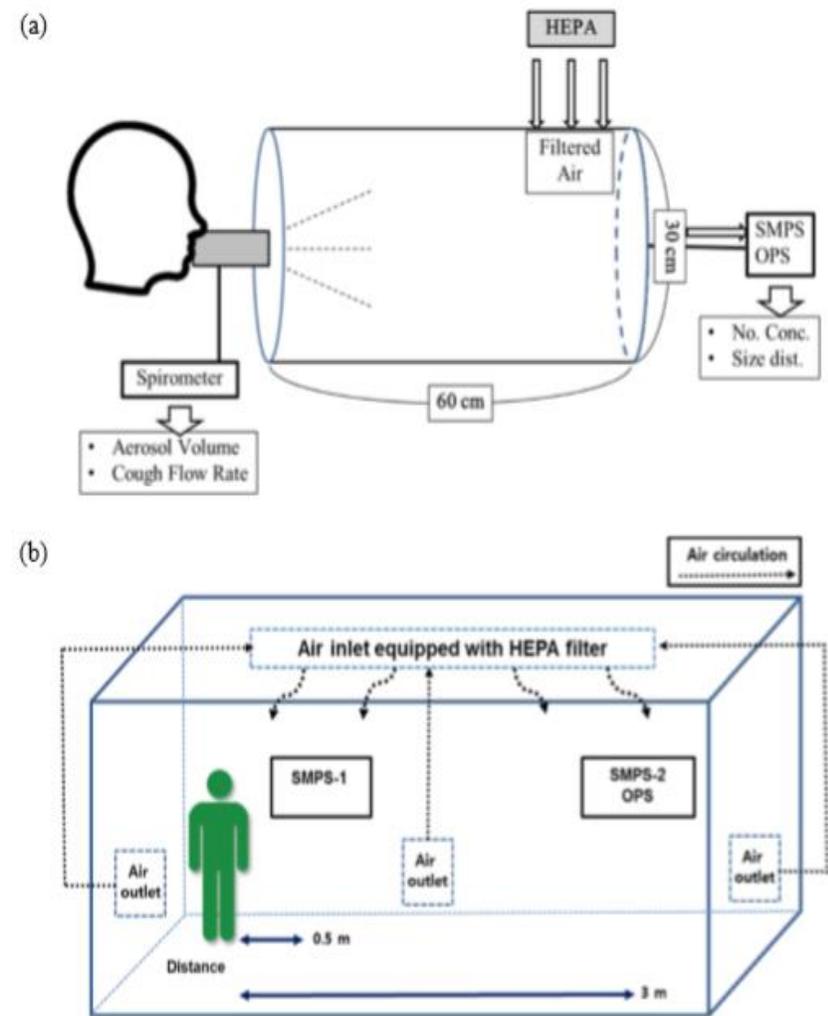
粒径分布計測装置の測定粒子径範囲



Quantity, Size Distribution, and Characteristics of Cough-generated Aerosol Produced by Patients with an Upper Respiratory Tract Infection

Jinho Lee¹, Danbi Yoo¹, Seunghun Ryu¹, Seunghon Ham², Kiyong Lee^{1,3}, Myoungsok Yeo⁴,
Kyoungbok Min⁵, Chungsik Yoon^{1,3*}

上部呼吸域感染を持つ患者による
生成された咳発生したエアロゾルの量、
サイズ配布、および特徴
(SMPS/OPS計測)



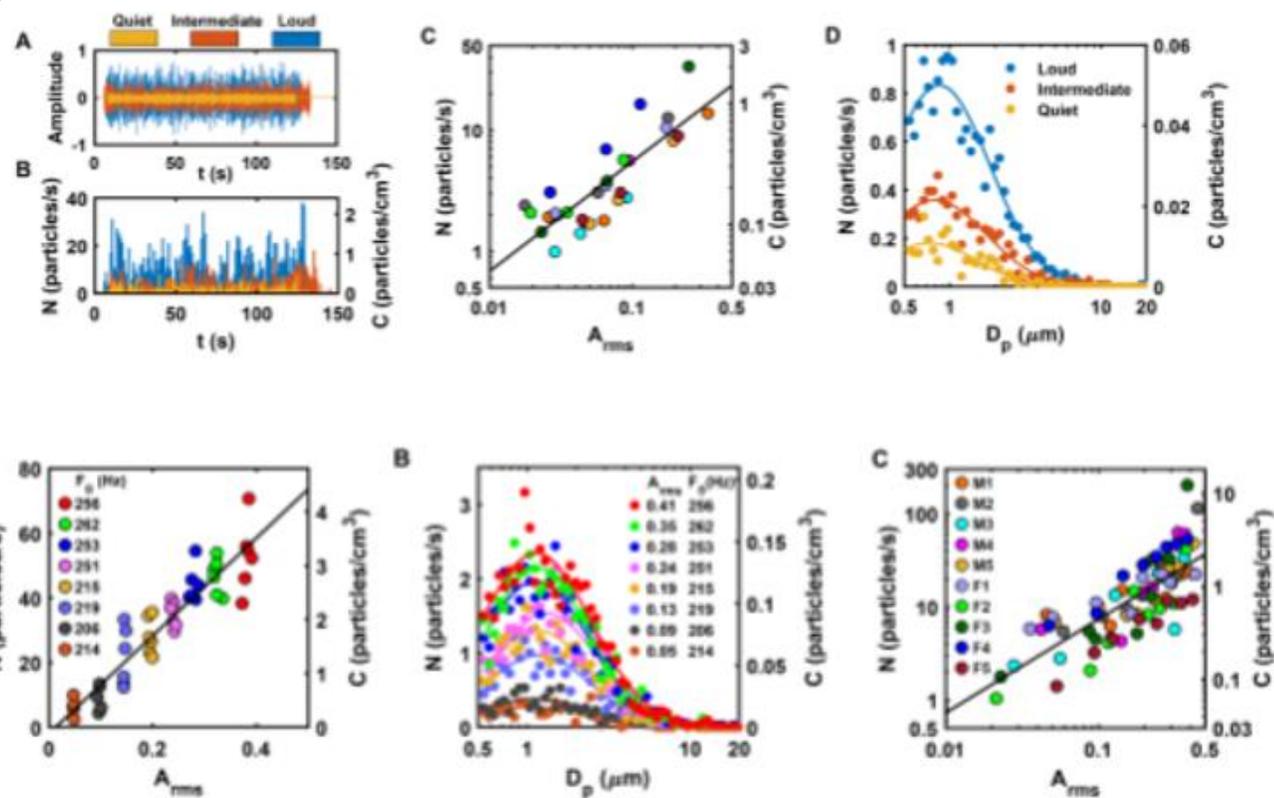
論文より抜粋

Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness

sima Asadi¹, Anthony s. Wexler^{2,3,4,5}, Christopher D. Cappa⁴, santiago Barreda⁶, Nicole M. Bouvier^{7,8} & William D. Ristenpart¹

声の大きさとエアロゾル濃度が比例関係で増えることや
その際の粒径分布を測定

スピーチ間のエアロゾルエミッション
とスーパーエミッションは声大きさに
よって増大する (APS3321計測)



論文より抜粋



UNDERSTANDING, ACCELERATED

粒径分布計測

ナノサイズ～サブミクロン



Nanoscan SMPS 3910
粒径範囲 10 nm~420 nm

モビリティ径



SMPS(DMA+CPC)シリーズ
粒径範囲 1.1 nm~1 μ m
※モデルにより異なる

モビリティ径

サブミクロン～ミクロン



APS 3321
粒径範囲 0.5~20 μ m

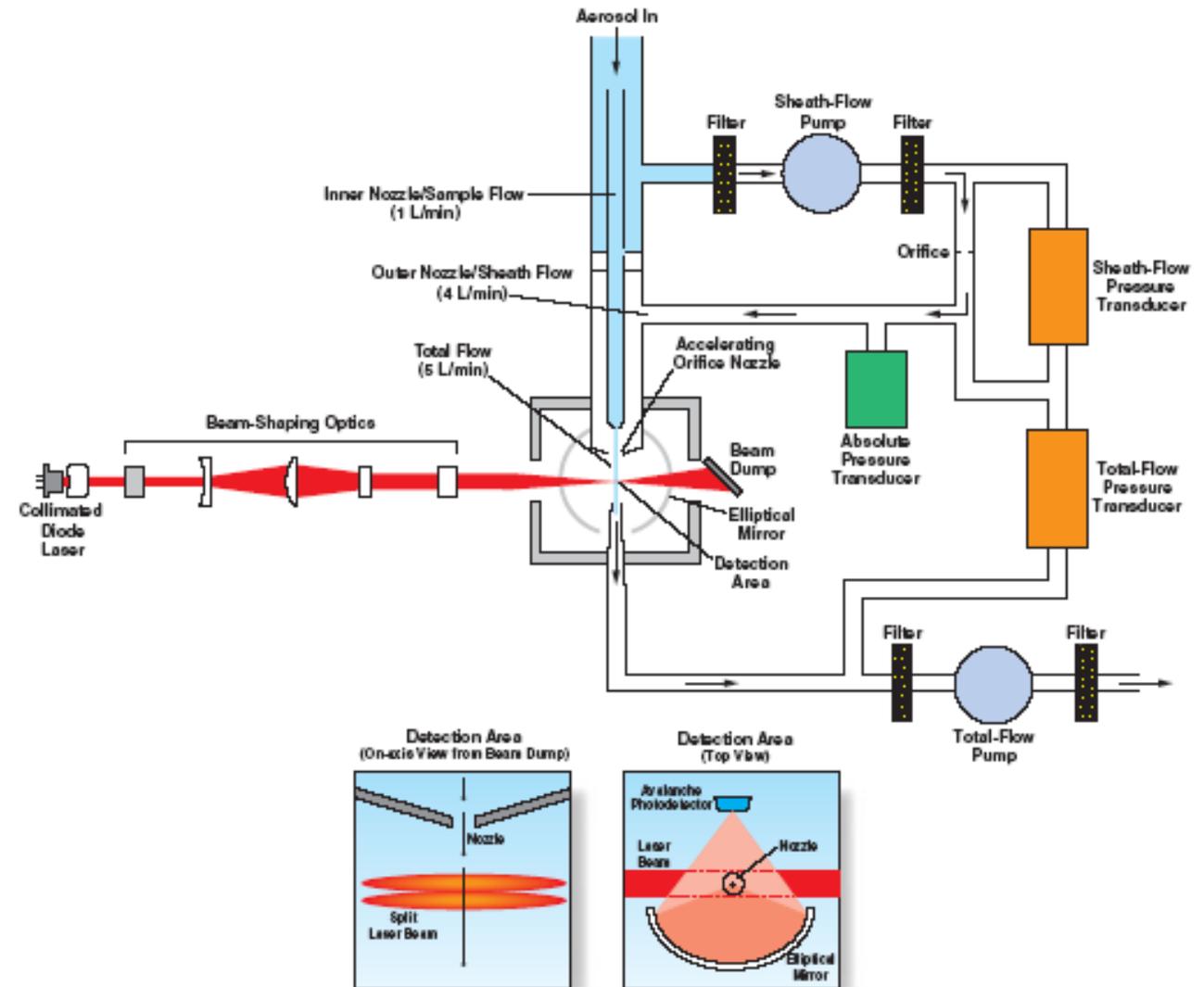
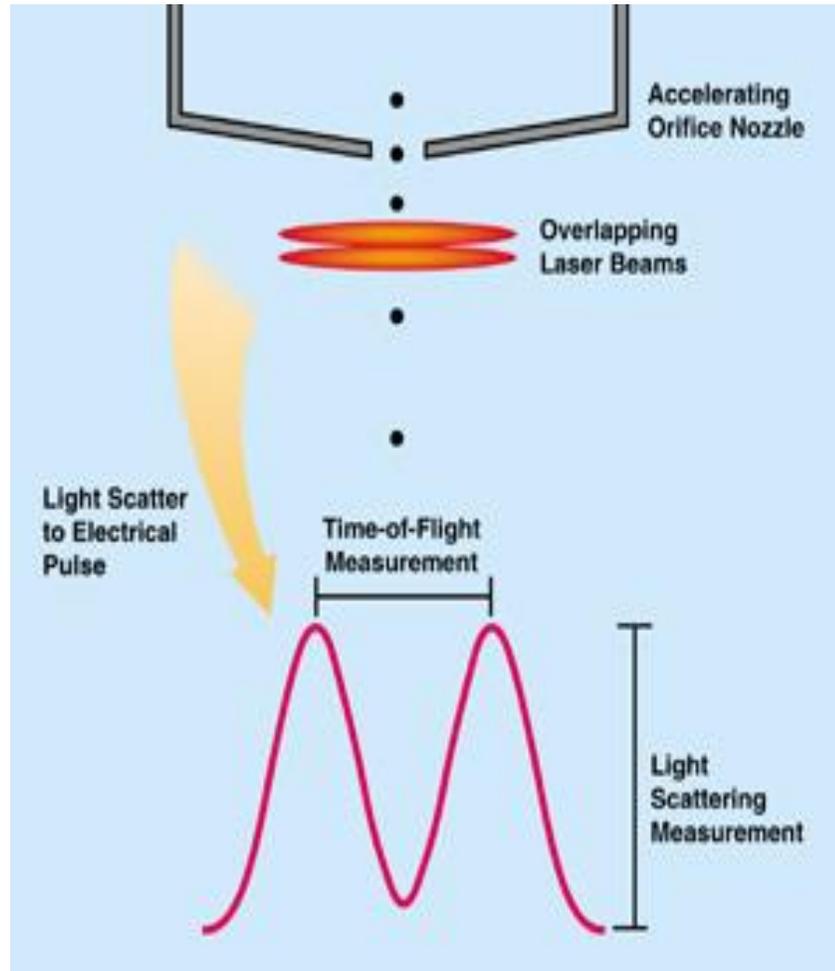
空気動力学径



OPS 3330
粒径範囲 0.3 μ m~10 μ m

光散乱径

空気力学径評価装置 APS3321測定原理 ～呼吸器への影響を測定するのに最適～





UNDERSTANDING, ACCELERATED

ナノ粒子個数計測 (CPC)

DMAと組み合わせることにより
SMPSとして使用可能

ハンディータイプ



CPC 3007

粒径範囲: 10 nm ~ 1 μm
対応濃度: 0 ~ 10⁵個/cm³

凝縮液: イソプロパノール

標準モデル



CPC 3750

7 nm ~ 3 μm
0 ~ 10⁵個/cm³

ブタノール

高濃度対応モデル



CPC 3752

4 nm ~ 3 μm
0 ~ 10⁷個/cm³

ブタノール

2.5nm対応



CPC 3756

2.5 nm ~ 3 μm
0 ~ 10⁵個/cm³

ブタノール



CPC 3789

2.2 or 7 nm ~ 1 μm
0 ~ 3 × 10⁵個/cm³

水

粒子捕集

コロラド大学ボルダー校の研究室では
通常のコロナウイルスを培養し新型コロナウイルスと仮定し、
どのように空気中に挙動しているか？
どのように空気中や表面のコロナウイルスを抑えることが出来るか？
を研究している。

粒子発生にはネブライザー（**エアロゾル発生器**）を使用。

粒子捕集もしており、ADI社の**BioSpot-VIVAS™ Sampler**を使用している。

（CBSNメンバーのニュース 2020年5月報道）



<https://aerosoldevices.com/2020/05/11/biospot-vivas-used-in-coronavirus-research/>

粒子捕集

バイオエアロゾルサンプラー Series 300 BioSpotVIVAS™ Sampler



- ・ 浮遊ウイルスなどの微小なバイオエアロゾル (5 nm~10 μm) を最大90%捕集可能
- ・ サンプルを液体に濃縮捕集させて生存率を維持
- ・ ゲノム解析のためのDNA/RNAの即時保存

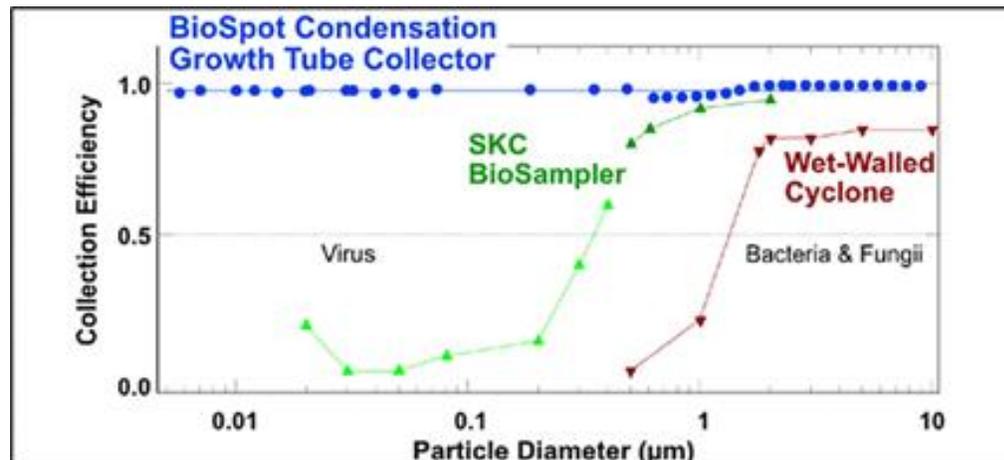


図1. 捕集装置毎の粒径別捕集効率

(Hogan et al. 2005, Willeke et al. 1998, Mcfarland et al. 2010, and Lendnicky et al. 2016)

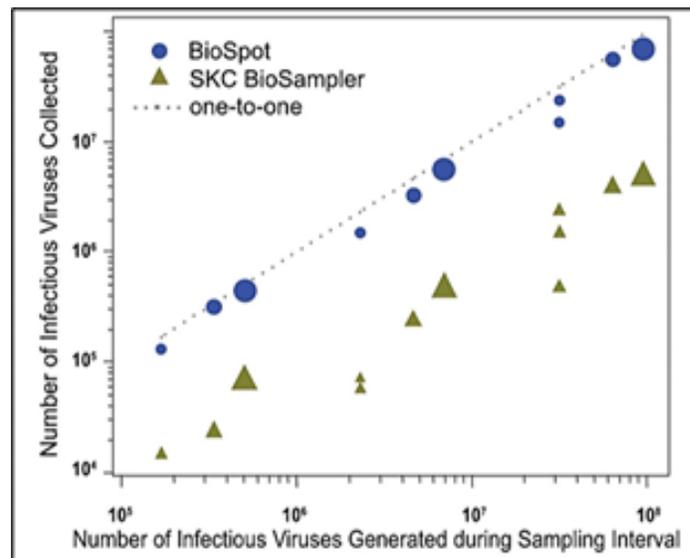


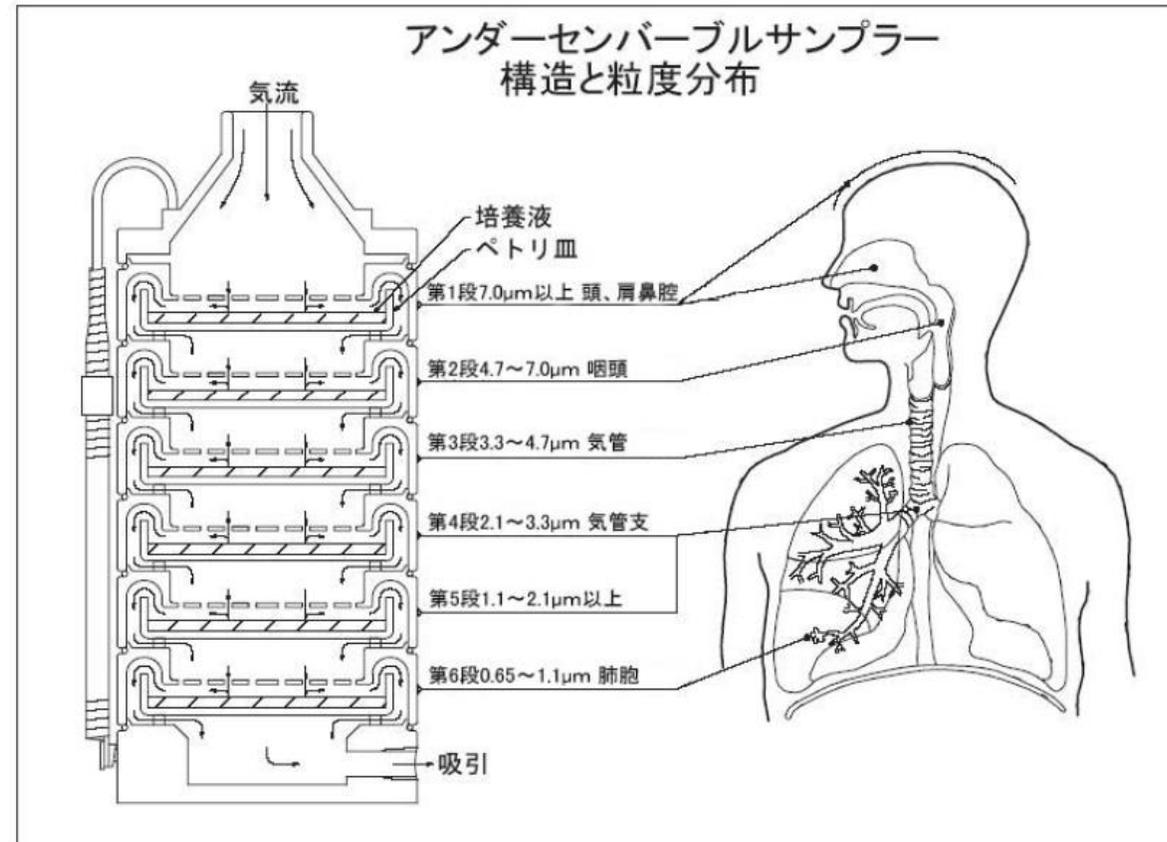
図2. インフルエンザ H1N1ウイルス (2009) 捕集装置毎の、捕集ウイルス数 vs. エアロゾル化ウイルス数 (Lednicky et al. 2016)

粒子捕集 (粒径毎分級捕集)

アンダーセンバーブルサンプラーAV-100

ウイルスを含む飛沫、バクテリア、細菌類、花粉等のサンプリングに最適

培地に分級捕集して培養することが可能



- 粒径分類:6段階
- 分級範囲 0.65 μ m~7.0 μ m
- 吸引流量:28.3 L/min
- 空気動学的粒径としてエアロゾルの粒度分布測定が可能

エアロゾル発生器

Centered-flow Tangential
Aerosol Generator (CENTAG)

発生粒子サイズ: 3~11 μm
(調整可能)



- バクテリアやウイルスを生存状態で供給可能
- 吸入されやすい粒子サイズを発生可能

* 16ページを参照ください。

ブロースタインアトマイザー
(BLAM)

発生粒子サイズ: 約0.1~8 μm



- バクテリアエアロゾルの生存率を向上
- 広範囲の粒子発生

* 16ページを参照ください。

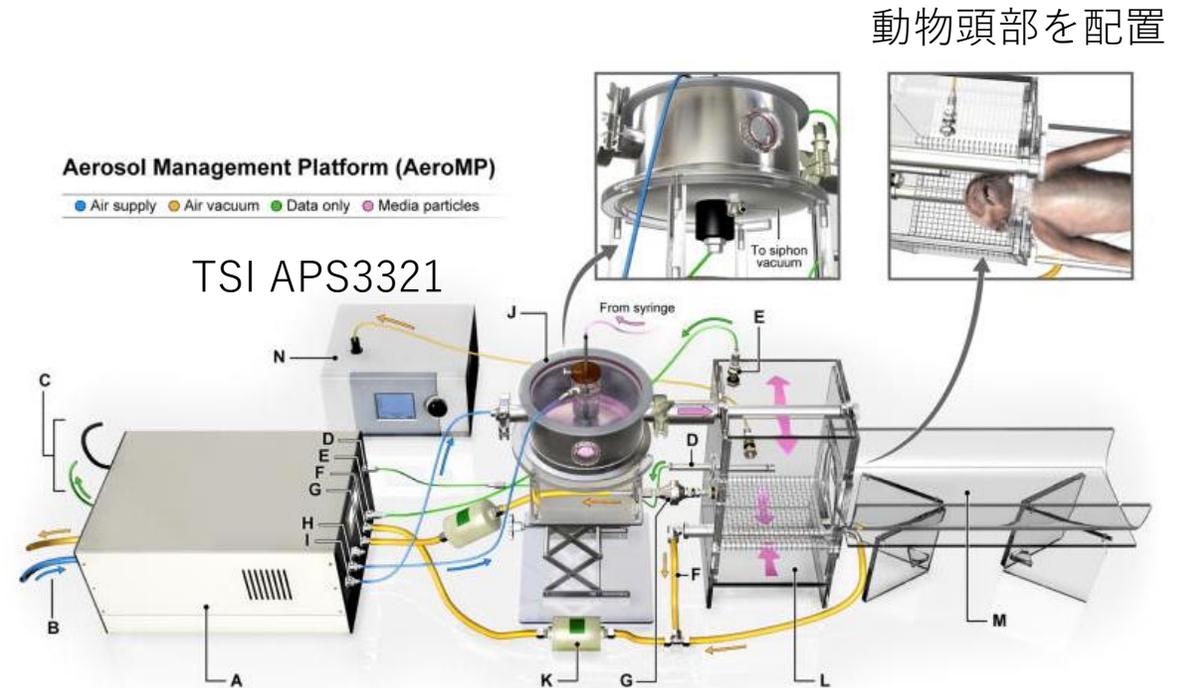
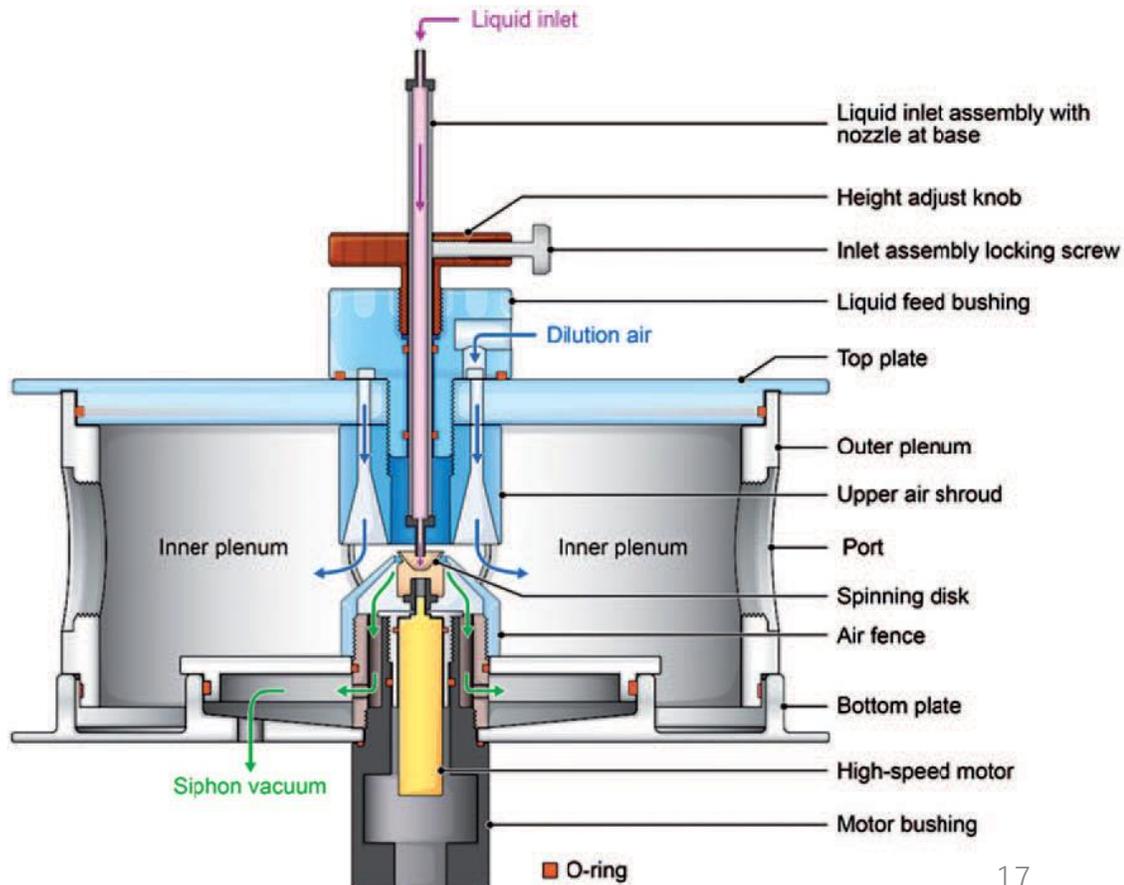
コリゾンネブライザー



- 垂直または水平方向の発生
- 多様な液体の効率的なエアロゾル化
- 広範囲の粒子発生
- 再現可能な標準評価特性
- ジェット数を可変し発生量を制御可能

Centered-flow Tangential Aerosol Generator (CENTAG)使用例

- ウィルスやウィルスを含む飛沫などのエアロゾルを発生させ動物暴露実験に使用
- エアロゾルの粒径分布計測にはTSIのAPS 3321を使用
- 感染性エアロゾル粒子の曝露粒子サイズと誘発された疾患経過との関係を調査できる



Bohannon JK et al. (2015) Inhalation Toxicology, 27(5):247-253

In vitro exposure system for study of aerosolized influenza virus

Hannah M. Creager^{a,b}, Hui Zeng^a, Joanna A. Pulit-Penalosa^a,
Taronna R. Maines^a, Terrence M. Tumpeya^a, Jessica A. Belser^a,

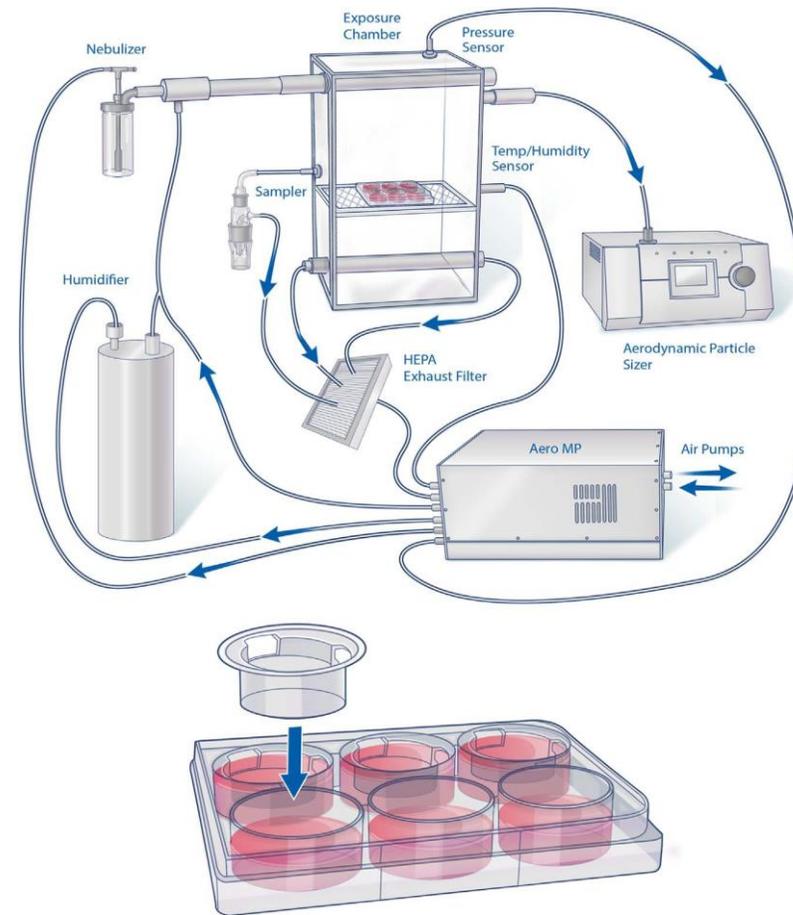
sima Asadi¹, Anthony s. Wexler^{2,3,4,5}, Christopher D. Cappa⁴,
santiago Barreda⁶, Nicole M. Bouvier^{7,8} & William D.
Ristenpart¹

エアロゾル化インフルエンザウイルス 研究のためのin vitro曝露システム

・Biaera社製 曝露チャンバー

・TSI社製APS3321

※呼吸器への影響を見積る上で、
空気力学径によるエアロゾル評価



論文より抜粋

- ・ In vitroでエアロゾル化した病原体と呼吸粘液との相互作用を再現することが可能に。
- ・ ウイルスの生存率コントロール（温度・湿度など）
- ・ エアロゾル接種とin vitro試験の利点、特に特定の細胞型を単離して研究する能力を組み合わせることができれば、公衆衛生の呼吸器病原体の感染能と親和性の理解が深まる

ブロースタインアトマイザー BLAM

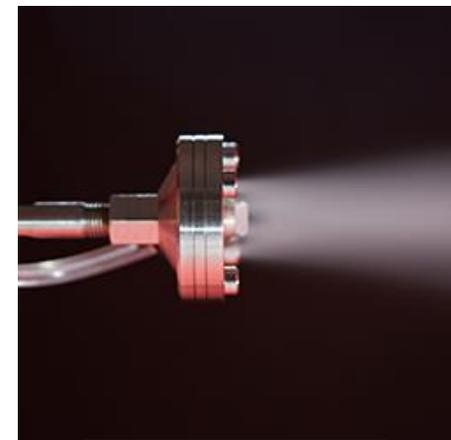
- ワンパスモードとマルチパスモードで発生が可能
- シリンジポンプ等を使用して試験液体を定量的に供給可能
- 垂直に発生するモデル (図①) とより大きな粒子用として水平に発生するモデル (図②) がある



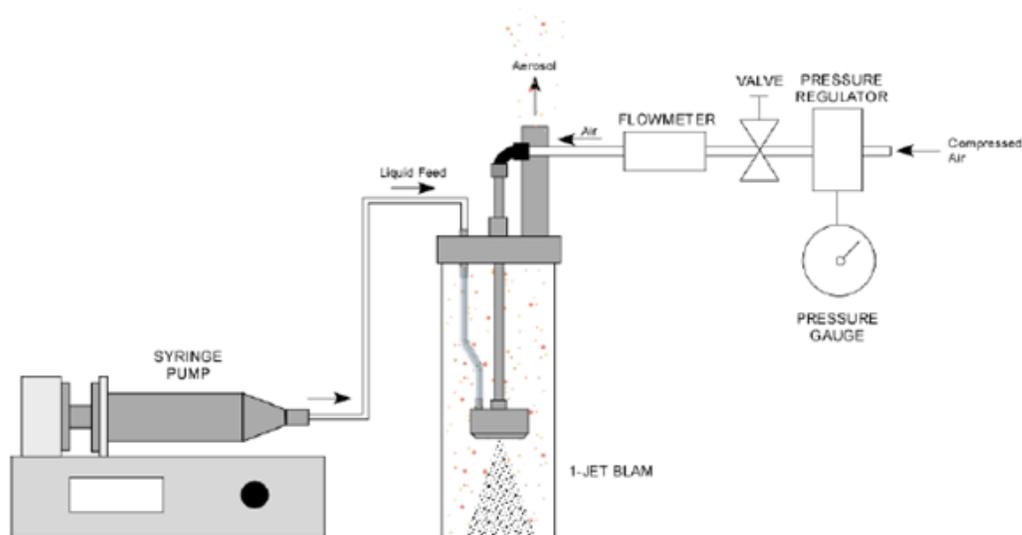
図①



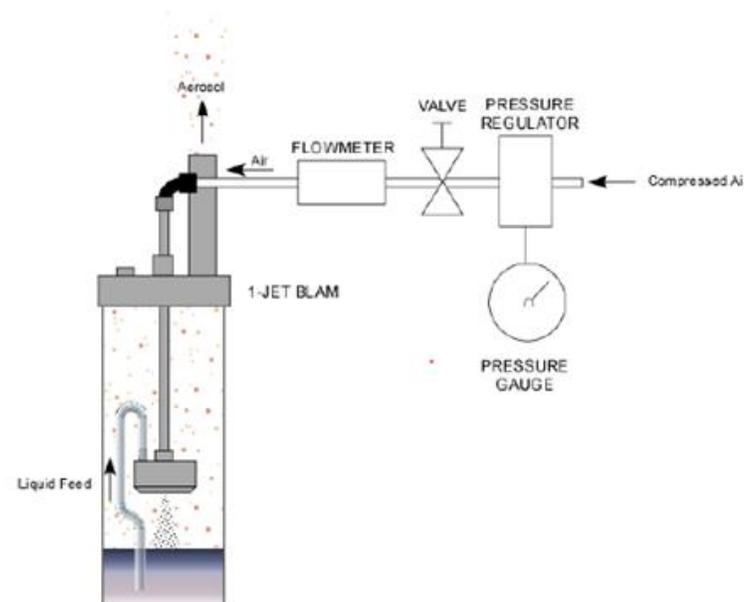
図②



発生イメージ



ワンパスモード



マルチパスモード

細胞暴露研究

CULTEX® RFS

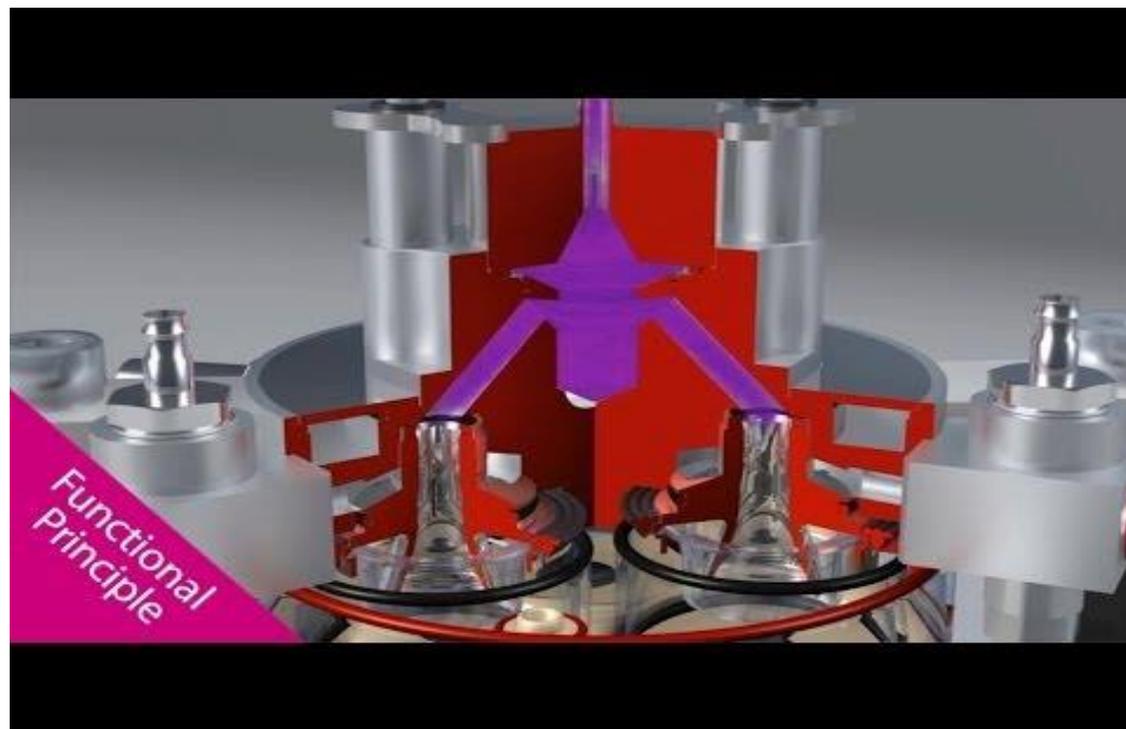


CULTEX® RFS Compact



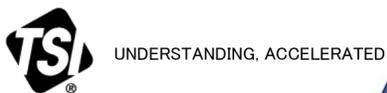
- 細胞暴露研究に適した装置
- 細胞培養またはペトリ皿に直接エアロゾル粒子を供給する設計
- 粒子の他にもガスや粒子ガス混合サンプル（タバコ煙）を使用可能

装置紹介動画(CULTEX® RFS)



<https://www.youtube.com/watch?v=BE6SbQTD-NA>

室内モニタリング装置



AeroTRAK9306-V2

28.0 °C 50 %RH		Automatic
μm	Σ	Loc002
0.3	6673	Default
0.5	3374	Time: 00:01:00
1.0	1766	Delay: 00:00:10
3.0	745	Volume: 3.5 L
5.0	292	Sample: 0/10
10.0	104	Recs: 0/10000

粒径範囲 0.3 μm ~ 25 μm
 流量 2.83 L/min (0.1CFM)
 6チャンネルまで同時計測



AQ Guard

PALAS 25.4 °C 1008 hPa 25		
Particle		
PM1	PM2.5	PM10
0.9 μg/m³	1.9 μg/m³	9.4 μg/m³
Gas		
CO2	VOC	
579 ppm	1.1 mg/m³	
Bioaerosols		
Germ Indicator	0.02 CFU/m³	

粒径範囲 0.175 μm ~ 20 μm
 粒子: PM1、PM2.5、PM10、個数濃度、粒径分布
 ガス: CO₂、VOC、Germ indicator
 温度、圧力、相対湿度



ECOMLITE



ECOMZEN

Tableau de bord			
COV 33.0 ppb	CO2 0.0 ppm	CO 2.0 ppb	Battery % 97%
Temp 28.8 deg C	Pressure 1025.0 mbar	RH 23.5 %	

Informations sur l'appareil

Nom	ECS-000014
Statut	OK
Dernière mise à jour le	21 décembre 2016 09:45
Numéro de série	ECS-000014

メンテナンス及び校正はカートリッジを交換するだけ

粒子: PM1、PM2.5、PM10
 ガス: O₃、NO₂、SO₂、CO₂、VOCほか
 温度、圧力、相対湿度

エアロゾル計測、粒子捕集、粒子発生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

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