

Tentative Information on JAAST 2024

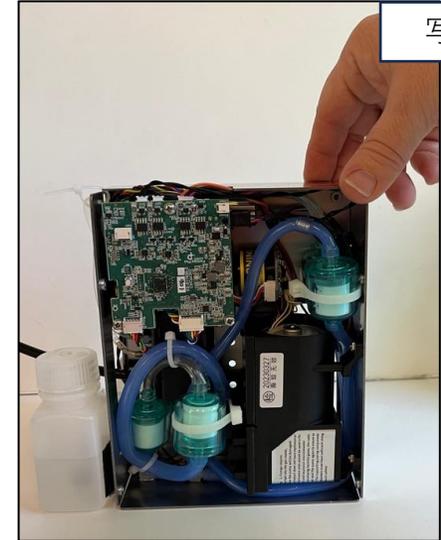


Condensation Particle Counter Overview

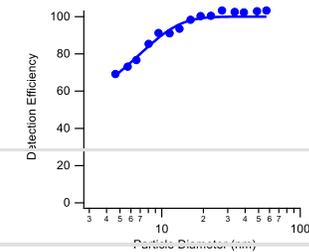
August 20, 2024 at JAAST by Masato Mizuno, PPL

近断熱膨張型パルスモードCPC Model15000—OEM

写真1



グラフ1



仮仕様	Model 15000 -OEM
粒子径	0.005um～ 3.0um(1レンジ)
測定方式	凝縮核生成後—光散乱方式
凝縮核生成アプローチ	近断熱膨張による過飽和
可測濃度	0～100,000個/cm ³
計数効率	±10% (30,000個/cm ³ 以下) ±20% (30,000/cm ³)
パルスモード時間	6秒/サイクル
流量	可変
媒質	水
寸法・重量	13.71 W x 5.08 D x 17.04 H、約900 g

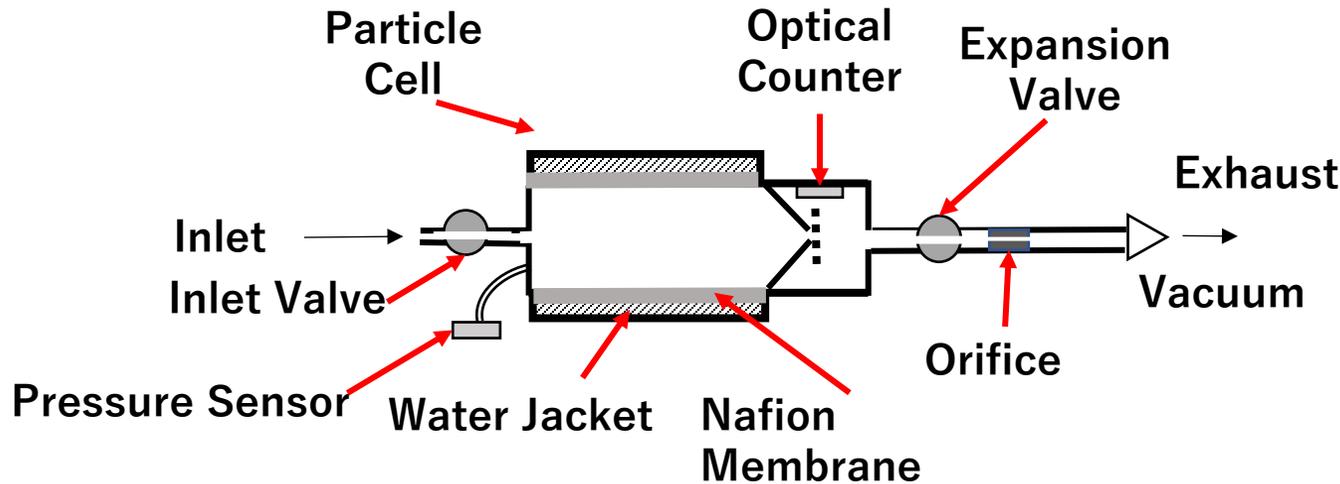
表1

- 60% detection at 0.005 um
- Mean within 4% of Reference
- Pooled Standard Deviation 3% of mean

近断熱膨張型パルスモードCPC概念図

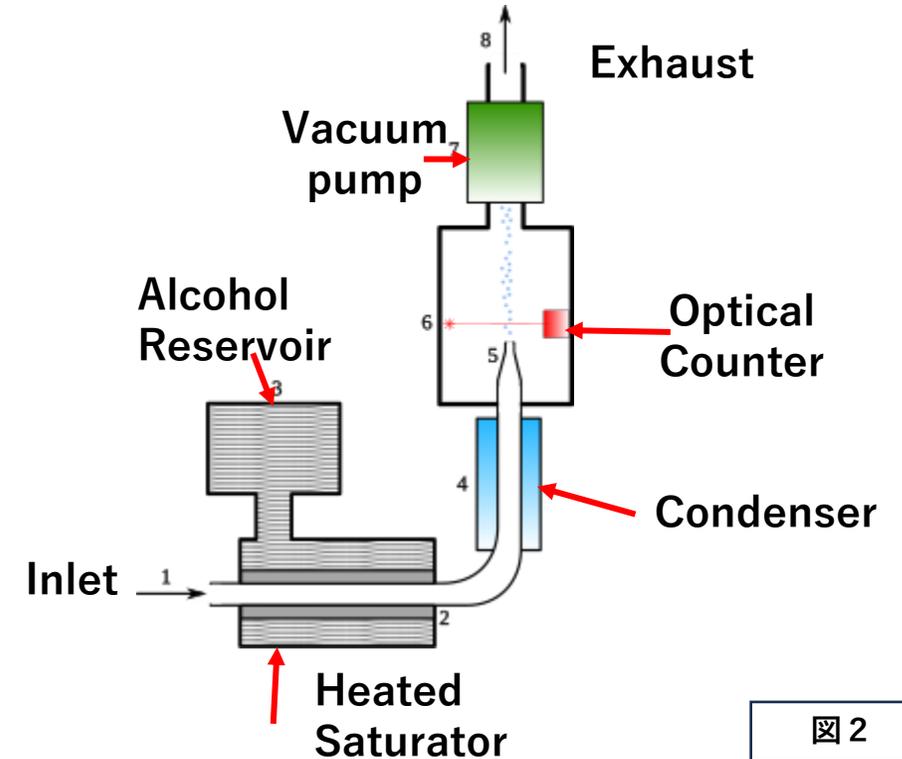
Near-adiabatic expansion cools the air to create region of $> 100\%$ RH

1. Capture sample in cell
2. Humidify sample by water transport across Nafion walls
3. Expand quickly to create droplet cloud
4. Count particles as exit cell while measuring cell pressure



近断熱膨張型の模式図

図1

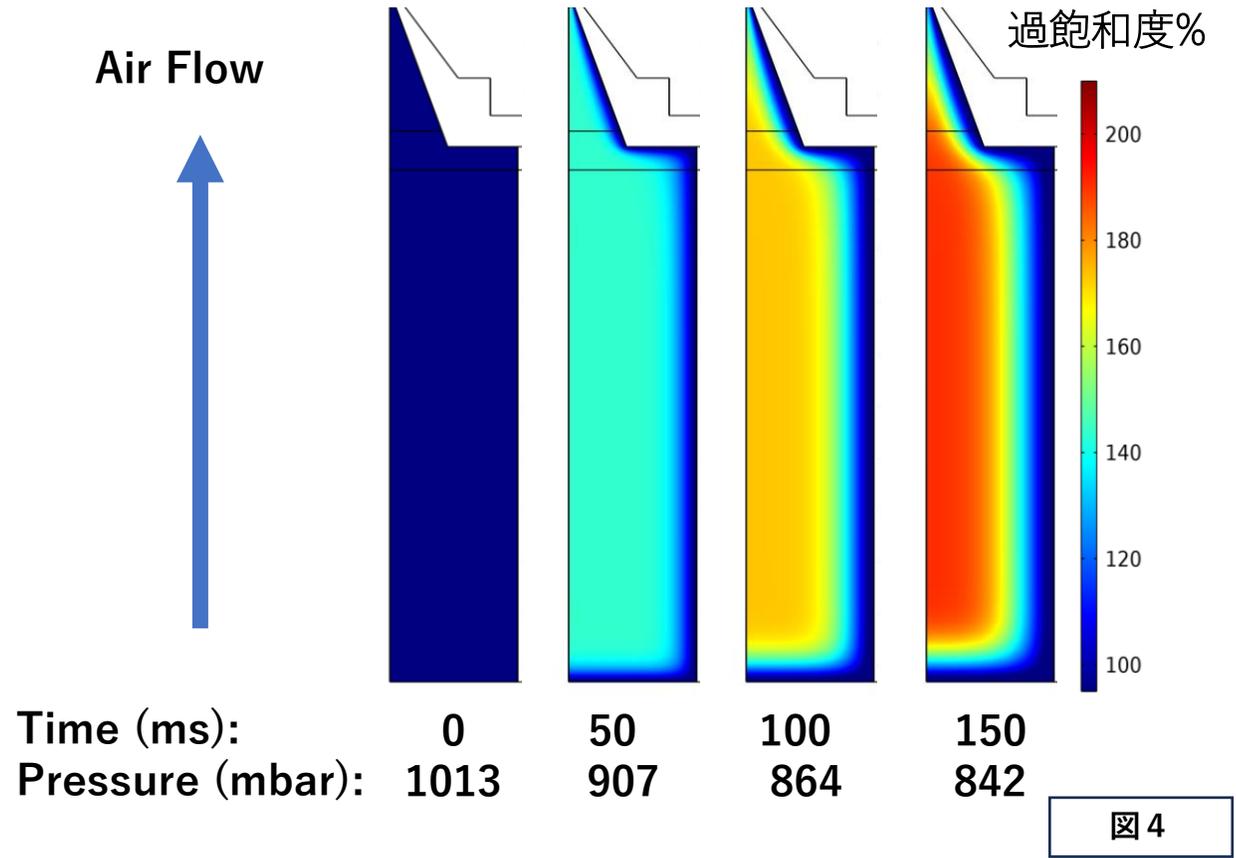
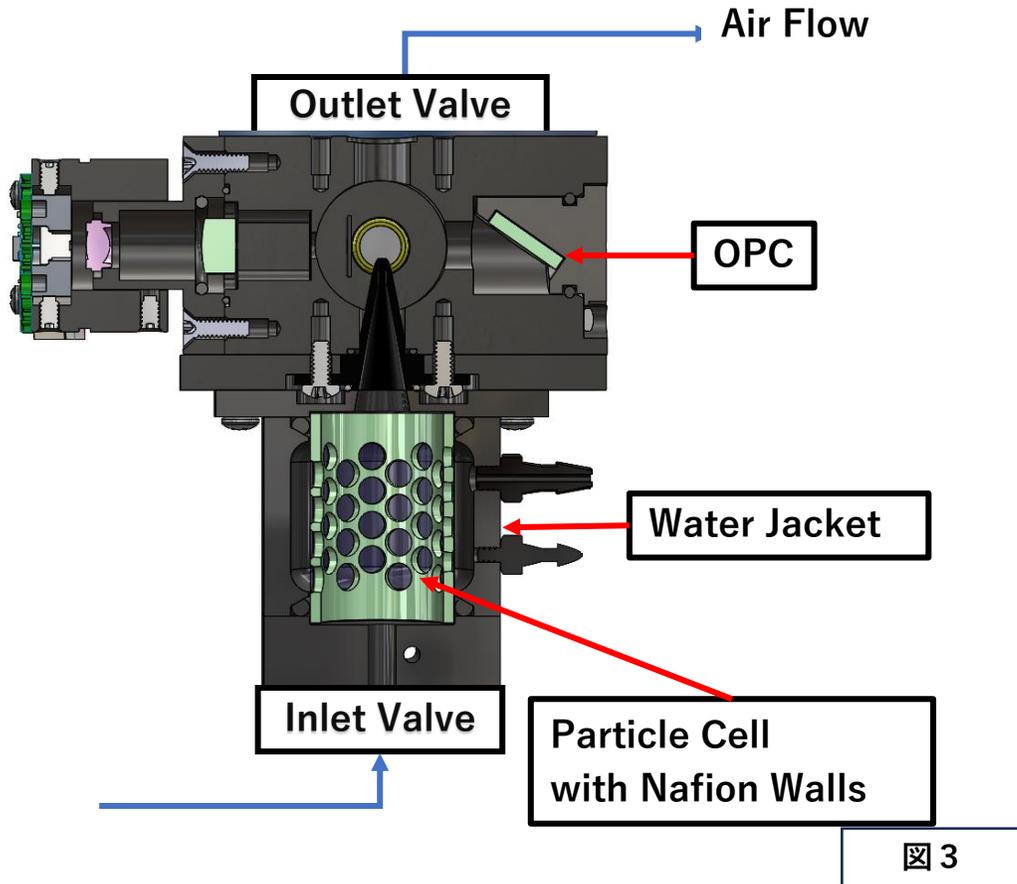


従来型の一般的な模式図 (Wikipedia)

図2

15000—OEM 膨張時の相対湿度のモデル

前図1のInlet Valve / Expansion Valveを短時間閉じ、水蒸気で飽和。
 Expansion Valveが開かれ、急減圧・断熱膨張-高い過飽和を引き起こす
 粒子上に凝縮成長が活性化 ➡ $> 4 \text{ nm}$ (論文・グラフ1) の微小粒子を拡大する



近断熱膨張型パルスモードCPC Model 15000-OEM

動作プロセス

1. インレットバルブと膨張バルブ（出口側）の両方を開いて、サンプリングし、エアロゾルをセル内に導入。
2. 膨張バルブとインレットバルブ両方を閉じ、膨張バルブの下流の圧力を約800mbarまで下げる。（減圧は後段の真空ポンプによる）。粒子セル内の圧力を測定。
3. 粒子セル内を水蒸気で飽和させた後、膨張バルブを開く。
4. 膨張バルブを開くことで、膨張バルブ下流の圧力800mbarは音速でセル内に圧力伝播し、セル内に一気に過飽和が形成され、粒子の成長が開始まる（膨張後の相対湿度の変化を図4に）。図4に示すように、約2の最も高い過飽和度は粒子セルの中心で発生。その結果、最大過飽和度を2未満とし、セル内の均一な凝縮核形成－成長を制御する。
5. セル内の空気の膨張により、セル内の空気はノズルから流出する。この流出空気に含まれる粒子個数はパーティクルカウンターによって測定される。セルからの空気流出量は膨張時の圧力と温度から算出できるため、粒子数と排気量から粒子濃度を求める。

近断熱膨張型パルスモードCPC Model 15000-OEM

特徴

1. 水を媒質に無核生成の可能性を減  より微小な粒径を測定
 **Cost Effective (Highコストパフォーマンス) 実現**
 - 従来型では、管壁側からの冷却  管内に温度分布  均一性低い
過飽和度（冷却レベル）を上げる  管壁側で無核生成の可能性が進む
 - Model 15000では、セル内での凝縮活性化の均一性（過飽和度2）を維持
 無核生成の可能性を減じる。
2. 短時間シーケンス  パルスモードの連続  **疑似連続流**
 - 従来型は連続流だが、Model 15000は連続流ではない
しかし、セル内での過飽和度の伝播（圧力伝播）速度は早い（音速）
 シーケンス（パルス）時間短縮
 パルス繰返し  疑似的な連続測定

近断熱膨張型パルスモードCPC Model 15000-OEM

特徴

3. 粒子濃度（Condensation）の把握

■従来型の粒子濃度（体積当たり個数）

➡ OPC粒子カウント値/流量

■Model 15000

セル内の**P1**（減圧前）、**P2**（減圧後）圧力を計測 ➡ (P1-P2)

[**PV = nRT**] から、セル内空気の体積変化量 (V2-V1) = **流出空気量を算出**

➡ セル出口の**OPC**で個数を検出

➡ 個数/(V2-V1)=粒子濃度

近断熱膨張型パルスモードCPC Model 15000-OEM

従来型CPCとの違い

- 従来型CPC： 加温アルコール（または水）霧雰気で過飽和状態をつくり、配管を冷却（コンデンサ）することで凝縮核を生成
- Model 15000： セル内に短時間閉じ込め、断熱膨張により一気に冷却・過飽和状態とし粒子の凝縮成長を活性化

過飽和 - 凝縮核生成速度	遅い（基本的に空気の熱伝導が律速）	早い（圧力伝播は音速）
過飽和度の均一性	管内に中心部から管壁への温度勾配が生じ（管壁側がより冷却される） ⇒ 均一性が低くなる	管内の空気による温度の伝播によらないので、管壁側の冷却度が必要以上に高くなることはない
	中心部の過飽和度を高くできない	圧力伝播が早く、セル内の過飽和度の均一性が高い
無核生成の可能性	仮に冷却度を上げると管壁側で無核生成しやすい	必要以上に過飽和度（2）を上げないので可能性は低い

表 2