



## 概要

肉眼で見える世界では一般に、液体の蒸発は低圧条件下で促進されるといわれています。減圧を利用している微粒子測定器では、蒸発によって微小粒子（核生成モード）が消滅、または小さくなると思われています。本資料では、本装置がどうしてこの条件に当てはまらないかを、理論と実験的な証拠に基づいて述べます。

## 理論

- 小さな粒子は表面の結びつきが弱く、蒸発し易い（Kelvin 効果）大きく曲がった表面を有しています。
- 微小粒子の表面積と体積の比の増え方は、大きな粒子に較べてより蒸発すると言われて

## ところが：

- 粒子が蒸発して冷やされると、冷やすには熱を伝えなければならず、低圧下では僅かな数の粒子がこの熱の周りになることになります。
- サンプルが測定器内に短時間滞在するだけなら、如何なる影響もほんの僅かとなります。Cambustion の DMS500 では、サンプルの滞在時間が 2 秒以下となっています。

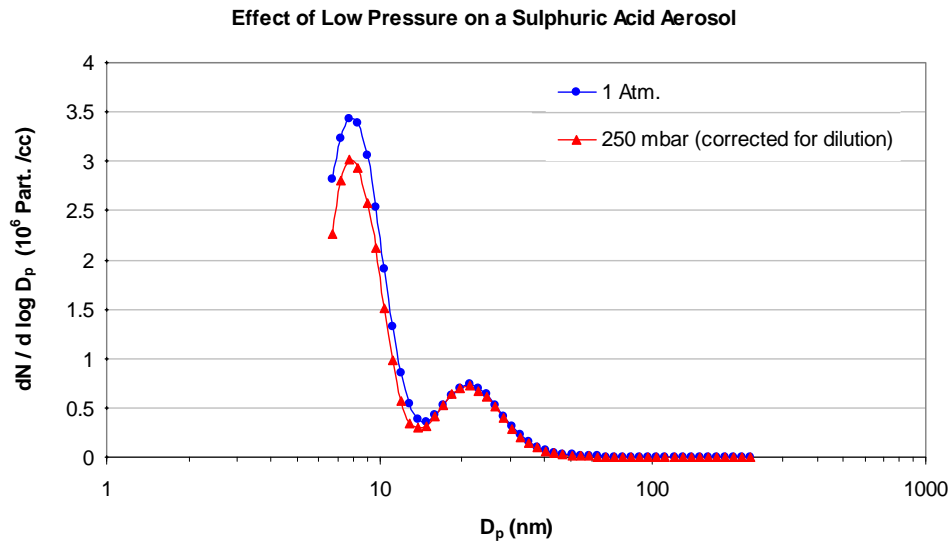
## 実際には...

硫酸はディーゼルエミッションの重要な構成成分であり、その沸点は大気圧条件下で 340℃、更にこれは最も揮発し易い成分のひとつとなっています。硫酸から成る核生成モードのエアロゾルは、アトマイザの中に入れた硫酸に窒素を流し、水分を乾燥させてから加熱蒸発させて作ることができます。この蒸気を常温の空気希釈すると再び核生成が起こります。このエアロゾルを次に示す 2 条件の下、スキャニングタイプのエアロゾル分級器 SMPS で分析します。

- 大気圧下で 2 秒間放置
- 250mbar の低圧下で 2 秒間放置

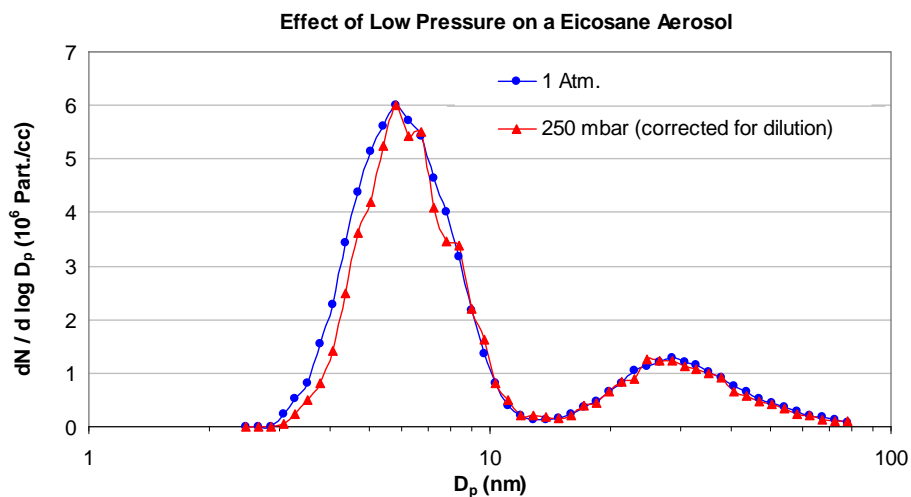
250mbar の条件はエジェクタポンプを使い、音速のオリフィスからサンプルを吸引して作りました。測定に際し、エジェクタポンプはサンプルを 10 倍に希釈します（ダイリューションは硫酸蒸気分圧を下げ、粒子の蒸発がより進むということを気にする必要があります）。

次ページの最初の図は SMPS で測定した平均粒度分布を 2 条件で示したものです：



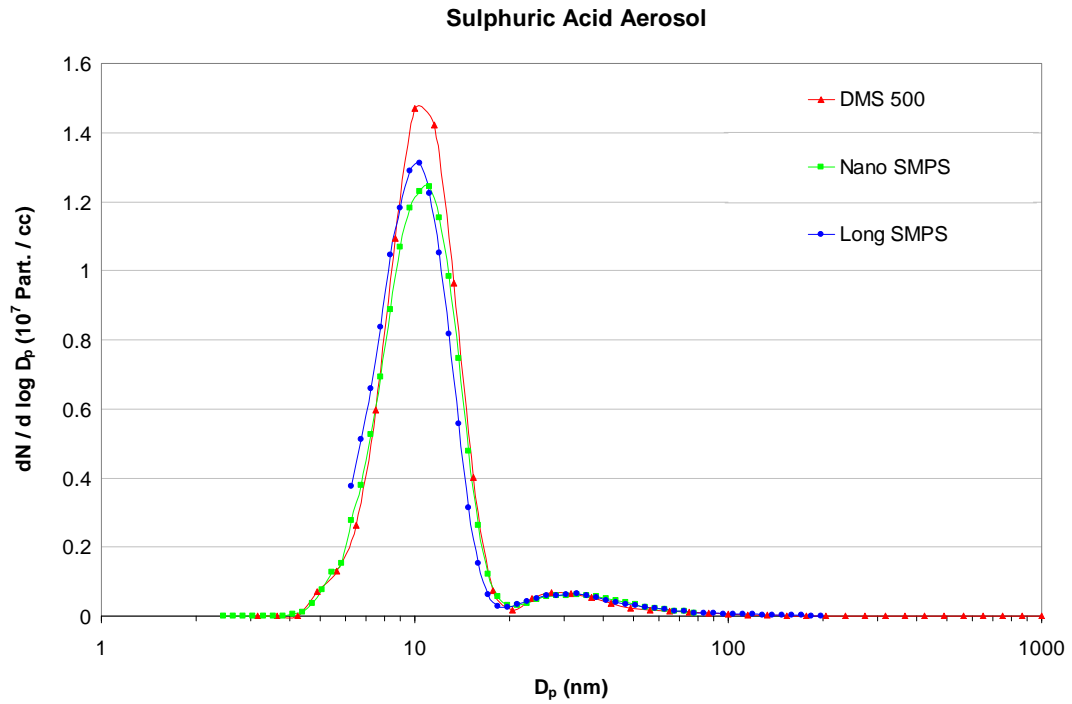
本図に示す 2 山のピークは、システムを再加熱したときにでる 8nm の核生成モード粒子と、アトマイズした 21nm の元のエアロゾルに対応しています。250mbar のトレースは、エジェクタポンプのダイリュージョンファクタを考慮してスケーリングされています。核生成モードでは 2 条件の間で粒子数に僅かの変化だけ観られるものの、粒径はまったく同じになっています。蒸発によって起こる粒子数の減少は常に粒径の現象を伴うことも考慮する必要があり、粒子数の変化はサンプリングシステムやダイリュージョンシステムの粒子損失と矛盾していません。21nm にピークがある元々のエアロゾルは何も変化していません。

この実験はヘキサン中のエイコサン (C<sub>20</sub>H<sub>42</sub>) を溶かしてアトマイズすることによって行われ、溶媒を取り除くためにディフュージョンドライヤの中には活性炭を用いています。炭化水素を使用すると H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> で議論したように、低压条件下で実際的な粒径の変化を引き起こす大気中の湿度の如何なる問題 (ダイリュージョンエアの相対湿度は 3%なので、可能性は低い) をも取り除きます。この実験ではナノを対象とする DMA が、2.5nm 以下の粒径を求めるために SMPS でも用いられています。2 条件で得られた実験結果を以下のグラフに示します。



5.8nm の核生成モードと、アトマイズした元々の 28nm のエアロゾルのどちらにも粒径と粒子数に変化は観られません。

最後に、核生成モード粒子に戻った硫酸エアロゾルの DMS500 による瞬時測定と、ナノおよびロング SMPS による測定の直接的な比較を行いました。



結論

このグラフでは、揮発性エアロゾル（ディーゼルエミッションの代表的なもの）の如何なる粒子数損失や粒径の減少が、250mbarの圧力条件では無視できるということを示しています。実際のところ、蒸気が大量に共存するサンプルを低圧にすると蒸気の段階で粒子の成長を抑えるため、このようにして粒子の安定性に有利さをみることもできます。