

— Instrument Performance test —

MSP社製 QCM MOUDIの性能評価試験



東京ダイレック株式会社
〒160-0014 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
研究開発部 中村 馨、岩佐 高宏、船戸 浩二
技術本部 藤野 聡
営業第1部 石井 渉
E-mail info@tokyo-dylec.co.jp
URL <https://www.t-dylec.net/>

概要: MSP社の開発したQCM Mondiは従来のカスケードインパクタに水晶振動子マイクロバランス(Quartz Crystal Microbalances:QCM)を搭載することにより、捕集された粒子の質量をリアルタイムに計測することが可能です。おおよそ6 MHzで振動しているQCMに粒子が付着することにより、振動数が低下します。低下した振動数は質量に比例しており、それにより正確な質量を算出することが可能です。また、内部には湿度調整機能が内蔵されており、粒子が衝突する際の跳ね返りを防ぐことにより再飛散によるノイズを防ぎます。

本試験では標準粒子であるPSL(100nm)の粒子を発生させ、QCM MOUDIとCPCとで同時計測を行い、粒子の質量濃度を比較した。なお、CPCの質量濃度は個数濃度から算出した。

試験日時: 2019年10月

試験手順:

①CPC3775との比較試験

P2のフロー図に示すように、アトマイザーを用いて試験粒子であるJSR社製 PSL標準粒子100nmを発生させ、更にDMAを用いて100nmに分級後に清浄エアを加え、CPCとQCM MOUDIで同時に計測した(個数濃度は10,000、20,000、30,000 p/ccの3条件)。個数濃度から質量濃度への変換は以下の式を用いた。

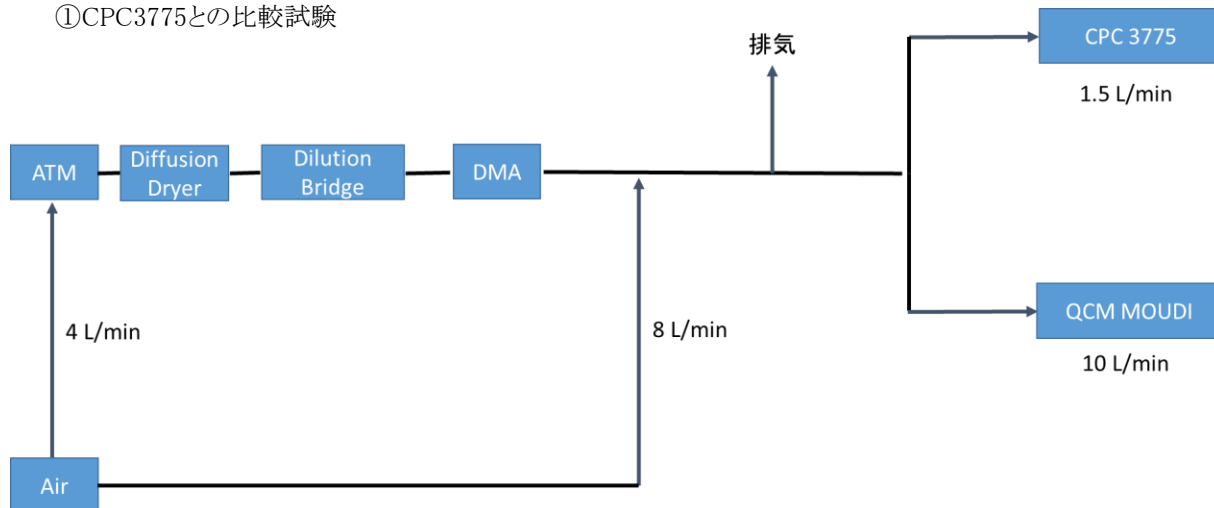
$$\text{質量濃度} = \text{個数濃度(p/cc)} \times \text{比重}(1.0) \times \pi \times \text{粒子直径の三乗}(100\text{nm}^3) / 6 \times 10^{-9}$$

②TEOM1405との比較試験

P3のフロー図が示すようにアトマイザーを用いて試験粒子であるNaCl粒子を発生させ、TEOMとQCM MOUDIで同時に計測をした。両装置の値を比較してQCM MOUDIの質量値を評価した。

試験手順

①CPC3775との比較試験



試験機器:

発生器: TSI社 エアロゾルアトマイザー (モデル3079)
・試験粒子 :JSR社 PSL標準粒子 100 nm(SC-0100-D)
・溶液濃度 :PSL 10 滴/ 蒸留水 20 ml
・発生流量 :4 L/min

乾燥器: TSI社 ディフュージョンドライヤー(モデル3062)

分級器: TSI社 静電分級器 (モデル3082)
・DMAモデル :3081A
・シース流量 :16 L/min
・分級設定 :100 nm

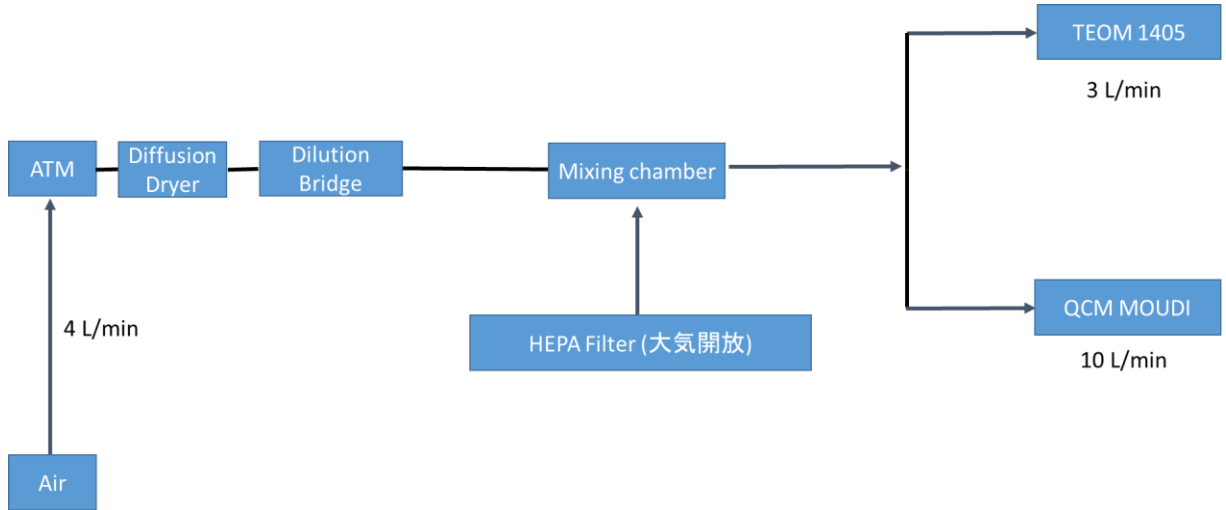
計測器: TSI社 CPC(モデル3775)
・サンプル流量 :1.5 L/min(high flow)

MSP社 QCM MOUDI(モデル140)
・サンプル流量 :10 L/min

アトマイザーで発生させたPSL標準粒子をディフュージョンドライヤーで乾燥させる。その後にDilution Bridgeを用いて濃度調整をしてからDMAで分級をした。
CPCおよびQCM MOUDIの合計流量は11.5 L/minであるため、サンプル流量の4 L/minに清浄エアークの8 L/min加え、合計の流量を12 L/minとし余剰エアーク分を排気した。計測時間は10分で両器の平均質量濃度を比較した。

試験手順

②TEOM1405との比較試験



試験機器:

発生器: TSI社 エアロゾルアトマイザー(モデル3079)

・試験粒子 : NaCl 0.1%

・発生流量 : 4 L/min

計測器: Thermo Scientific社 TEOMモニター(モデル1405)

・サンプル流量: 3 L/min

MSP社 QCM MOUDI(モデル140)

・サンプル流量: 10 L/min

アトマイザーで発生させたNaCl粒子をディフュージョンドライヤーで乾燥後、Dilution Bridgeを用いて濃度調整をした。

発生させた粒子をミキシングチャンバーにて攪拌し、足りない吸引エアはHEPAフィルタを通した清浄エアにて補った。計測時間は60分とし両装置とも1分単位で記録をした。

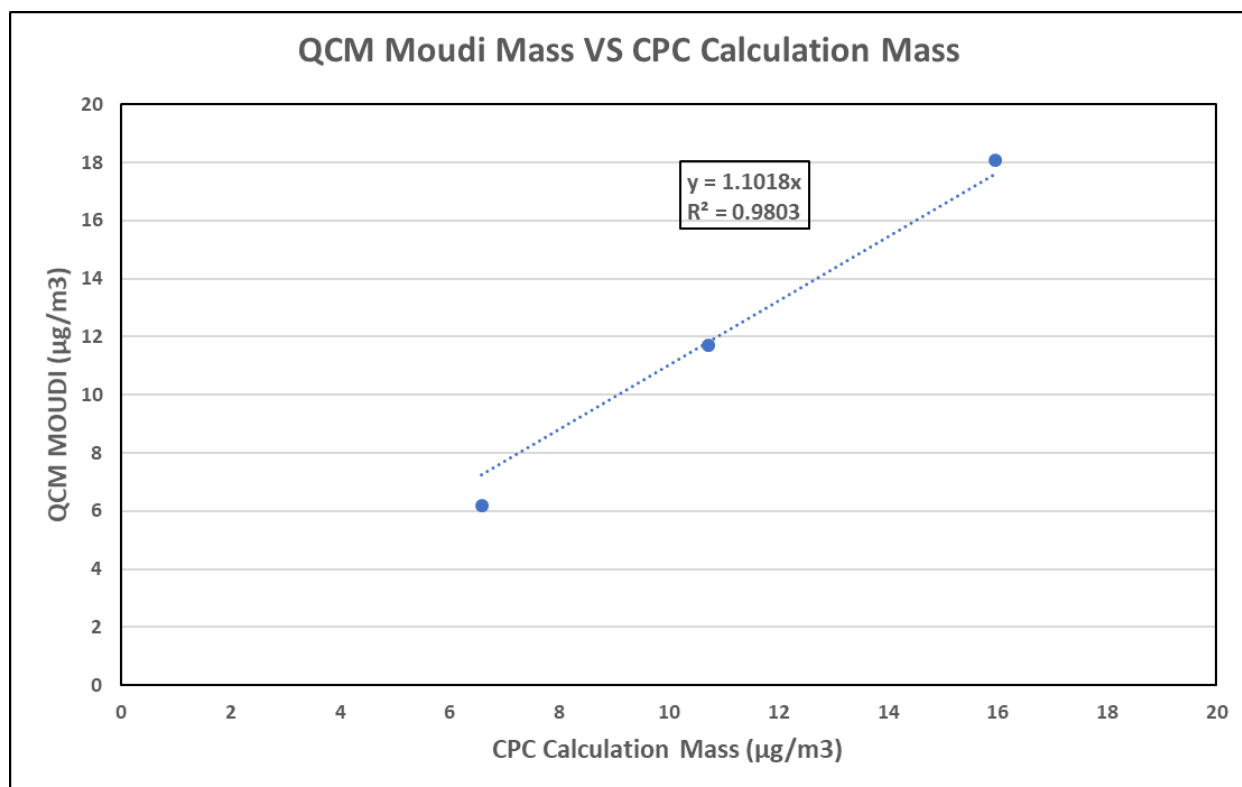
計測後両装置の質量濃度値を比較した。

試験結果

①CPC3775との比較試験（質量比較）

CPC Concentration (p/cc)	CPC Calculation Mass Conc (μg/m ³)	QCM MOUDI MASS Conc (μg/m ³)	機差 (%)
11874.4	6.59	6.2	-5.92
19337.5	10.73	11.7	9.04
28768.4	16.00	18.1	13.13

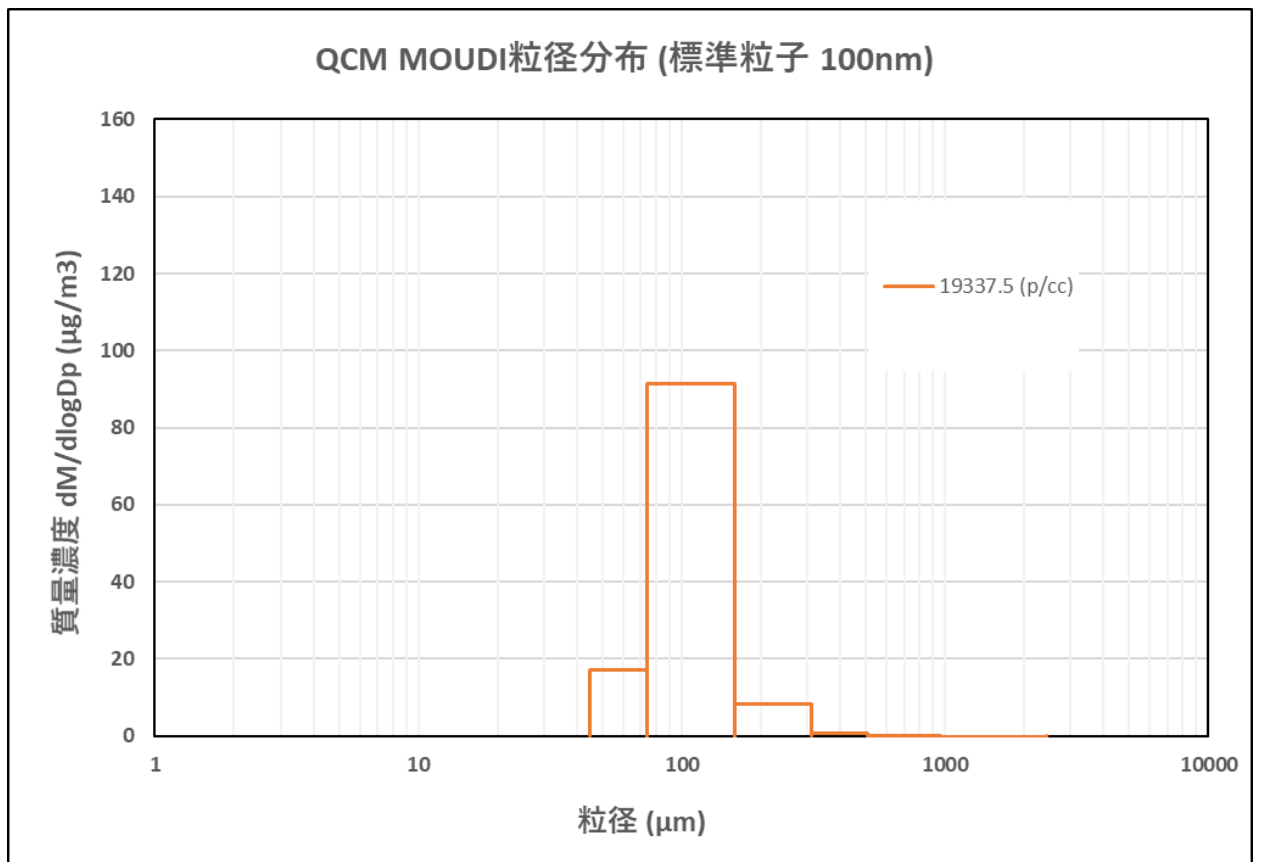
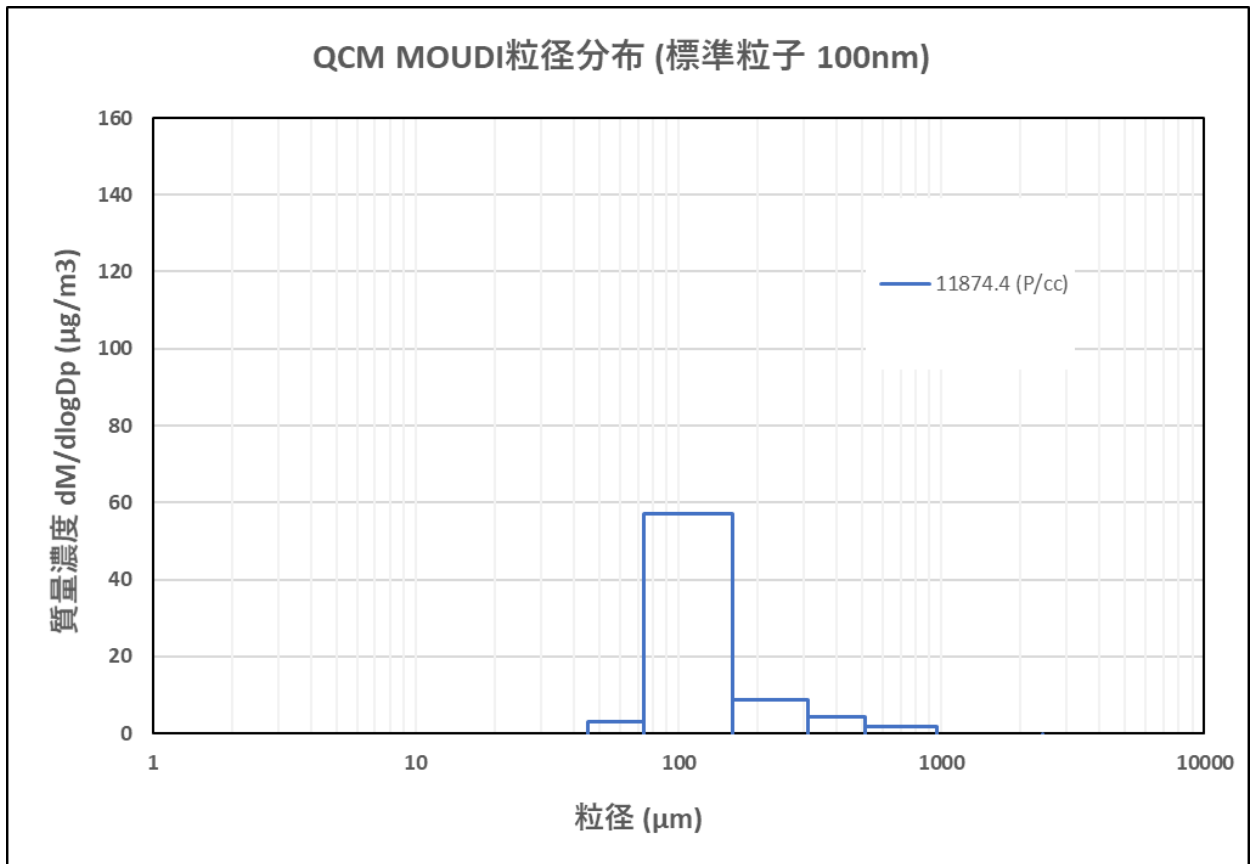
CPCの個数濃度値から計算した質量濃度をリファレンスとしてQCM MOUDIと比較したが、機差はメーカーが判定基準とする±15%の範囲に収まった。個数濃度の増加に伴い機差が大きくなる傾向にあった。本試験で使用したPSL標準粒子は個体の粒子であるためインパクターで捕集する際に再飛散し易く、高濃度の測定に関しては注意が必要であると考えられる。



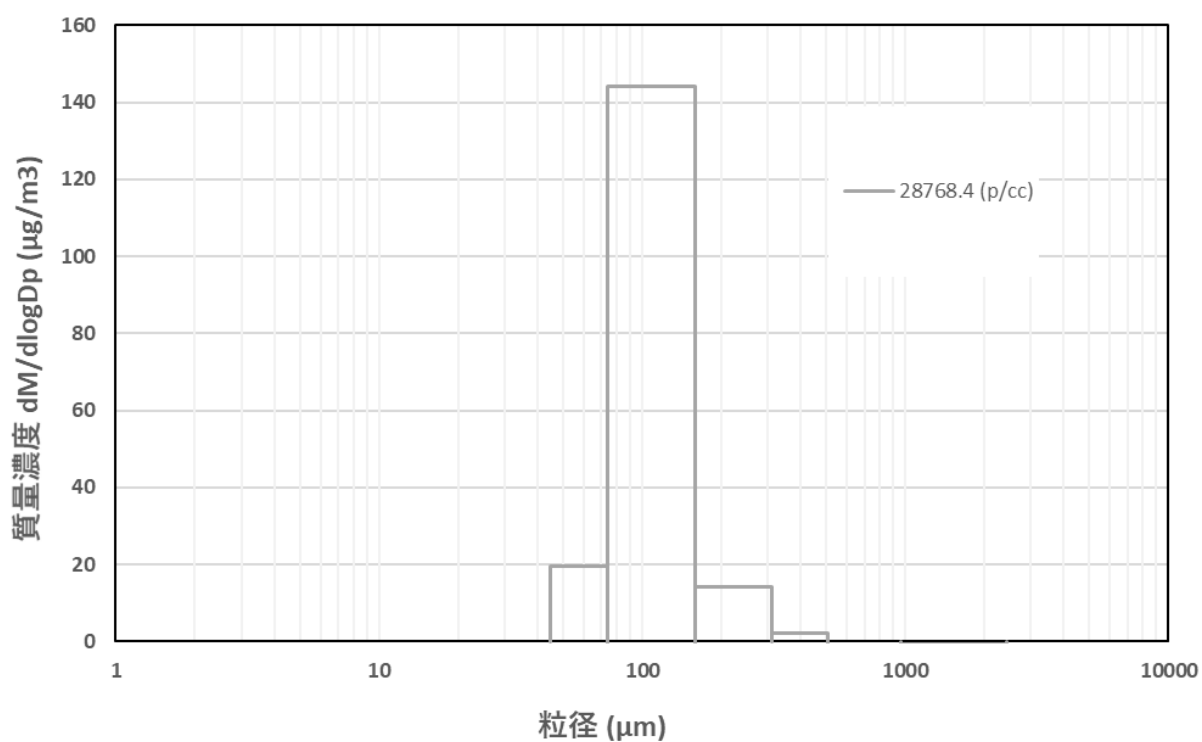
上記の結果をX軸にCPCの質量濃度値、Y軸にQCM MOUDIの質量濃度値をプロットし、近似直線を引いた。

傾きは約1.1と平均で10%の差であった。R2値も0.98と良好であった。

CPCを基準としてQCM MOUDIの性能を評価した結果、良好な結果を得ることが出来た。



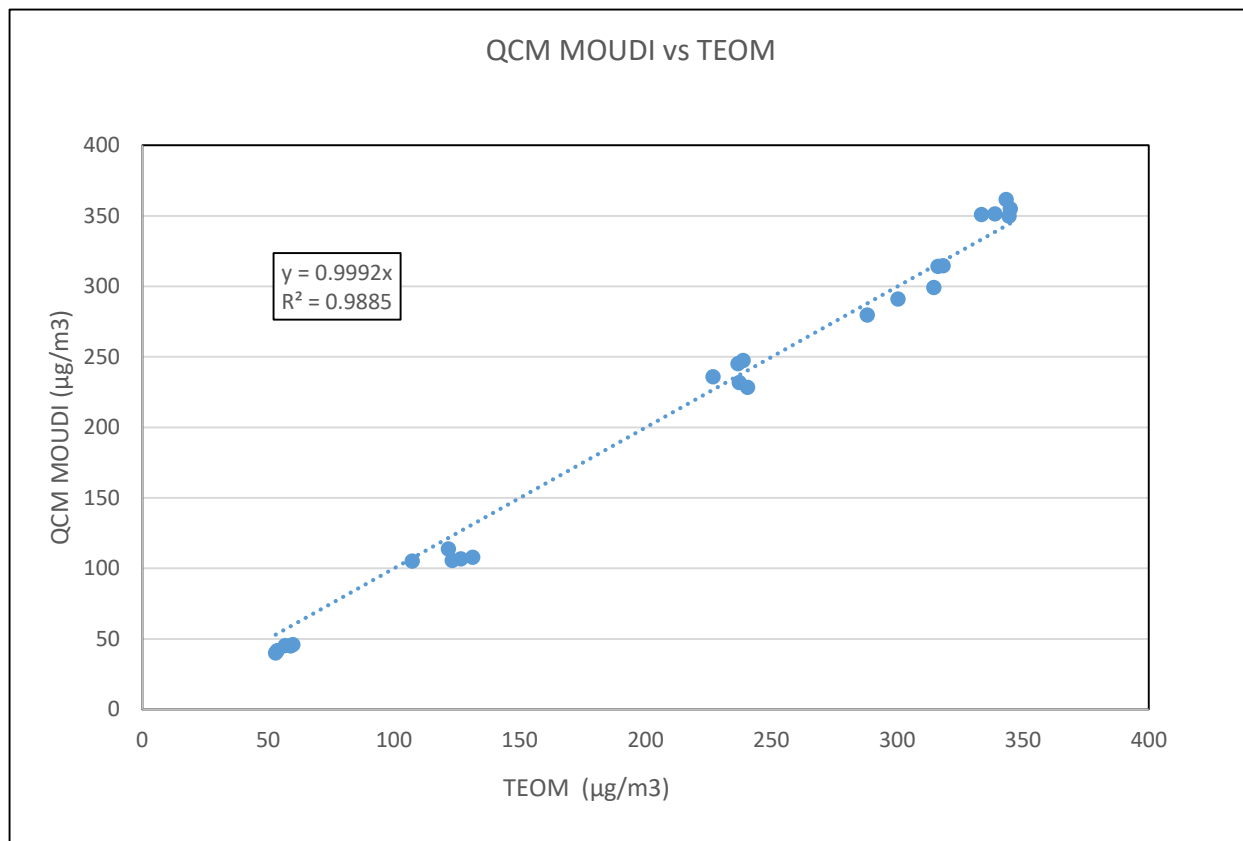
QCM MOUDI粒径分布 (標準粒子 100nm)



測定した粒子におけるQCM MOUDIの粒径分布は上記のように100nmにピークのある単分散性の高い分布であった。発生粒子の単分散性は非常に高いことがわかり、QCM MOUDIは単分散性の高い粒子も計測することが可能なことが判った。また濃度が違っていても再現性の高い分布であった。

試験結果

②TEOM1405との比較試験



X軸にTEOMの質量濃度値、Y軸にQCM MOUDIの質量濃度値をプロットし、近似直線を引いた。傾きが0.99以上、R2が0.98と非常に良好な結果が得られた。

まとめ

QCM MOUDIは上記2つの比較試験の結果から正確に質量濃度を計測することが可能な装置であることが判った。またQCM MOUDIは直接に質量を測定し、質量基準の粒径分布をリアルタイムに表示・記録できる無二の計測装置であることから様々なアプリケーション(大気質調査、産業衛生研究、エアロゾル質量分析等)に使用できると考えられる。