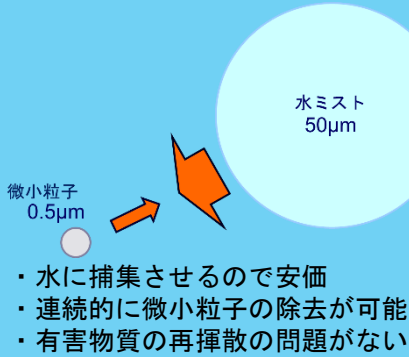




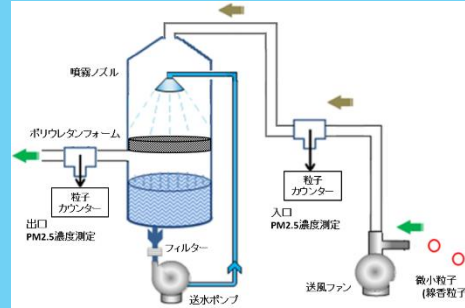
荷電ミスト噴霧によるPM2.5（微小粒子）の循環効率的な除去処理技術の開発

慶應義塾大学理工学部環境化学研究室

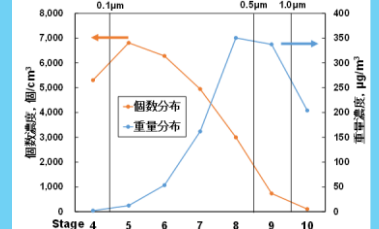
ミスト噴霧による微小粒子の捕集



ミスト噴霧によるPM2.5 除去処理装置の概略図



線香粒子（線香を燃焼して発生させた粒子）の個数分布および重量分布



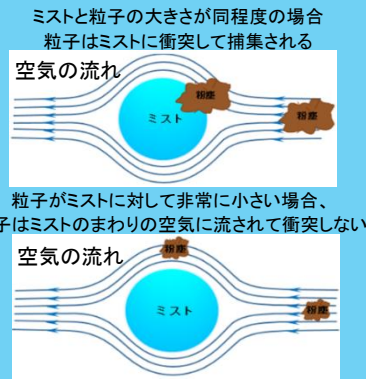
PM2.5 除去処理装置入口、出口の粒子数による除去効率の測定結果

粒径, µm	粒子数 (n=5)		除去効率, %
	入口	出口	
0.3~0.5	152,133 ± 2,759	135,055 ± 2,370	11.2
0.5~1.0	168,075 ± 1,815	6,756 ± 454	96.0
1.0~3.0	10,899 ± 935	32 ± 10	99.7
3.0~5.0	17 ± 6	0 ± 0	100
5.0~	0 ± 0	0 ± 0	-

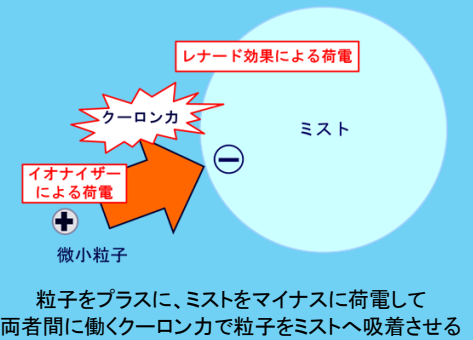
粒子数単位: 個/0.71L 排気ガス流量: 室内空気 0.43m³/min
噴霧流量: 0.45L/min 線香導入流量: 0.3L/min

測定装置: パーティクルカウンター Met One (トランステック製)
噴霧ノズル: 微霧発生形 7 頭充円錐ノズル (いけうち株式会社製)

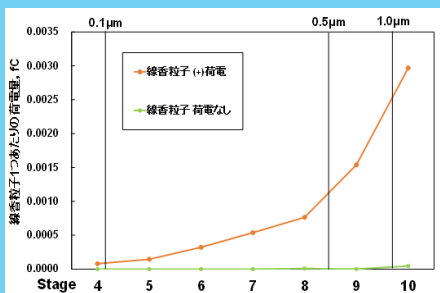
微小粒子とミストの衝突による捕集の問題点



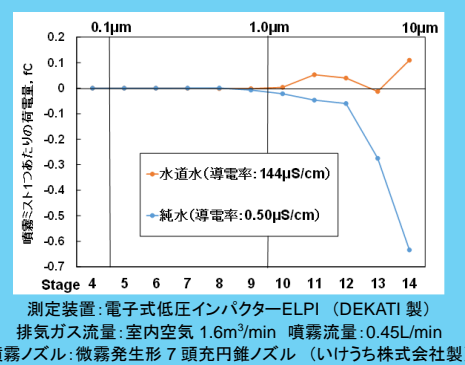
クーロンカによる微小粒子のミストへの吸着



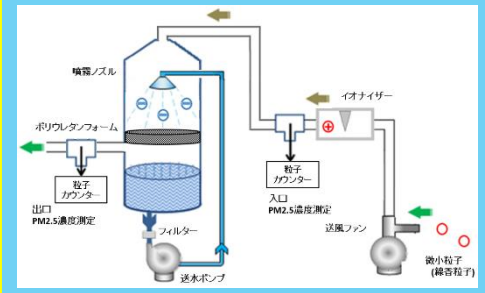
イオンイザーによる線香粒子のプラス荷電量の測定結果



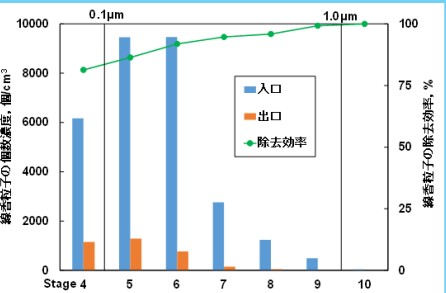
レナード効果による噴霧ミストのマイナス荷電量の測定結果



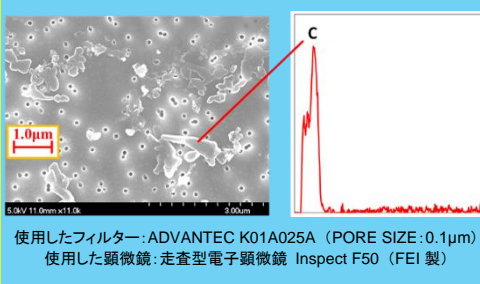
荷電ミスト噴霧によるクーロンカを利用したPM2.5 除去処理装置の概略図



微小粒子とミストを荷電した場合の装置入口、出口の粒子数による除去効率の測定結果



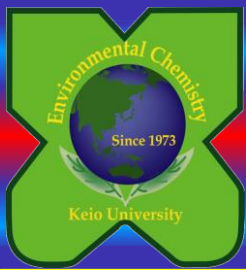
除去液を濾過したフィルター上の微小粒子の観察結果および元素分析結果



炭素から成る 1.0µm 前後の粒子がフィルター上で確認された線香粒子はすすであり、炭素が主成分であることから線香粒子がミストによって除去されていることがわかった

まとめ

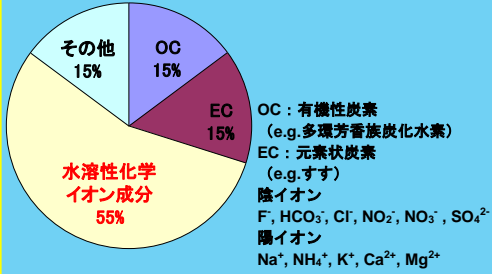
- 総粒子数 27,000 個/cm³、総重量濃度 1,100µg/m³と十分な量の粒径 0.5µm の微小粒子が線香から発生していることがわかり、ミストによる微小粒子除去実験に線香粒子を利用した。
- イオンイザーによる線香粒子のプラス荷電を確認できた。その荷電量は Stage10 (粒径 1.2µm) の粒子に対し 0.003fC であった。
- 導電率 0.50 µS/cm の純水を噴霧することで、レナード効果によるミストのマイナス帯電を確認できた。
- 線香粒子をプラスに、ミストをマイナスに荷電することで粒子の除去効率は大幅に向上した。Stage7, 8 (粒径 0.31µm, 0.48µm) の線香粒子に対する除去効率はそれぞれ 95%、96%と高い値を得ることができた。
- 顕微鏡による観察と元素分析結果から除去液に線香粒子が含まれていることがわかり、ミストで線香粒子が除去されていることが確認された。



PM2.5 中化学イオン成分濃度の自動連続測定装置による PM2.5 の挙動解析

慶應義塾大学理工学部環境化学研究室

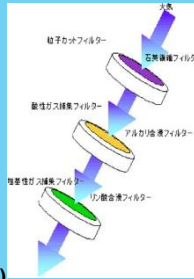
PM2.5 中化学イオン成分組成



水溶性化学イオン成分は PM2.5 中の 55% を占める
大気中 PM2.5 の生成・挙動のメカニズムの解明に重要
環境省、微小粒子状物質曝露影響報告書(2009)

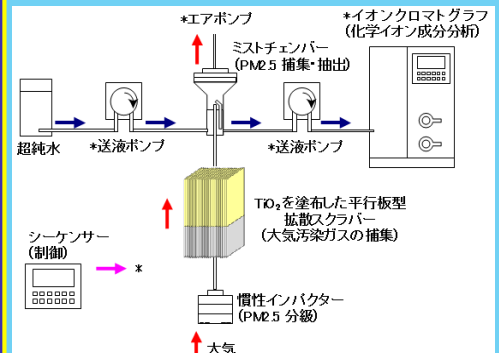
従来フィルター法の問題点

- ・ 粒子の揮発
 $NH_4NO_3(p) = NH_3(g) + HNO_3(g)$
 $NH_4Cl(p) = NH_3(g) + HCl(g)$
- ・ 粒子状物質間の反応
 $NH_4NO_3(p) + H_2SO_4(p) = NH_4HSO_4(p) + HNO_3(g)$
 $NH_4Cl(p) + H_2SO_4(p) = NH_4HSO_4(p) + HCl(g)$
- ・ ガスと粒子の反応
 $2NH_3(g) + H_2SO_4(p) = (NH_4)_2SO_4(p)$

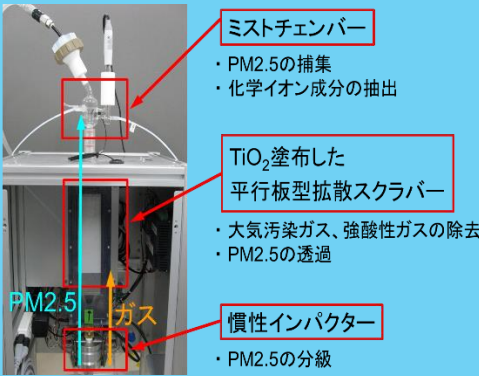


フィルター上でのガスと粒子との反応で、
ガスと粒子を正確に分離して測定できない

自動連続測定装置(SW-2)の概略図



PM2.5 中化学イオン成分自動連続測定装置の写真

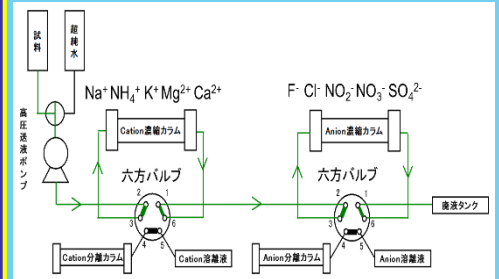


ミストチェンバーによる大気中 PM2.5(微小粒子、<3μm)の捕集効率

	入口粒子濃度 (個/L)	出口粒子濃度 (個/L)	捕集効率 (%)
	61,979	18	99.97
	62,875	18	99.97
	64,230	18	99.97
Average	63,028	18	99.97
S.D.	925	0	0.00
R.S.D.-%	1.47	0	0.00

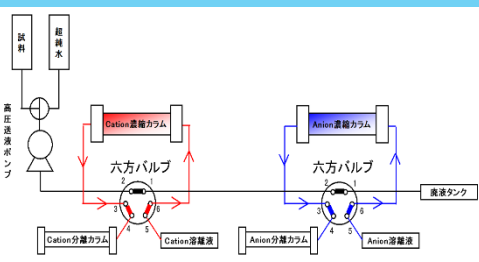
測定機器: MODEL 3300 OPS (東京ダイレック株式会社)
測定粒径: 3μm 以下 測定回数: 1 分間計測、3 回

濃縮カラムによる陰イオン・陽イオン同時分析 (試料液の陽イオン・陰イオン濃縮カラムへの注入)



試料液中陽イオン、陰イオンが直列につなげた陽イオン、陰イオン濃縮カラムへそれぞれ保持される

濃縮カラムによる陰イオン・陽イオン同時分析 (陽イオン・陰イオン濃縮カラムからの脱離)



各溶離液によって濃縮カラム内に保持される陽イオン、陰イオンが脱離し、陽イオン、陰イオン分離カラムにそれぞれ注入される

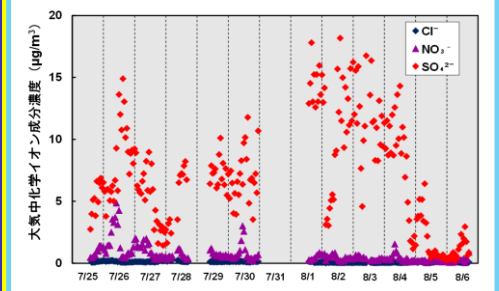
濃縮カラム法を用いた従来のイオンクロマト分析による希薄混合標準液分析結果の繰り返し精度

	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
濃度 (ng/mL)	300	125	50	50	50
ピーク面積 (×10 ³ , n=15)	30,627	14,160	13,087	7,673	4,092
標準偏差 (×10 ³)	246	590	172	103	74
相対標準偏差	0.8%	4.2%	1.3%	1.3%	1.8%

	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
濃度 (ng/mL)	50	525	50	250	250
ピーク面積 (×10 ³ , n=15)	253	2,831	183	647	971
標準偏差 (×10 ³)	2	27	8	8	12
相対標準偏差	0.9%	0.9%	4.3%	1.2%	1.3%

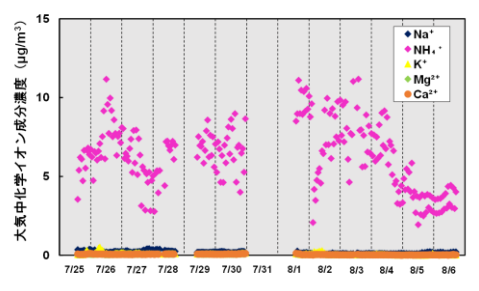
2015年5月 (従来イオンクロマト分析装置により測定)
カチオン溶離液流量: 0.5mL/min
アニオン溶離液流量: 1.0mL/min
試料液導入力: 6mL

PM2.5 中化学イオン成分濃度の経時変化 (陰イオン)



観測日時: 2015年7月25日 14:00~8月6日 17:00 (n=233)
観測地点: 横浜市港北区 (慶應義塾大学理工学部)
PM2.5 濃度: <http://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/29-1-10-2-1-0-0-0-0-0.html>

PM2.5 中化学イオン成分濃度の経時変化 (陽イオン)



観測日時: 2015年7月25日 14:00~8月6日 17:00 (n=233)
観測地点: 横浜市港北区 (慶應義塾大学理工学部)
PM2.5 濃度: <http://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/29-1-10-2-1-0-0-0-0-0.html>

PM2.5 濃度と各イオン成分濃度の相関係数

	PM2.5	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
PM2.5		-0.01	0.77	0.35	0.07	0.34	-0.29	0.39	0.77
Na ⁺			-0.04	0.35	0.78	0.72	0.76	0.32	-0.25
NH ₄ ⁺				0.23	0.07	0.33	-0.24	0.31	0.94
K ⁺					0.62	0.53	0.31	0.65	0.09
Mg ²⁺						0.87	0.67	0.36	-0.14
Ca ²⁺							0.49	0.42	0.14
Cl ⁻								0.28	-0.43
NO ₃ ⁻									0.12
SO ₄ ²⁻									

観測日時: 2015年7月25日 14:00~8月6日 17:00 (n=233)
観測地点: 横浜市港北区 (慶應義塾大学理工学部)
PM2.5 濃度: <http://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/29-1-10-2-1-0-0-0-0-0.html>

まとめ

- ・ 本研究において開発した自動連続測定装置(SW-3)により、8種類の PM2.5 中化学イオン成分濃度 (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) と酸性度 (pH) を一時間毎に測定する事が可能となった。
- ・ 2015年7月25日~8月6日の13日間の期間中での横浜市日吉における PM2.5 濃度は 24.2 μg/m³ (n=233) と高く、化学イオン成分は、それぞれ、Na⁺: 0.18、NH₄⁺: 6.3、K⁺: 0.09、Mg²⁺: 0.03、Ca²⁺: 0.05、Cl⁻: 0.11、NO₃⁻: 0.67、SO₄²⁻: 7.1 μg/m³ (n=233) となった。
- ・ NH₄⁺ と SO₄²⁻ 濃度と PM2.5 濃度に強い相関関係が認められ、PM2.5 の主成分は (NH₄)₂SO₄ と言える。