

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号： 13901
研究種目： 若手研究 (S)
研究期間： 2008～2012
課題番号： 20671001
研究課題名 (和文) 外部混合状態を考慮した大気エアロゾルの特性研究への新展開
研究課題名 (英文) Atmospheric aerosol properties inferred from their external mixing state
研究代表者
持田 陸宏 (MOCHIDA MICHIIRO)
名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号： 10333642
交付決定額 (研究期間全体)： (直接経費) 80,100,000 円、(間接経費) 24,030,000 円

研究成果の概要 (和文)：大気エアロゾルの混合状態 (含まれる個々の粒子の違い) を理解することは、エアロゾルの気候影響を評価する上で極めて重要である。本研究では、混合状態の尺度として粒子の吸湿性に着目して大気エアロゾル測定を実施し、粒子の吸湿性と化学組成や雲凝結核活性の関係について知見を得た。そして、吸湿性の情報を活用して雲粒生成過程に対するエアロゾル粒子の寄与を評価した。得られた成果は、エアロゾルの混合状態を扱う今後の研究に対して指針を与えうるものである。

研究成果の概要 (英文)：Understanding the mixing state of atmospheric aerosols, i. e., the differences among individual particles in them, is crucial for assessing the effect of aerosols on climate. In this study, we performed atmospheric aerosol measurements with a focus on particle hygroscopicity as a measure of the aerosol mixing state, thereby acquiring knowledge of the relationship of the particles' hygroscopicity to their composition and cloud condensation nucleus activity. We also assessed the contribution of aerosol particles to cloud formation by making use of the hygroscopicity data. The outcome of this study could serve as a guide for future studies on aerosol mixing states.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：環境計測・大気エアロゾル

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化などで知られる気候変化の問題は、社会で取り組むべき喫緊の課題である。しかし、気候変化の要因は複雑であり、関係する素過程に対する理解を深めない限り、正確な将来予測を行い、有効な対策を十分に選別することは難しい。特に、大気中に浮遊するエアロゾル粒子の役割には大きな不確実性があり、その解明が課題として残されている。こうした状況の理由の一つに、従来の研究の多くが、エアロゾルの質量濃度を基に粒子の平均的な情報を扱うに留まり、雲・降水過程への関与など、個々の粒子の差異 (混合状態) が重要である過程について知見が乏しい点が挙げられる。これを解決するには、個々の粒子の特性を明らかにすること、また混合状態の情報をどのように集約して気候モデル解析に結びつけるか、その方向性を定

めることが求められる。

個々の大気粒子を区別する上で、過去に用いられてきた一般的な指標は粒径である。しかし、大きさが類似した粒子でも、放出や生成、変質の過程の違いにより、様々な組成や特性を持つものが存在する。このため、粒径による区別だけでは、混合状態を十分に把握することができない。そこで、本課題の研究代表者は、吸湿性測定用タンデム DMA (HTDMA、DMA は電気移動度分析器を表す) と呼ばれる装置を用いることで、粒径に加えて吸湿性に応じて粒子を選別して混合状態を把握する手法に着目した。そして、粒子の組成・特性を、外部混合状態の尺度である粒径・吸湿性と共に解析することで、気候過程に対する大気エアロゾルの混合状態の役割を考察する本研究を計画するに至った。

2. 研究の目的

本研究では、大気エアロゾル粒子の組成・特性を混合状態の情報と合わせて解析することで、エアロゾルの気候影響の理解に資する知見の獲得を目指す。粒子の混合状態を表す尺度には、粒径に加え、HTDMA を用いて測定される吸湿成長度を用いる。ある湿度条件において吸湿成長度が低い粒子は、低吸湿性・非水溶性の成分に富み、一方、吸湿成長度が高い粒子は、高吸湿性・水溶性の成分に富むと考えられる。つまり、吸湿性の分布は、エアロゾルに含まれる粒子の組成の不均一性の程度（混合状態）を反映する。本研究では、大気エアロゾル観測を実施して、エアロゾル粒子の吸湿性と組成・特性のデータを得る。そして、得られた結果にもとづき、エアロゾルの混合状態と粒子の組成・特性の関係を、粒子の放出・生成・変質過程などと結びつけて解析する。そして、混合状態の情報と結びついた粒子の組成・特性の情報が、今後の気候モデルの精緻化にどのように役立つのかを考察する。

3. 研究の方法

本研究では、大気エアロゾルに対して、混合状態の指標である「吸湿性」、また、吸湿性を規定する「化学組成」、吸湿性に規定される「雲凝結核 (CCN) 活性」の測定を行った。また、人工的に発生させたエアロゾルの特性の測定も行った。そして、エアロゾルの組成・特性を、混合状態の視点を取り入れつつ解析した。具体的な取り組みは以下の通りである。

(1) 都市エアロゾルの吸湿性と組成の関係の解析

日本の主要な都市域の一つである中京圏（名古屋）において、HTDMA と高分解能飛行時間型エアロゾル質量分析計 (HR-ToF-AMS) を用いて都市大気エアロゾルの観測を実施した。そして、粒子の混合状態の指標である吸湿性と、粒子の化学組成の関係を解析した。この取り組みでは、当初計画していた (a) 吸湿性に応じて粒子を選別して組成を解析する手法、に加え、(b) 粒子の吸湿性と化学組成を独立に測定してそれらの関係を解析する手法、も用いた。これらの大気観測は、2009 年の秋季、2011 年の夏季・秋季、2013 年の夏季に実施した。また、(c) フィルタに採取した大気エアロゾル試料を抽出・再粒子化し、その組成と吸湿性を調べる実験、を行った。この試料には、2009 年の春季・夏季に名古屋で採取されたものを用いた。このように、本研究では複数の角度から吸湿性と化学組成の関係の解明を目指した。

上記の手法のうち (a) の場合には、HTDMA

で粒子を選別する過程で、その個数濃度が減少してしまう。本研究では、HR-ToF-AMS による (a) の測定において、レーザー光の散乱により個々の粒子の飛来を検出する方法を用いた。これにより、粒子到達時の質量スペクトルが選択的に保存され、バックグラウンド信号（装置内部の気体成分の影響が考えられる）の寄与を低減できたと考えられる。なお、当初の予定には含まれないが、HR-ToF-AMS により個別粒子の組成解析が可能である点を活かし、化学組成の測定時に混合状態を直接的に調べる取り組みも行った（光散乱の手法は用いず、質量スペクトル信号から粒子検出イベントを抽出）。この大気観測は、2010 年の秋季に実施した。

(2) 都市エアロゾルの吸湿性と CCN 活性の関係の解析

同じく名古屋において、HTDMA と CCN カウンタを用いて大気エアロゾル粒子の吸湿性と CCN 活性を測定し、その関係を解析した。なお、この観測の一部は、(1) の観測と合わせて実施した。組成の解析と同様に、予定していた (a) 吸湿性に応じて粒子を選別して CCN 活性を解析する方法、に加え、(b) 吸湿性と CCN 活性を独立に測定して解析する方法、も用いた。これらの観測は、2009 年の秋季、2010 年および 2011 年の夏季に実施した。

(3) 森林エアロゾルの組成・吸湿性・CCN 活性の解析

都市エアロゾルとは異なるタイプのエアロゾルとして森林エアロゾルを取り上げ、2010 年の夏季に紀伊半島（和歌山）の森林域において、HTDMA、HR-ToF-AMS、CCN カウンタ等を用いた大気エアロゾルの粒径分布・組成・吸湿性・CCN 活性の観測を実施した。この取り組みでは、森林の植生から放出される揮発性有機化合物が前駆物質と考えられる生物起源二次有機エアロゾル (BSOA) に着目した。観測期間中には新粒子が生成する現象が見られ、これを対象とした解析も行った。

(4) 海洋エアロゾルに関する解析

関連プロジェクトにおいて沖縄で取り組んだ観測研究により、汚染性の海洋大気エアロゾルの吸湿性・CCN 活性の特徴付けが達成され (Mochida et al., J. Geophys. Res., 2010)、より清浄だと考えられる西部北太平洋でも、関連プロジェクトで吸湿性・CCN 活性の特徴付けが為された (Mochida et al., J. Geophys. Res., 2011)。観測されたエアロゾルは、吸湿性の尺度では内部混合的な特徴を示しており、これらの成果により本研究で HTDMA による粒子選別の手法を用いて新たに組成・特性を解析する必要性は低くなった。このような状況のもと、本研究では海洋エア

ロゾルの混合状態に影響する粒子の「起源」に着目し、海面から発生する一次海洋エアロゾル (PMA) を解析の対象とした。この取り組みでは、舞鶴湾の内外で海水のバブリングを行い、PMA を発生させて CCN 活性を調べた。

(5) 氷晶核の解析

関連プロジェクトで熱拡散チェンバ氷晶計の検討を行っていたが、計測に技術的な課題があり、今回、氷晶核は研究の対象から除外した。

4. 研究成果

(1) 都市におけるエアロゾルの組成と吸湿性の関係

2011 年の秋季に名古屋において、設定相対湿度 85% における吸湿成長度が 1.00、1.13、1.29、1.46 の粒子 (乾燥粒径: 330 nm) を選別し、その質量スペクトルを得た。そして、イオンシリーズ解析により、質量分析で生成するイオンの質量数の傾向を調べるなどした。その結果、低吸湿性の粒子は炭化水素様の有機物に富み、一方で高吸湿性の粒子は含酸素の有機物に富むことを示唆する結果が得られた。研究期間後の考察として、その特徴から、粒子に含まれる有機物はそれぞれ一次放出、二次生成による寄与が高いと解釈している。また、粒子の吸湿性が高いほど有機物に対する硫酸塩の信号の強度が高いことを示す結果も得られた。なお、2013 年の夏季には、更なる取り組みとして、3 つの相対湿度条件 (37%、65%、87%)、2 つの湿度履歴 (除湿もしくは加湿の状態から設定湿度に調節) で、吸湿成長度に応じて選別した粒子 (乾燥粒径: 300 nm) の質量スペクトルを得ている。

類似の先行研究としては、レーザーイオン化のタイプの質量分析計を用いたものがあるが、本研究では、電子イオン化の質量分析によって個別粒子の組成情報を得た点が特徴のひとつである。レーザーイオン化と異なり、電子イオン化の手法はエアロゾル成分の定量において高い実績があり、本研究の成果は、吸湿性と組成の関係をより詳細かつ定量的に把握するための重要な足掛かりになると期待できる。なお、これらの観測に先立ち、2010 年の秋季に東京においてレーザーイオン化のタイプのエアロゾル質量分析計 (ATOFMS) を接続した大気観測も実施し、予備的な解析を行っている。

上記の HR-ToF-AMS による計測時には光散乱による粒子検出を行っており、CCN に富むと考えられる 100 nm 前後の小粒子の解析を行うことは困難だと見込まれる。下限となる粒径は直接には決定していないが、同様の手法で大気粒子を計測した報告 (Cross et al., 2009) では、真空空力学径 100 nm 前後にお

ける検出効率はほぼゼロに近い。当初の計画には含まれていなかったが、本研究では、組成と吸湿性を独立して計測し、300 nm より微小な粒子の吸湿性と組成の関係を間接的に調べることで、上記の弱点を補った。

その取り組みのひとつは、2011 年夏季の大気観測で得たデータの解析で為された。この解析では、HR-ToF-AMS で得られた質量スペクトルから、有機物の PMF 成分 (炭化水素様有機エアロゾル HOA、半揮発性含酸素有機エアロゾル SV-00A、低揮発性含酸素有機エアロゾル LV-00A) を同定し、それらの濃度と、乾燥粒径が 150 nm の粒子の各吸湿成長度 (相対湿度 85%) における粒子濃度との相関を調べた。これまでに、低吸湿性粒子には、HOA (と SV-00A) が、中程度の吸湿性の粒子には SV-00A が、高吸湿性粒子には LV-00A が比較的に強く寄与していることを示す結果が得られている。これらの特徴から、現時点までに、一次放出された有機物が低吸湿性粒子に、都市域外から流入した有機物が高吸湿性粒子に、都市域内で二次生成した有機物が中程度の吸湿性の粒子に寄与している可能性を推察している。また、高吸湿性粒子の場合、硫酸塩の影響が示唆され、名古屋圏外から輸送された硫酸塩が影響していることが考えられる。このほか、吸湿成長度と化学組成の情報をもとに、平衡熱力学モデルを利用して粒子の吸湿性に対する無機塩の寄与を計算し、有機物の吸湿性の寄与を導いた。さらに、有機物の吸湿性パラメータ κ を各 PMF 因子に対して導出した。なお、この大気観測で得た化学組成の情報は、エアロゾル粒子の光学特性や有効密度を扱う関連研究でも活用されている (論文⑤、⑥)。

2009 年夏季の観測データからも、有機物の吸湿性に関する解析を行った。現在までに、組成情報を基に、粒子の吸湿性に対する無機塩の寄与を差し引いて有機物の吸湿性を求める方法と、粒子の吸湿性の有機物割合に対する依存性から有機物の吸湿性を推定する方法により、有機物の吸湿性パラメータ κ (κ -Köhler 理論に基づく) が導出されている。

また、2010 年の秋季に名古屋において HR-ToF-AMS を用いて、個別エアロゾル粒子の質量スペクトルを取得した (三原, 2012)。そして、質量分析で生成するイオンの質量数の傾向を調べ、観測期間中のエアロゾル粒子が、そこに含まれる有機物の含酸素度が低いグループと高いグループの 2 群に分かれることを示した。これらはそれぞれ、新しい一次粒子、長距離輸送中もしくは局地的に生成した粒子と考えられる。またこの解析では、硫酸塩・硝酸塩が、主に含酸素度の高い有機物と内部混合していることが示された。都市エ

エアロゾルでは、吸湿成長度分布が二峰になることが報告されており、この観測では2つの粒子群の存在が別のアプローチからも示された。なお、概算ながら、有機物の含酸素度を軸とした粒子の分布と、有機物の酸素/炭素比、 κ との対応も見積もられた。

そのほか、大気エアロゾル成分の再粒子化実験から有機成分の組成・吸湿性の知見を得た(論文⑦)。この実験では、名古屋で採取したエアロゾル粒子を極性の異なる溶媒で抽出し、それらの有機物群それぞれの化学構造的な特徴(酸素/炭素比など)を得た。さらに、有機物の吸湿性と酸素/炭素比の関係を調べ、メタノール・酢酸エチルに可溶な有機物について、傾き0.20の回帰直線を得た。この再粒子化の手法は、組成・吸湿性の測定対象の同一性が不確かなオンライン測定より、比較の厳密性において有利な側面がある。また、異なる有機成分の吸湿性の知見の獲得にもつながる。この取り組みでは、これらの点で混合状態を扱う他の成果を補う知見が得られた。

(2) 都市におけるエアロゾルの吸湿性と CCN 活性の関係

2010年の夏季に大気観測を実施し、相対湿度85%におけるエアロゾル粒子の吸湿成長度別に、CCN 効率スペクトル(CCNの割合の粒径依存性)を得た(論文②)。そして、水蒸気未飽和における吸湿成長度から推定されるCCN 活性化粒径とその実測値を比較し、その一致の程度を調べた。その結果、高吸湿性粒子の場合には、活性化粒径の推定値は実測値に対して12%以内で一致した。一方で低吸湿性粒子の場合には差異がより大きく、有機物による表面張力低下の効果、溶質の κ の湿度依存性、低い溶解度を持つ成分の寄与、粒子の非球形性の関与の可能性が示された。

さらに、この観測で得られた吸湿性/粒径の2次元粒子個数濃度の分布の情報を利用して、雲パーセルモデルを用いて雲生成時の雲粒の数濃度・有効半径を推定した。なお、この手法でエアロゾルの入力データを作成し雲粒生成を調べる際には、上述の不一致の影響が小さいことを確かめている。モデル計算の結果、上昇流の速度が高い場合に、高吸湿性の粒子に加えて、低吸湿性の粒子も雲粒の数濃度と有効半径に強く寄与することが示された(図)。例えば、上昇流の速度が 5.0 m s^{-1} の場合、高吸湿性粒子に加えて低吸湿性粒子の存在を考慮すると、低吸湿性粒子のみを考慮した場合と比較して、雲粒数濃度は平均で36%高かった。この結果は、モデルにおける雲粒生成過程の計算を精緻化する際に、エアロゾルの粒径分布に加え、吸湿性分布を考慮することが有用であることを示している。

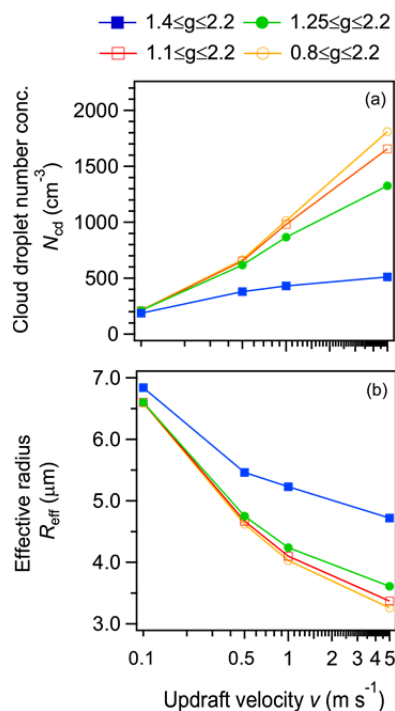


図: 雲パーセルモデルの計算において、存在を考慮する粒子を、吸湿成長度 g の範囲に応じて変えた場合の、雲粒の(a)数濃度および(b)有効半径の計算結果。

A で得られたその粒径分布と、独立にHR-ToF-AMS で測定したエアロゾル化学種の相関から、120 nm より小さい粒径ではHOAが主要な成分であり、120 nm より大きい粒径では元素上炭素(EC)、SV-00Aの寄与が比較的に大きい傾向が示唆された。現在までに、小さい低吸湿性粒子は一次放出されたHOAであり、大きい低吸湿性粒子は一次放出のECにSV-00Aが凝縮したものに富むと解釈している。また、吸湿成長度1.0、1.1の粒子群のCCN 効率スペクトルを測定し、それをもとに低吸湿性粒子の吸湿性パラメータの分布を算出した。前述の観測結果が示すように、HTDMA で低吸湿性粒子の吸湿性を高い精度で計測することは困難である。CCNの測定を併用して得たこの情報は、吸湿性/粒径の2次元粒子分布を補うものと言える。

また、2009年秋には、乾燥粒径で選別した大気粒子の吸湿性とCCN活性をそれぞれ測定し、吸湿性とCCN活性の関係を調べた。現在までに、HTDMAで得た水蒸気未飽和の条件における吸湿性パラメータ κ よりCCNの測定から求めた κ が高いこと、また一方でHTDMAの測定で得た κ を用いることで、エアロゾルに含まれるCCNの割合を良好な精度で推定できることが確認されている。また、これまでに、粒子の外部混合状態(吸湿性分布)を考慮することでCCNの割合の推定値と実測値の相関係数が高まり、吸湿性の考慮が重要であるこ

2011年の夏季の大気観測では、都市エアロゾルに見られる低吸湿性粒子に着目し、吸湿性とCCN活性の関係を調べた。HTDMA

とを裏付ける結果も得られている。水蒸気未飽和の条件における吸湿性の測定値から CCN 能力を推定した場合の、実測値との一致の程度やその原因は当該分野で議論されている点であり、本成果はその理解に有用な示唆を与えるものである。

(3) 森林域における新粒子生成およびエアロゾルの組成・吸湿性・CCN 活性

2010年8月に紀伊半島の森林域において大気観測を実施し、大気エアロゾルの個数粒径分布および組成(論文③, ④; Han, 2013)、吸湿性、CCN 活性を解析した。当初の計画には含まれないが、観測期間中に新粒子生成の現象をとらえたことから(東アジアの森林における新粒子生成の報告は、知り得る限り論文作成時にほかに1報があるのみで新規性が高い)、粒子成長速度の算出など、その特徴付けを行った。また、新粒子生成の要因として、海洋性の空気塊の到達が関与している可能性を指摘し、空気塊の起源と新粒子生成を関係付けた。また、新粒子が CCN として作用する粒径まで成長し、観測域において積雲の形成と降水の過程に取り込まれていた可能性を指摘した。そのほか、有機エアロゾル成分の質量スペクトルに対して PMF 解析を行い、BSOA と強く結びついた PMF 因子を抽出した。さらに、質量分析に基づいて有機物由来のイオンの相対的強度の変動を解析し、生成した BSOA のエイジングの進行を示唆する結果を得た。また、質量スペクトルの解析から、新粒子が CCN として作用し得る大きさの粒子まで成長する過程で、BSOA が支配的な働きをしたことを示唆する結果を得た。

この森林大気観測では、2009年夏の都市大気観測と同様に、乾燥粒径に応じて選別した粒子に対して吸湿成長度と CCN 割合の測定を行った。吸湿成長度の分布は一峰で特徴付けられ、新粒子生成が発生した日の午後時間帯には、 ~ 100 nm 以下の粒径範囲において、吸湿成長度 1.1 程度(相対湿度: 85%)の低吸湿性の粒子の存在が顕著であった。粒子の CCN 効率スペクトルから活性化粒径を計算したところ、新粒子生成のイベント日には、日中と夜間の間に大きく変動し、日中に活性化粒径が大きくなる様子が明らかとなった。また、CCN 効率スペクトルと個数粒径分布から、観測期間中の CCN 個数濃度の知見も得られた。さらに現在までに、HTDMA と CCN カウンタのそれぞれの計測値から得られた κ 値、そしてエアロゾル粒子に対する CCN の個数割合が、いずれも良好な一致を示す結果が得られている。この結果は、HTDMA で得られる吸湿性分布から CCN の存在を推定する手法の妥当性を支持するものである。

(4) 海洋エアロゾルの一次発生過程

舞鶴湾の内外で海水のバブリングにより PMA を人工的に発生させ、その CCN 効率スペクトルを得た。関連プロジェクトで得た同様の実験の結果も合わせて解析した結果、50 nm 未満の粒径領域において PMA が純海塩よりも低い κ を有することが示された。一方、より大きな粒径領域では、PMA と純海塩の κ に顕著な違いは見られなかった。海洋域では、HTDMA による吸湿性の測定で「海塩」タイプの粒子が検出されている例があり、この結果は、海洋エアロゾルの吸湿性分布の解釈に寄与し得るものである。なお、関係する取り組みとして、本研究では、実験室で海面を模した条件でのバブリング実験も行われている。

(5) まとめ

本研究では、HTDMA を大気エアロゾル粒子の選別装置として用い、各吸湿成長度の粒子の組成・CCN 活性を解析した。特に吸湿性と CCN 活性の関係については、外部混合状態が見られた都市(名古屋)のエアロゾルを対象に詳細な解析を行い、吸湿成長度ごとの関係を明らかにした。また、吸湿性と組成・CCN 活性の関係の解析において、それぞれの特性を独立に測定して解析する手法も活用し、都市および森林域の大気エアロゾルの吸湿成長度の分布と組成・CCN 活性を合わせて把握した。また、エアロゾルの質量スペクトルから得られた有機物の特徴からは、その起源・生成過程を推定した。そのほか、海洋エアロゾルの起源・混合状態に関わる PMA について、 κ 値を導出するなどの成果も得た。

今後の大気モデルによる気候影響の評価に資する主な成果としては、有機物の κ 値、水蒸気未飽和・過飽和の間の κ 値の関係が挙げられる。また、吸湿性/粒径の 2 次元粒子個数濃度分布の情報を利用した雲粒の濃度・半径の計算は、雲生成過程の解析に対するこの情報の有用性を示しており、この取り組みの今後の波及が期待できる。近年、Zaveri et al. (2010) は大気エアロゾルの混合状態を扱うモデル研究について報告しており、そこでは吸湿性も考慮されている。本研究の取り組みは、今後、このような混合状態を扱うエアロゾルモデルの開発や検証において役立つ可能性が十分にある。また、大気エアロゾルの動態把握において重要な有機物の生成過程の解明にも、今後、本研究の取り組みが活きる可能性がある。現在、二次有機エアロゾルの水相での生成過程の解明は重要な残存課題であり、粒子の吸湿性(含水量の情報)と組成(前駆物質・反応場の情報)・CCN 活性(雲粒化による液相反応に関する情報)を把握することは重要な意味を持ちうる。これらの研究動向から、本研究の成果は、エアロゾルの混合状態を扱う今後の研究に有用な指針を与え得ると考えられる。

(本研究は、研究代表者が主宰する研究室のメンバーなど、多くの方々の協力により達成された。ここに謝意を表する。)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① 持田陸宏: 大気エアロゾル粒子の吸湿性および雲凝結核活性: 理論, 測定および展望, 低温科学 72, 41-48, 2014. <http://www.lowtem.hokudai.ac.jp/lts.html> (査読有、解説)
- ② Kawana, K., N. Kuba, M. Mochida: Assessment of cloud condensation nucleus activation of urban aerosol particles with different hygroscopicity and the application to the cloud parcel model, J. Geophys. Res., 119, 3352-3371, doi: 10.1002/2013JD020827, 2014. (査読有、原著)
- ③ Han, Y., Y. Iwamoto, T. Nakayama, K. Kawamura, M. Mochida: Formation and evolution of biogenic secondary organic aerosol over a forest site in Japan, J. Geophys. Res., 119, 259-273, doi: 10.1002/2013JD020390, 2014. (査読有、原著)
- ④ Han, Y., Y. Iwamoto, T. Nakayama, K. Kawamura, T. Hussein, M. Mochida: Observation of new particle formation over a mid-latitude forest facing the North Pacific, Atmos. Environ., 64, 77-84, 2013. doi:10.1016/j.atmosenv.2012.09.036. (査読有、原著)
- ⑤ Nakayama, T., Y. Sawada, Y. Ikeda, Y. Matsumi, Y. Setoguchi, K. Kawana, M. Mochida: Particle effective density measurement using a DMA-APM-CPC system in Nagoya, Japan: Estimation of mixing state and shape, 「国際シンポジウム 電子顕微鏡を用いたエアロゾル研究」, 気象研究所技術報告, 68, 48-49, 2013. http://www.mri-jma.go.jp/Publish/Technical/DATA/VOL_68/index.html (査読無、プロシーディング)
- ⑥ Nakayama, T., Y. Ikeda, Y. Sawada, Y. Matsumi, Y. Setoguchi, K. Kawana, M. Mochida: Measurements of light absorption enhancement of black carbon using a photoacoustic spectrometer in Nagoya, Japan, 「国際シンポジウム 電子顕微鏡を用いたエアロゾル研究」, 気象研究所技術報告, 68, 50-52, 2013. http://www.mri-jma.go.jp/Publish/Technical/DATA/VOL_68/index.html (査読無、プロシーディング)

nical/DATA/VOL_68/index.html (査読無、プロシーディング)

- ⑦ Mihara, T., M. Mochida: Characterization of solvent-extractable organics in urban aerosols based on mass spectrum analysis and hygroscopic growth measurement. Environ. Sci. Technol., 45, 9168-9174, 2011. doi: 10.1021/es201271w. (査読有、原著)

[学会発表] (計 31 件)

- ① M. Mochida: Atmospheric aerosol studies using HR-ToF-AMS, HTDMA, and CCNC in Japan, Pre-AdMet Workshop, New Delhi, India, February 20, 2013. (招待講演)
- ② Ogawa, S., Y. Setoguchi, K. Kawana, T. Nakayama, Y. Ikeda, Y. Sawada, Y. Matsumi, M. Mochida: Size patterns and CCN activity of less hygroscopic aerosol particles observed in the urban atmosphere during summer, The 12th International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Science Conference, Beijing, China, September 19, 2012.
- ③ 持田陸宏, 瀬戸口義貴: 異なる吸湿性を持つエアロゾル粒子の質量分析: 名古屋の大気における観測. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 千葉, 2012 年 5 月 22 日.
- ④ 川名香織, 韓月梅, 岩本洋子, 中山智喜, 河村公隆, Tareq Hussein, 持田陸宏: 夏季の和歌山森林域における大気エアロゾル粒子の吸湿特性と雲凝結核活性. 第 17 回大気化学討論会, 宇治, 2011 年 10 月 18 日.

[その他]

ホームページ等

<http://has.env.nagoya-u.ac.jp/~mochida/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

持田 陸宏 (MOCHIDA MICHHIRO)
名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号: 10333642