

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2014～2016

課題番号：26303001

研究課題名(和文) 東南アジア地域を対象とした越境汚染起源粒子の発生源解析とバイオマス燃焼の影響評価

研究課題名(英文) Investigation of emission sources and influence of biomass burning on transboundary particulate pollutants in Southeast Asia

研究代表者

関口 和彦 (SEKIGUCHI, Kazuhiko)

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：50312921

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 11,900,000円

研究成果の概要(和文)：ハノイならびにチェンマイにおいてPM2.5およびPM0.1のフィールド観測を行い、炭素、イオン、有機マーカー成分が測定され、さらに粒子画像解析も実施された。ハノイでのPM2.5中の主要成分は、OC、ECとイオン成分であり、無機エアロゾルは(NH₄)₂SO₄粒子およびNH₄NO₃粒子であった。PM0.1中の主要成分は、OCおよびECであった。OCおよびEC濃度は、季節を問わず高濃度であり、自動車やバイクによる一次排出の寄与が示唆された。ハノイとチェンマイで測定成分の比較を行ったところ、両地域ともカリウムイオン濃度、レボグルコサン濃度が高く、バイオマス燃焼の高い寄与が確認された。

研究成果の概要(英文)：Field sampling and analysis of chemical components in PM_{2.5} and PM_{0.1} collected in Hanoi and Chiang Mai were carried out, and the image analysis for PM_{0.1} was also performed using a transmission electron microscope. Main components in PM_{2.5} collected in Hanoi were OC, EC and ion components, and inorganic aerosols were almost (NH₄)₂SO₄ and NH₄NO₃ particles. On the other hand, main components in PM_{0.1} were OC and EC. Since concentrations of OC and EC components were always high regardless of the season, it was suggested that primary emission by automobiles and motorcycles notably contributed to PM pollutants in Hanoi. When the chemical components in PM_{2.5} collected in Hanoi were compared with those in Chiang Mai, high concentrations of potassium ion and levoglucosan were confirmed in both areas. Therefore, it means that biomass burning has contributed to composition of PM_{2.5} in both areas.

研究分野：環境化学、大気エアロゾル科学、化学組成分析と大気汚染評価

キーワード：超微小粒子 アーティファクト フィールド観測 粒子組成 有機マーカー バイオマス燃焼 粒子成長 粒子画像解析

1. 研究開始当初の背景

国内での PM_{2.5} 環境基準の制定に伴い、大気汚染物質の越境汚染の観点から東アジア地域を対象とした大気フィールド観測は頻繁に行われるようになってきた。しかし、これら越境汚染の気塊の起源とされる、東南アジア地域の PM_{0.1} や PM_{2.5} に関する調査はほとんど行われていない。東南アジア地域は現在、従来の野焼きなどのバイオマス燃焼に加え、急速な経済発展により今後の大気環境悪化が最も懸念される地域である。さらに、健康影響を考慮した PM_{2.5} に関する環境基準制定などの環境政策も遅れており、今後の日本企業の東南アジア地域への産業移転などを考慮すると、PM_{0.1} や PM_{2.5} に関する大気フィールド観測を先駆けて行うことの意義は大きい。

PM_{0.1} は質量濃度での寄与は小さいものの、個数濃度では大気中の大部分を占める。PM_{0.1} は粒径が小さいために健康影響のみならず、PM_{2.5} 生成の核や雲核として振る舞い、気候変動に重要な役割を果たす。しかし、PM_{0.1} は、その小さい粒径から大気圧下でフィルターに均一捕集することが難しく、これまでの減圧過程での捕集方法では半揮発性成分が揮発するなど、正確な成分把握は困難であった。研究代表者らは、既往研究において、PM_{0.1} を大気圧下で均一捕集できる可搬型の慣性分級型サンプラーを開発してきたが、このサンプラーの使用にあたっては、PM_{0.1} 捕集中のガス吸着に関するアーティファクトを正確に把握しておく必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、東アジアからの越境汚染において気塊の起源とされる東南アジア地域、特に産業移転が盛んであるベトナム（ハノイ）とタイ（チェンマイ）を対象として、PM_{0.1} ならびに PM_{2.5} の大気フィールド観測を季節別に行い、粒子成分分析による環境データの蓄積、さらに、成分中有機マーカーに着目することで、自動車排ガスやバイオマス燃焼などの発生源の寄与を評価する。フィールド観測開始前には、PM_{0.1} サンプリングに必要な慣性フィルターサンプラーのアーティファクト評価をまず行い、その性能を正確に把握した上でフィールド観測に用いる。また、化学成分分析以外に透過型電子顕微鏡(TEM)を用いた粒子画像解析も行い、粒子性状からも地域的な特徴を調査する。

3. 研究の方法

(1) 慣性サンプラーのアーティファクト評価

アーティファクト評価に用いた PM_{0.1} 観測用慣性フィルターサンプラーの概要を図1に示す。評価実験では石英繊維フィルターをサンプラーに3枚セットし、さいたま市内の埼玉大学構内において 23.5 時間サンプリングを行った。2, 3 段目のフィルターのガス成分濃度が同程度であれば、各フィルターへのガス吸着は同程度であり、上段から下段のフィ

ルターへの PM_{0.1} の通過による過大評価はないと、仮定することができる。これより、1 段目と 2, 3 段目のフィルターを比較することによりガス成分の吸着影響を評価した。

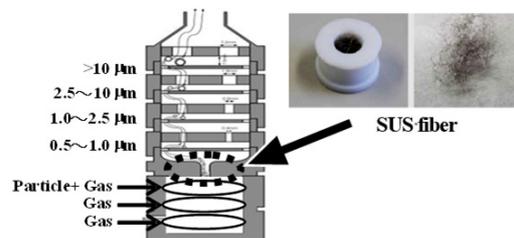


図1 慣性フィルターサンプラーの概要

(2) ハノイおよびチェンマイでのフィールド観測

観測地点として、ハノイはハノイ市内にあるハノイ工科大学構内、チェンマイはチェンマイ市内にあるチェンマイ大学構内を選択した。ハノイ市は、ベトナム北部に位置する首都であり、温帯夏雨気候に属す。北ベトナムの大気条件は、夏には高気圧が南半球から北に向かって広がり、インド洋上の高気圧と南シナ海上の亜熱帯性の高気圧による気団に支配される。この高気圧の配置により、湿った空気とモンスーンによる雨がもたらされる。観測は、2015年7月13日から8月2日の夏の雨の多い時期および2016年3月2日から16日の冬の乾燥した期間で実施した。大気捕集は各季節3、または2週間の連続捕集とした。捕集時間は24時間捕集とし、開始時刻は9時とした。一方、チェンマイは、バンコクの北、約720 km に位置する首都であり、熱帯に属す。観測は、ハノイとの比較のため2016年3月2日から16日の期間で同様の方法により実施した。PM_{2.5} と PM_{0.1} の捕集には、サイクロン (URG Corp.) および慣性フィルター (INF) サンプラー (Model 3180 プロトタイプ) を用いた。吸引流速はそれぞれ 16.7 L/min および 40.0 L/min である。

試料採取後、有機炭素成分 (Organic carbon, OC) および元素状炭素成分 (Elemental carbon, EC) は、熱光学式炭素分析計 (Model 2001) で IMPROVE 法により測定し、分析中の OC 炭化は反射光で補正した。また、水溶性有機炭素成分 (WSOC) の分析には、TOC 計 (TOC-V_CPH) を用いた。一方、シュウ酸イオンおよび無機イオン成分 (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) は、イオンクロマトグラフ (ICS-1600) を用いて測定した。

(3) 有機マーカー分析

ハノイ工科大学において実施した PM_{2.5} のプレ観測 (2015年3月16~25日) の試料に対し、有機マーカー分析の可能性と国内比較を実施した。粒子捕集にはサイクロンを用い、採取時間は10時から24時間とした。データ比較のための国内観測は、さいたま市 (埼玉大学) および前橋市 (群馬県衛生環境研究所) において各季節2週間、2地点同時に実施した。OC、EC、イオン成分に加え、溶媒抽出-誘導体化

GC/MS 法により有機マーカ成分を測定した。対象成分は、バイオマス燃焼マーカ成分のレボグルコサン、光化学反応マーカ成分のジカルボン酸 (C3~C9)、植物起源二次有機マーカ成分のピノン酸、2-メチルトテロールとした。

(4) 粒子画像解析

ローボリュームサンプラーおよびナノサンプラーのバックアップステージに TEM グリッドを固定したダミーフィルターを設置し、約 10 分間 PM_{2.5} と PM_{0.1} を採取した。粒子画像解析には透過型電子顕微鏡 (TEM) を用いた。各試料において TEM グリッドに採取された約 20-30 粒子を 20 万倍の倍率で個別に撮影して画像処理・解析を行った。各種粒子・粒径について投影断面積からその面積と等しい投影面積を持つ円の直径 (投影面積径) を求めた。凝集体については、凝集体を構成する一次粒子の性状および三次元の表面積に関する解析を行った。

4. 研究成果

(1) 慣性サンプラーのアーティファクト評価

ガス吸着影響評価の実験結果を図 2 に示す。2 段目と 3 段目のフィルターでは、EC が検出されず、OC の濃度は同程度検出された。これより、石英繊維フィルターは PM_{0.1} を全て捕集し、各フィルターに同程度のガス吸着があることが分かった。OC₂ と OC₃ のガス吸着は約 40% であり、OC₄ のガス吸着は OC₂ と OC₃ のガス吸着よりも低くなった。OC 全体のガス吸着は、地点によらず約 30% であり、本サンプラーは従来の観測装置と比較して、同等またはそれ以上のアーティファクト低減効果を持つことが明らかとなった。

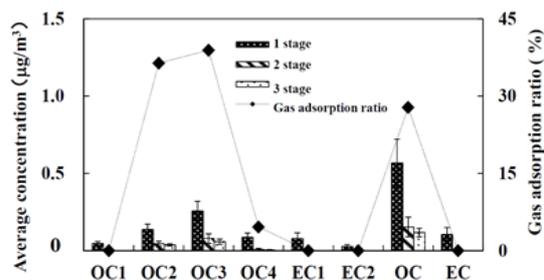


図 2 炭素成分濃度とガス吸着傾向

(2) ハノイにおけるフィールド観測

観測期間中における PM_{2.5} および PM_{0.1} の主要化学成分を図 3 に示す。PM_{2.5} 中の主要成分は、OC、EC、NH₄⁺、NO₃⁻ および SO₄²⁻ であった。OC および EC 濃度は、季節を問わず高濃度であり、一定の濃度を維持している様子が確認された。ハノイではディーゼルのバスやトラックから SO₂ が現在でも放出されており、これを前駆体としたと考えられる硫酸塩濃度も、季節を問わず高濃度で観測された。PM_{2.5} および PM_{0.1} 中のイオンバランスを確認したところ、NH₄⁺濃度と NO₃⁻ + SO₄²⁻濃度に対してどちらの粒径もおおよそ 1:1 の関係となっており、無機エアロゾルのほとんどが

(NH₄)₂SO₄ 粒子および NH₄NO₃ 粒子であることが確認された。PM_{0.1} 中の主要成分は、OC および EC であった。また PM_{2.5} と比較すると日変動は小さく、PM_{2.5} 濃度が高濃度の日には PM_{0.1} も付随して高濃度日になるような関係性はみられなかった。

ただし、雨季と乾季の比較において、降雨によるウォッシュアウトが観測された場合、PM_{2.5} 濃度が減少する傾向がみられたが、降雨終了後は、PM_{2.5} 濃度が急速に増加、回復する傾向も確認された。これは、核として成長する PM_{0.1} が十分に存在していたために、粒子成長が急速に起きたためと考えられる。

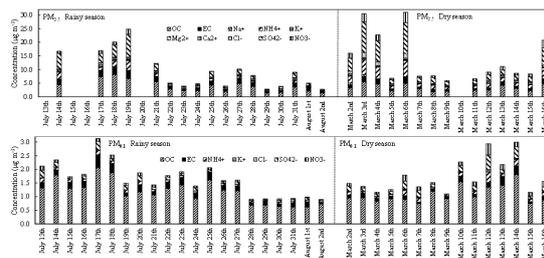


図 3 夏季(右)と冬季(左)にハノイで採取された PM_{2.5} および PM_{0.1} 中化学成分濃度の日変化

また、PM_{2.5} 中の OC、EC、WSOC 濃度および OC/EC 比、WSOC/OC 比を図 4 に示す。WSOC 濃度は夏季において 1.93 ± 1.41 µgC/m³、冬季において 1.64 ± 0.96 µgC/m³ であった。WSOC/OC 比は平均で夏季において 0.45 ± 0.12 (0.21-0.64 の範囲)、冬季において 0.46 ± 0.14 (0.22-0.65 の範囲) であった。夏季と乾季における観測では、ともに OC と EC 濃度は変動が大きく、EC の変動に伴って OC も変動している。このため OC は、自動車やバイクなどの一次排出の影響を大きく受けていることが示唆される。

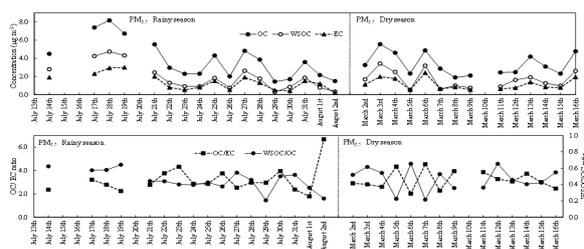


図 4 夏季(右)と冬季(左)の PM_{2.5} 中 OC、EC、WSOC 濃度および OC/EC と WSOC/OC の比

続いて、PM_{0.1} 中の OC、EC、WSOC 濃度および OC/EC 比、WSOC/OC 比を図 5 に示す。WSOC 濃度は夏季において 0.54 ± 0.24 µgC/m³、冬季において 0.51 ± 0.21 µgC/m³ であった。WSOC/OC 比は平均で夏季において 0.50 ± 0.13 (0.26-0.68 の範囲)、冬季において 0.47 ± 0.12 (0.30-0.74 の範囲) であった。夏季と乾季における観測では、ともに OC と EC 濃度は変動が大きく、EC の変動に伴って OC も変動している。このため、自動車やバイクなどの一次排出の影響を大きく

受けていることが示唆される。

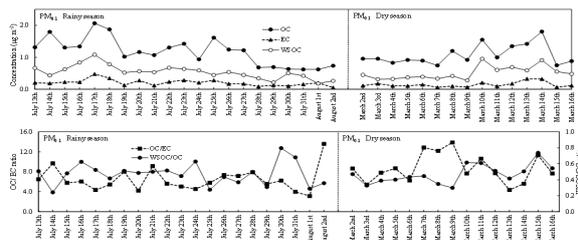


図5 夏季(右)と冬季(左)のPM_{0.1}中OC, EC, WSOC濃度およびOC/ECとWSOC/OCの比

ここで観測期間中におけるPM_{2.5}およびPM_{0.1}の炭素フラクションの割合に注目する(図6)。PM_{2.5}とPM_{0.1}を比較するとPM_{0.1}においてOC成分においては、OC2およびOC3成分の割合が高く、PM_{2.5}およびPM_{0.1}で粒子の組成が異なることが示唆された。この傾向はさいたま市およびドイツベルリンにおける我々の既往研究(道路近傍観測)においても同様の傾向が得られている。またPM_{0.1}の炭素フラクションに着目するとPM_{2.5}の炭素フラクションと比べて日変動がなく、安定していた。また観測期間中の炭素成分濃度に大きな差は見られなかった。このことから本観測地点において、PM_{0.1}は飽和的に存在する可能性、あるいは例えば自動車などの一次排出の同じ発生源が年間を通して存在することが考えられる。ハノイでは、主要な交通手段は自動車やバイクであり、天候などによる交通量の変化はないものと考えられる。

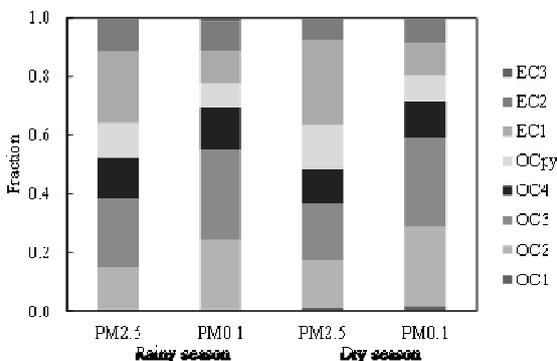


図6 夏季(右)と冬季(左)にハノイで採取されたPM_{2.5}およびPM_{0.1}中炭素フラクションの割合

(3) ハノイとチェンマイにおけるフィールド観測結果の比較

ハノイならびにチェンマイにおけるPM_{2.5}およびPM_{0.1}中の炭素フラクション割合を図7に示す。チェンマイ試料のPM_{2.5}中のOCおよびEC濃度は平均でそれぞれ16.0 ± 2.88、3.60 ± 0.51 µgC/m³であり、同時期にハノイで捕集した試料(平均OC 3.34 ± 1.41 µgC/m³; EC 1.15 ± 0.63 µgC/m³)に比べて非常に高い濃度であった。またOC/EC比は平均で4.42 ± 0.44とハノイ試料(3.20 ± 0.77)よりも高い(OCに対してECの濃度が低い)

ことから、本観測期間においてチェンマイでは、ハノイよりも二次生成起源の影響が大きい可能性が考えられる。PM_{0.1}中のOCおよびEC濃度は平均でそれぞれ3.54 ± 0.50、0.62 ± 0.09 µgC/m³であり、ハノイ試料(平均OC 1.08 ± 0.32 µgC/m³; EC 0.14 ± 0.08 µgC/m³)に比べて非常に高い濃度であった。

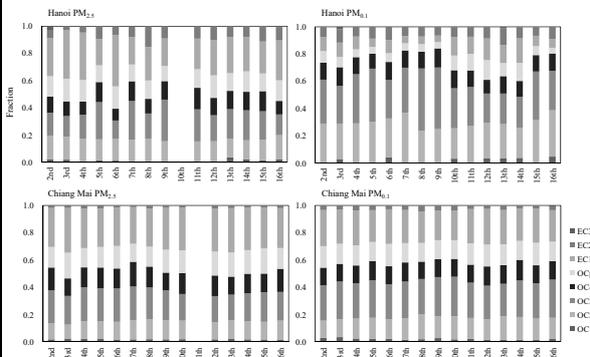


図7 夏季(右)と冬季(左)にハノイならびにチェンマイで採取されたPM_{2.5}およびPM_{0.1}中炭素フラクションの割合

ハノイ試料では、PM_{2.5}中の炭素フラクションのchar-ECに相当するEC1-OCpyの割合が大きく、OCはOC2、OC3、OC4およびOCpyが6割程度の割合を占めているのに対して、PM_{0.1}中ではchar-ECの割合が小さくなり、OC2とOC3が全体の6割を占める炭素フラクションの割合となる特徴がみられ、PM_{2.5}とPM_{0.1}で含炭素エアロゾルの化学組成が異なることが示唆された。チェンマイ試料では、PM_{2.5}中の炭素フラクションのchar-ECの割合が大きく、OCはOC2、OC3、OC4およびOCpyが7割程度の割合を占めているのに対して、PM_{0.1}中でも同様の炭素フラクションの割合となる特徴がみられ、PM_{2.5}とPM_{0.1}で含炭素エアロゾルの化学組成が似ていることが示唆された。またチェンマイ試料とハノイ試料を比較すると、PM_{2.5}、PM_{0.1}ともにハノイ試料ではEC2の割合が大きく、ハノイではディーゼル排気の影響が大きいことが示唆された。

さらに、ハノイでは、硫酸塩濃度とWSOC濃度の間に高い相関が得られたが、チェンマイ試料では相関が得られなかったことから、ハノイでは光化学二次生成もWSOC生成に寄与しているが、チェンマイではバイオマス燃焼由来のWSOCが大部分を占める可能性が示唆された。

(4) 有機マーカーによる国内粒子との比較

ハノイ、さいたま、前橋におけるPM_{2.5}中有機マーカー成分の濃度を図8に示す。ここでの関東2地点に関しては、バイオマス燃焼の影響が大きい冬季(12月)と平均気温がハノイの3月と同程度である春季(5月)のデータを用いた。PM_{2.5}中のレボグルコサン平均濃度は、ハノイ327 ng/m³、さいたま(冬季)175 ng/m³、前橋(冬季)93 ng/m³であった。ハノイにおけるレボグルコサン濃度は

関東2地点よりも高い値となっており、日本以上にバイオマス燃焼の影響が大きいことが明らかとなった。

ここで、3地点におけるPM_{2.5}中のOCとレボグルコサンの関係を図9に示す。関東におけるプロットはほぼ同一直線上にあり、レボグルコサンがOCに占める割合は炭素ベースで2C%前後で推移していた。これに対しハノイではプロットはばらついていて、レボグルコサンが高濃度だった日はOCに占める割合は3~5C%と高く、バイオマス燃焼起源粒子が多く存在していたと考えられる。また、ハノイのPM_{0.1}中のレボグルコサン濃度は平均15 ng/m³であり、PM_{2.5}との比較からレボグルコサンの大部分は0.1 μmよりも大きい粒径に存在することも示された。また、レボグルコサンとK⁺の関係についても確認したところ、K⁺もバイオマス燃焼の指標として用いられる成分ではあるが、ハノイのサンプルにおいてレボグルコサンとK⁺の相関は見られなかった。これより、ハノイでは、バイオマス燃焼以外のK⁺が存在する可能性が示唆された。

一方、植物起源二次有機粒子(BSOA)マーカーに関しては、ハノイでは2-メチルテトラオール濃度が高い一方で、ピノン酸は検出下限未満となっていた(図8)。前者はイソプレン、後者はα-ピネンから二次生成する成分である。この結果から、ハノイにおけるBSOAはイソプレン由来が主であると考えられる。関東2地点ではどちらの成分も検出されており、ハノイとは異なる結果であった。この違いはベトナムと日本の植生の違いが反映されている可能性がある。

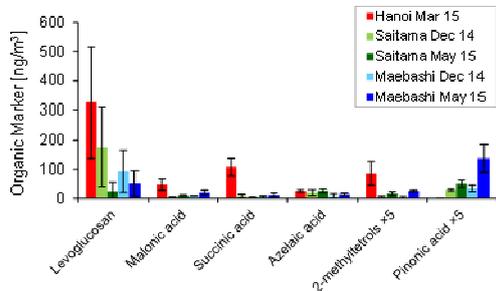


図8 ベトナムと日本(関東)のPM_{2.5}中有機成分濃度の比較

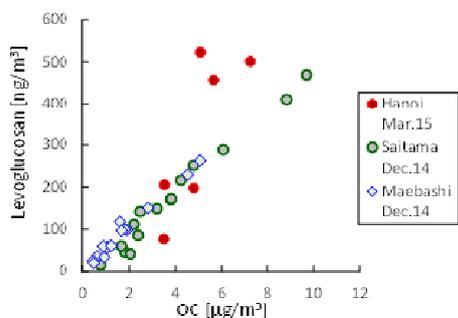


図9 OCとレボグルコサンの関係

(5) 粒子画像解析による性状評価

チェンマイならびにハノイで採取された粒径100 nm以下の試料に対してTEM観察を行

った。その結果の一例を図10、11にそれぞれ示す。チェンマイ、ハノイでの試料について、凝集体の混合割合は日本の交差点粒子等よりも低く、凝集体を構成する一次粒子径は交差点粒子等よりも小さいことが確認された。また、凝集体を構成する一次粒子数については交差点粒子等よりも多く、球体に対する比表面積については、チェンマイ試料はDEPと同程度に高く、ハノイ試料は交差点粒子と同程度に小さいことが示された。凝集体は自動車排ガスに多く含まれており、本試料である両地点とも、日本の交差点ほど自動車排気の影響を受けていないことが考えられる。これは成分分析結果で上述したように、バイオマス燃焼などから排出される粒子と混在している可能性を示唆するものである。

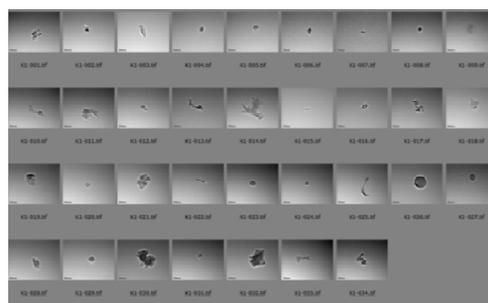


図10 チェンマイで採取したPM_{0.1}のTEM画像

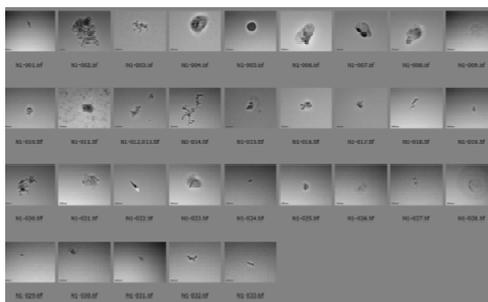


図11 ハノイで採取したPM_{0.1}のTEM画像

次にバイオマス燃焼で排出されるとされている球状のターボールに着目して解析を行った。チェンマイの試料(図10)ではターボールのような球状粒子が散見されたが、ハノイの試料(図11)では少なかった。実験室で稲わらと小枝をそれぞれ燃焼させて、発生した粒子を捕集し、その試料のTEM観察を行ったが、稲わらの方が多く球状粒子を排出し、小枝の方が凝集体を多く排出する結果となった。この違いは明らかではないが、バイオマス燃焼といえども燃焼物や燃焼温度等の他の条件により、球状粒子の排出傾向が異なる可能性が示唆された。

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6件)

① N. T. T. Thuy, N. T. Dung, K. Sekiguchi,

- R. Yamaguchi, P. C. Thuy, H. Q. Bang (2017). Characteristics of elemental and organic carbon in atmospheric nanoparticles at different sampling locations in vietnam, *J. Sci. Technol.*, 査読有, 55, 305-315.
DOI: 10.15625/2525-2518/55/3/8820
- ② 桑原博俊, 関口和彦, 三小田憲史 (2017). 二次粒子生成・成長に与える PM_{0.1} 中炭素成分および金属成分の寄与調査, *大気環境学会誌*, 査読有, 52, 30-39.
DOI: 10.11298/taiki.52.30
- ③ H. Kuwabara, K. Sekiguchi, K. Sankoda, K. Sakurai, R. Yamaguchi, M. Furuuchi, M. Hata, (2016). Evaluation of artifacts generated during collection of ultrafine particles using an inertial filter sampler, *Aerosol Air Qual. Res.*, 査読有, 16, 3063-3074.
DOI: 10.4209/aaqr.2015.12.0679
- ④ K. H. Kim, S. H. Woo, S. B. Lee, G. N. Bae, K. Sekiguchi, R. Kobayashi, M. Kamiyama (2016). Carbonaceous components in PM_{2.5} and PM_{0.1} with online measurements of gaseous and particulate pollutants: Implication of thermal optical derived EC2 fraction as a component of ultrafine particles in the roadside environment, *Aerosol Air Qual. Res.*, 査読有, 16, 361-372.
DOI: 10.4209/aaqr.2014.10.0266
- ⑤ S. Pongpiachan, S. Kudo, K. Sekiguchi (2014). Chemical characterization of carbonaceous PM₁₀ in Bangkok, Thailand, *Asian J. Appl. Sci.*, 査読有, 7, 325-342.
DOI: 10.3923/ajaps.2014.325.342
- ⑥ 桜井健治, 関口和彦, 王青躍, 古内正美, 畑光彦, (2014). 慣性フィルターサンプラーを用いた大気中超微小粒子捕集時における有機ガス吸着量の評価, *エアロゾル研究*, 査読有, 29, 119-123.
DOI: 10.11203/jar.29.119
- [学会発表] (計 8 件)
- ① R. Yamaguchi, K. Sekiguchi, K. Sankoda, H. Kuwabara, K. Kumagai, Y. Fujitani, N. T. T. Thuy, N. T. Dung (2016). Seasonal variation of chemical components in PM_{2.5} and PM_{0.1} in Hanoi, 2016 年 9 月 15 日, Hanoi University of Science and Technology (Hanoi, Vietnam).
- ② K. Sekiguchi, Y. Kurotsuchi, H. Kuwabara, K. Sankoda (2016). Evaluation of gas adsorption onto a quartz fiber filter during sampling of ultrafine particles using an inertial filter sampler, 2016 年 9 月 15 日, Hanoi University of Science and Technology (Hanoi, Vietnam).
- ③ 熊谷貴美代, 田子博, 齊藤由倫, 木村真也, 工藤慎治, 飯島明宏, 関口和彦 (2016). 都市、郊外、森林地点における PM_{2.5} 同時観測－有機マーカー成分の挙動, 第 57 回大気環境学会年会, 2016 年 9 月 8 日, 北海道大学 (北海道・札幌市)
- ④ 山口良介, 関口和彦, 三小田憲史, 熊谷貴美代, 藤谷雄二, Nguyen Thi Thu Thuy, Nghiem Trung Dung (2016). ベトナムハノイにおける PM_{2.5} および PM_{0.1} 中化学成分の雨季乾での比較, 第 57 回大気環境学会年会, 2016 年 9 月 7 日, 北海道大学 (北海道・札幌市)
- ⑤ 山口良介, 関口和彦, 三小田憲史, 熊谷貴美代, 藤谷雄二, Nguyen Thi Thu Thuy, Nghiem Trung Dung (2016). ベトナムハノイにおける PM_{2.5} および PM_{0.1} 中化学成分の特性評価, 第 33 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2016 年 9 月 2 日, 大阪府立大学 (大阪府・堺市)
- ⑥ 熊谷貴美代, 関口和彦, 山口良介, 藤谷雄二, Nguyen Thi Thu Thuy, Nghiem Trung Dung (2016). ベトナムハノイにおける PM_{2.5} および PM_{0.1} 中化学成分の特性評価, 第 33 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2016 年 8 月 31 日, 大阪府立大学 (大阪府・堺市)
- ⑦ H. Kuwabara, K. Sekiguchi, Q. Wang (2015). Seasonal and spatial variation of metal components in PM_{0.1} and PM_{2.5}, 9th Asian Aerosol Conference 2015, 2015 年 6 月 24 日, Kanazawa Tokyu Hotel (Kanazawa, Japan).
- ⑧ 関口和彦, 桑原博俊, 桜井健治, 王青曜, 古内正美, 畑光彦 (2014). 慣性フィルターサンプラーを用いた大気中超微小粒子捕集におけるアーティファクト評価, 第 31 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 2014 年 8 月 7 日, 筑波大学 (茨城県・つくば市)
- [図書] (計 1 件)
- ① 関口和彦 (共著), Q7. PM_{2.5} はどこから発生しているのでしょうか?, みんなが知りたい PM_{2.5} の疑問 25, 成山堂書店, 2014, 184 (40-46)
6. 研究組織
- (1)研究代表者
関口 和彦 (SEKIGUCHI, Kazuhiko)
埼玉大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 5 0 3 1 2 9 2 1
- (2)研究分担者
藤谷 雄二 (FUJITANI, Yuji)
国立環境研究所・環境リスク・健康研究センター・主任研究員
研究者番号: 2 0 3 9 1 1 5 4
- 熊谷 貴美代 (KUMAGAI, Kimiyo)
群馬県衛生環境研究所・研究企画係・独立研究員
研究者番号: 5 0 3 9 1 8 2 6