

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2013～2015

課題番号：25303003

研究課題名(和文) 東南アジアの農業・アグロインダストリ起源の環境負荷評価と共通対策プロトコルの検討

研究課題名(英文) Evaluation of Environmental Loads of Agriculture and Agro-industries in South East Asia and Investigation to Common Tools for Mitigation

研究代表者

古内 正美 (FURUUCHI, MASAMI)

金沢大学・環境デザイン学系・教授

研究者番号：70165463

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：調査対象地域で主に粒子状物質について長期的大気環境モニタリングを実施し、季節・年変動特性を評価した。またタイの複数の県について各種農作物の収穫量と残渣処理量およびアグロインダストリーでの製品の生産量とその残渣物理用量を、栽培・残渣処理時期を含めて詳細に調査し、詳細な月別排出インベントリを推定した。この結果と大気汚染モニタリングデータの相関から大気汚染寄与を評価する手法の妥当性を検証した。この結果、本手法が極めて妥当であり、農業・アグロインダストリー・森林火災起源の粒子汚染寄与、健康リスクを明らかにするとともに、小規模バイオマス燃焼源への対策技術と合わせて、評価・対策のプロトコルを示した。

研究成果の概要(英文)：Continuous monitoring of air pollutants in the studied area has been conducted to evaluate seasonal and annual behaviors, or, in Thailand, Cambodia and Vietnam. As a typical case in the studied area, for some provinces in Thailand, the monthly base production amount of crops as well as the amount and period of residues burning in field have been investigated in detail to provide the emission inventory from agriculture and agro-industries. The obtained inventory data were related to the monitoring data of air pollutants in corresponding provinces, showing the emission from agricultural activities including forest fires significantly affect the status of air pollution. A protocol for the evaluation and mitigation for such situation, which consists of the above evaluation procedure and a developed emission control technology for small scale sources, could be proposed as an important result.

研究分野：大気環境工学

キーワード：農業 アグロインダストリー バイオマス燃焼 環境負荷 排出インベントリ 粒子

1. 研究開始当初の背景

再生可能エネルギーとしてのバイオマスの重要性が高まっているが、バイオマスの持つ最も大きなアドバンテージは、燃焼で放出される CO₂ が同時期に成長する植物に吸収されて正味の排出量がゼロとみなせる「カーボンニュートラル」の特性にあるといわれている。しかし、最近のバイオマスの積極的な利用推進の機運の中で欠落しているのは、仮にカーボンニュートラルが理想的に実現できたとしても、バイオマス利用時には CO₂ 以外の「大量の汚染物質の排出」が生ずる危険性があり、気候変動だけでなく健康リスク上も大きな負荷を与えることへの意識である。簡便であり、量的には圧倒的な割合を占めるバイオマス利用法である直接燃焼は、まさにこの典型である。すなわち、地球全体の大気中に含まれるブラックカーボン粒子の大半は、野焼きなどのバイオマス燃焼が原因であり、これが温暖化を促進するという CO₂ 抑制とは矛盾する重大な問題を持っていること、そして、燃焼煙中には、高い健康リスクが懸念されるナノ粒子などの微小粒子や多環芳香族化合物などの有害物質が高濃度で含まれ、健康リスクが非常に高いことは、あまり意識されていない。このため、例えば大気環境について言えば、野焼きや小規模の燃焼炉などではほとんど無秩序に汚染物質が大気中に放出され、バイオマス利用が大規模に行われる場合には極めて深刻な健康リスクが懸念されることになる。

東南アジア地域では、温暖な気候のため低コストで大量に得られるというアドバンテージを生かして大規模かつ積極的なバイオマス利用が広く行われてきている。例えばタイでは現状でも再生可能エネルギーの7割近くをバイオマス燃料で占めており、将来的にも大きな役割を果たすことが期待されている。また、カンボジアでは、家庭用エネルギー源の90%以上が薪でまかなわれており、利用のしやすさとコストの点で将来的にもその重要さは変わらない。開発途上という側面を持つことにもよるが、いわばこの地域は、アジアだけでなく世界的に見ても「量的」な意味ではバイオマス利用の点で先進的な位置を占めている。そして、そのバイオマスの生産を担い、かつこの地域に共通する最も重要な産業は、農業および農作物を加工して2次製品を製造する農産物加工産業(アグロインダストリー)である。しかしながら、「量的」な意味では先進的でも、「質的」な意味でこの地域の農業・アグロインダストリーによるバイオマス生産とその利用は大きな問題を抱えており、まさに前述した環境負荷の点で深刻な健康リスクが懸念される発生する汚染物質への配慮がないまま、大規模に行われている状況にある。

その環境負荷の範囲も、農作物残渣の野焼きや、タイ南部で典型的な天然ゴム製造に伴う木質バイオマスの燃焼、酸処理の廃液処理

としての簡便な沈澱・処理池の利用とそれに伴う土壌汚染、種々の木材のボイラー・家庭用燃料としての利用やサトウキビ残渣・もみ殻の焼却処理による大気汚染、パームオイル製造時のやし殻残渣の処理、パームオイル製造時のフェノール化合物による水質・土壌汚染など多岐にわたっている。この意味で、農業・アグロインダストリーは、その規模の大きさからいえば、道路交通を上回るこの地域の主要な汚染物質発生源となっていると言える。しかしながら、このような重要かつ最大の汚染源であるにも関わらず、汚染物質のインベントリ情報などは十分に整備されておらず、地域の環境負荷への寄与についてもほとんど情報がない。このため、これらの汚染の健康リスクや健康影響がどの程度ものであるのかについては情報を得ることが不可能に近いかほとんど整理されておらず、環境対策の指針を明確に示すことは容易でない状況にある。

2. 研究の目的

1) 低環境負荷特性を持つバイオマス由来の燃料や製品の供給源として期待される農業・アグロインダストリーを環境負荷の視点でとらえ、環境負荷の実態や国別の特徴を明らかにするだけでなく、2) それによる健康リスクを評価する一方、3) 小規模燃焼源に対応した対策技術の方向性を示し、4) 地域の特性に応じて柔軟に適用できる共通の環境対策手法(プロトコル)を構築することで、バイオマス利用の推進を試みるすべての国々で利用可能な「健康リスクの低いバイオマス利用の指針」を示す。また、5) 以上の検討を連携して行うことを通じて、リーダーシップを発揮できる有能な若手人材を生かした仕組みを積極的に構築する。

3. 研究の方法

本研究の目的に対応させて、1) 環境負荷の視点で見た東南アジア各国の農業・アグロインダストリーの実態と2) 各国での環境モニタリングを、分担教員が連携関係を持つ各国の協力教員と共同して研究期間全体で実施し、現状を詳細に把握できる情報を集積する。さらに、3) 農業・アグロインダストリーによる環境負荷が及ぼす健康影響を、作業環境・生活環境下での曝露実態と健康状況調査を通じて評価するとともに、他の発生源からの寄与度ともインベントリ分析に基づいて比較考察する。また、4) バイオマス直接燃焼時の環境負荷対策について、主要な排出汚染物質である粒子状物質に焦点を当てて、既存の発生源対策技術の応用の可能性を検討する。さらに、微小粒子の排出抑制に特化した粒子充填層フィルタの基礎的特性を実験室レベルで実験・理論の両面から検討したうえで、天然ゴムシート乾燥炉などの実際の小規模バイオマス燃焼炉に適用し、その実用性に検証を加える。5) 1) - 4) の結果に

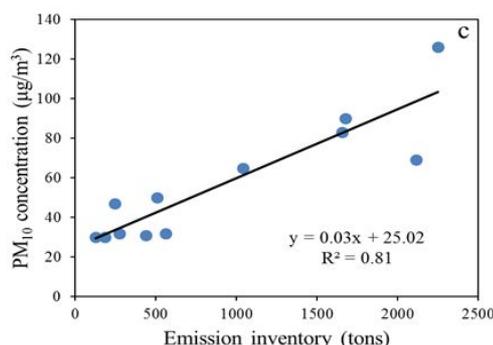
基づき、ワークショップを毎年、総括ワークショップを3年目に開催して、地域の特性に応じて適用できる共通の環境対策手法(プロトコル)を議論・構築し、「健康リスクの低いバイオマス利用の指針」を提示する。

4. 研究成果

1) 調査対象地域(タイ、カンボジア、ベトナム)を含む東アジア地域でPM_{0.1}を含む粒子状物質を長期的に測定する観測網(東アジアナノ粒子モニタリングネットワーク、EA-Nanonet、2016年3月時点で参加10カ国21機関)を構築し、現地研究者の協力の下、主にPM_{0.1}を含む粒子状物質について長期的大気環境モニタリングおよび観測キャンペーンを実施し、特定時期・季節別・年変動特性を評価した。2) 排出インベントリ情報が比較的整備されたタイを対象として手法論開発の一環として、複数の県での各種農作物の収穫量と残渣処理量およびアグロインダストリーでの製品生産量とその残渣物理用量を、栽培・残渣処理時期を含めて詳細に調査し、詳細な月別排出インベントリを推定した。3) 2)の結果と現地大気汚染測定局で得られた大気汚染モニタリングデータの相関の検討から、NO_xやSO₂等のガス状汚染物質への影響が比較的少ない一方で、PM₁₀、PM_{2.5}といった粒子状物質に及ぼす農業・アグロインダストリー森林火災起源の排出影響が極めて大きいことは、タイ北部のチェンマイ周辺農村部でのナノ粒子曝露の大きさとも対応しており、微小粒子による大きな健康リスクが推定されること等を明らかにした(図1にPM₁₀測定値-インベントリ相関に関する一例を示す。論文2)。さらに、タイのバンコクとチェンマイでの連続観測で得られたPM_{0.1}を含む粒子径別の炭素成分の特性と炭素排出インベントリの比較検討から、肺深部に沈着しやすく高い健康リスクをもつPM_{0.1}への農業・アグロインダストリー起源のバイオマス燃焼影響が、バンコク都市部でも明確に表れていること等を明らかにした(図2参照、公表予定)。4) 砂粒子を充填した粒子充填層フィルタを低コスト・小規模バイオマス燃焼装置への排出源対策技術として試作・検討し、自然対流のみでPM_{0.1}粒子を効果的に除去できることを示すとともに、小型燃焼炉実機に装着してその有効性を実証した(学会発表8)。また天然ゴムシート製造工場のシート乾燥システムへの設置のための技術的問題を検討した。5) 2013年(バンコク、カセサート大およびチュラロンコン大)、2014年(金沢、金沢大)、2015年(ハジャイ、プリンスオブソンクラ大学)でワークショップを開催し、農業・アグロインダストリーによる環境負荷、バイオマス燃焼起源の粒子状物質の排出と環境中の現状などについて、タイ、カンボジア、マレーシア、インドネシアなどの主に若手の研究者が議論した。このような機会を通じて若手育成

と将来的な協力ネットワークを構築した。

以上のように、農業・アグロインダストリー・森林火災起源の粒子汚染寄与、健康リスクを明らかにするとともに、小規模バイオマス燃焼源への対策技術と合わせて、同様の問題をもつ地域へ適用可能な共通性をもった評価・対策のプロトコルを示すことができた



(c) Nakhon Sawan, 2014

図1 PM₁₀ 排出インベントリとモニタリングデータとの相関(タイ・ナコンサワン県、雑誌論文2)

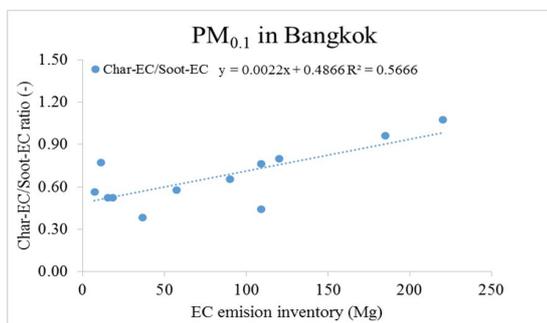


図2 バイオマス燃焼指標(Char-EC/Soot-EC)と元素状炭素(EC)排出インベントリとの関係

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3件)

1. Hirotohi Kuwabara, Kazuhiko Sekiguchi, Kenshi Sankoda, Kenji Sakurai, Ryosuke Yamaguchi, Masami Furuuchi, Mitsuhiko Hata, Evaluation of Artifacts Generated during Collection of Ultrafine Particles Using an Inertial Filter Sampler, Aerosol and Air Quality Research, 査読有, 2016, in press, doi: 10.4209/aaqr.2015.12.0679
2. Worrador Phairuang, Mitsuhiko Hata, Masami Furuuchi, Influence of agricultural activities, forest fires and agro-industries on air quality in Thailand, Journal of Environmental

Sciences, 査読有, 2016, in press, doi:10.1016/j.jes.2016.02.007

3. 桜井 健治, 関口 和彦, 王 青躍, 古内 正美, 畑 光彦, 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, pp.119-123, 2014

[学会発表](計36件)

1. 山本祐介, 畑 光彦, 張 瞳, 鳥羽 陽, ソンゲン タニアパット, 池田卓司, 小山博巳, 井上隆弘, 大谷吉生, 古内正美, 慣性フィルタとインパクトを組み合わせたナノ粒子分級性能向上の検討, 第56回大気環境学会年会, 2015年09月15日~2015年09月17日, 早稲田大学(東京)
2. 加賀野井祐一, 柿本健作, 畑光彦, 古内正美, 早川和一, 鳥羽 陽, 都市部の大規模交差点において捕集した大気中ナノ粒子に含まれる多環芳香族炭化水素類の解析, 第56回大気環境学会年会, 2015年09月15日~2015年09月17日, 早稲田大学(東京)
3. 桑原博俊, 関口和彦, 三小田憲史, 王 青躍, 大気中超微小粒子および微小粒子に含まれる炭素成分および金属成分の季節変動, 第56回大気環境学会年会, 2015年09月15日~2015年09月17日, 早稲田大学(東京)
4. Hisam Samae, Surajit Tekasakul, Perapong Tekasakul, Gumpon Prateepchaikul, Masami Furuuchi, Particle- and gas-phase polycyclic aromatic hydrocarbons from biodiesel combustion, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
5. Akira Toriba, Ahiho Higa, Yuichi Kagonoi, Ning Tang, Wenhua Fu, Hungye Qi, Mitsuhiro Hata, Masami Furuuchi, Kazuichi Hayakawa, Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in environmental nanoparticles collected inside taxis in Shenyang, China, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
6. Thunyapat Thongyen, Mitsuhiro Hata, Takuji Ikeda, Hiromi Koyama, Yoshio Otani, Masami Furuuchi, Online Monitoring of Black Carbon in PM0.1 using MAAP with PM0.1 Inertial Filter Unit, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
7. Mitsuhiro Hata, Masami Furuuchi, Measurement of Nano-particle Size Distribution generated from Biomass Combustion, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢
8. Mitsuhiro Hata, Masami Furuuchi, Granular Bed Filtration for Emission Control from Biomass Stoves, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
9. Fumie Yoshikawa, Mitsuhiro Hata, Atsushi Matsuki, Surui Dongann, Hiroshi Onidzuka, Yoshio Otani, Masami Furuuchi, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
10. Tong Zhang, Thunyapat Thongyen, Mitsuhiro Hata, Akira Toriba, Yasunori Tanaka, Takuji Ikeda, Hiromi Koyama, Yoshio Otani, Masami Furuuchi, Improvement of Nanoparticle Nanoparticle Classifier for High Volume Air Sampler, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
11. Masami Furuuchi, Regina Hitzemberger, Wladyslaw W. Szymanski, Mitsuhiro Hata, Relation between Particle-bound Brown Carbon and Carbon Components Evaluated by Thermal Optical Method, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
12. Mitsuhiro Hata, Tong Zhang, Ryosuke Fujii, Suthida Piriyakarnsakul, Li Bao, Masami Furuuchi, Preliminary Study on Removal of Smells in Aerosol by Air Filter, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
13. Mitsuhiro Hata, Masami Furuuchi, Surui Dong, Akira Toriba, Kazuhiko Sekiguchi et al., Ambient Nanoparticles Characterization by East and Southeast Asia Nanoparticle Monitoring Network, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
14. Jiraporn Chomane, Perapong Tekasakul, Surajit Tekasakul, Mitsuhiro Hata, Masami Furuuchi, Effects of Moisture Content on Smoke Particles Concentration and Particle-Bound Carbon Components

- from Rubber Wood Combustion, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
15. Worradorn Phairuanng, Kosuke Fukae, Mitsuhiko Hata, Masami Furuuchi, Influences of Agricultural Activities, Forest Fires and Agro-industry on Air Quality in Thailand, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
 16. Issariya Vejponsa, Masami Furuuchi, Sinkalaya Suvachittanont, Thunyapat Thongyen, Wladyslaw Witold Szymanski, EREPAS - a novel approach for PM-characterization of ambient aerosols, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
 17. Masami Furuuchi, Takanobu Okabe, Ryosuke Hosokawa, Surui Dong, Mitsuhiko Hata, Shinji Tsukawaki, Sengly Sroy, Thanh Channmuny, Sivmey Hor, Peng Chanto, Lim Pisey, Ek Pichmony, Ung Porsry, Sopal Try, Hul Seingheng, Peou Hang, Characteristics of Particle-bound Carbon Components Related to Emission Sources, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
 18. Surui Dong, Li Hou, Kakeru Minami, Tong Zhang, Tianren Zhao, Mitsuhiko Hata, Masami Furuuchi, Yoshio Otani, Characteristics of Ambient Nano-particles in Kanazawa, Japan, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
 19. Yusuke Yamamoto, Thunyapat Thongyen, Tong Zhang, Mitsuhiko Hata, Akira Toriba, Takuji Ikeda, Hiromi Koyama, Yoshio Otani, Masami Furuuchi, Development of Small Flow Nanoparticle Classifier for Online Monitors, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
 20. Masami Furuuchi, Takanobu Okabe, Ryosuke Hosokawa, Surui Dong, Mitsuhiko Hata, Shinji Tsukawaki, Sengly Sroy, Thanh Channmuny, Sivmey Hor, Peng Chanto, Lim Pisey, Ek Pichmony, Ung Porsry, Sopal Try, Hul Seingheng, Peou Hang, Emission Sources of PM in Urban Areas in Cambodia, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
 21. Hui Ge, Tong Zhang, Eriko Yamazaki, Sachi Taniyasu, Mitsuhiko Hata, Masami Furuuchi, Nobuyoshi Yamashita, Development of Particle Sampler for Emerging POPs, PFOS and Related Chemicals, 9th Asian Aerosol Conference (AAC2015), 2015年06月24日~2015年06月27日, 金沢東急ホテル(石川県金沢市)
 22. M. Furuuchi and M. Hata, Granular Bed Filtration of Nanoparticles Emitted from Biomass Burning, 5th International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications (ICNFA'14), 2014年08月11日~2014年08月13日, プラハ(チェコ)
 23. T. Thongyen, M. Hata, Y. Otani, M. Furuuchi, T. Ikeda, H. Koyama, Online Marketing of Concentrations of Aerosol Nanoparticles and Associated Black Carbon Using CPC and Black Carbon Monitor with PM0.1 Inertial Filter, 5th International Conference on Nanotechnology: Fundamentals and Applications (ICNFA'14), 2014年08月11日~2014年08月13日, プラハ(チェコ)
 24. T. Zhang, T. Thongyen, A. Toriba, M. Hata, L. Bao, Y. Otani, T. Ikeda, H. Koyama, and M. Furuuchi, PM0.1 High Volume Air Sampler for Ambient Nanoparticles, Conference on Aerosol Technology 2014 (AT2014), 2014年06月16日~2014年06月18日, カールスルーエ(ドイツ)
 25. M. Furuuchi, T. Thongyen, M. Hata, L. Bao, A. Toriba, T. Ikeda, H. Koyama and Y. Otani, PM0.1 Personal Sampler for Evaluation of Personal Exposure to Aerosol Nanoparticles, Conference on Aerosol Technology 2014 (AT2014), 2014年06月16日~2014年06月18日, カールスルーエ(ドイツ)
 26. Z. Tong, T. Thongyen, A. Toriba, M. Hata, L. Bao, Y. Otani, M. Furuuchi, T. Ikeda, H. Koyama, Development of a high volume particle size classifier for collecting nanoparticles, 7th World Congress on Particle Technology (WCPT7), 2014年05月19日~2014年05月22日, 北京(中国)
 27. T. Thongyen, M. Hata, A. Toriba, L. Bao, T. Ikeda, H. Koyama, Y. Otani, M.

- Furuuchi, Development and Application of a Personal Sampler for Evaluation of Personal Exposure to PM0.1, 7th World Congress on Particle Technology (WCPT7), 2014年05月19日~2014年05月22日, 北京(中国)
28. W. Phairuang, K. Fukae, S. Uehara, M. Hata, M. Furuuchi, Environmental Loads from Biomass Combustion related to Agriculture and Agro-industries in Thailand, 7th World Congress on Particle Technology (WCPT7), 2014年05月19日~2014年05月22日, 北京(中国)
29. M. Hata, P. Tekasakul, S. Tekasakul, L. Bao, M. Furuuchi, Measurement of Nano-particle Size Distribution generated from Wood Biomass Combustion, 7th World Congress on Particle Technology (WCPT7), 2014年05月19日~2014年05月22日, 北京(中国)
30. W. Phairuang, K. Fukae, S. Uehara, M. Hata, M. Furuuchi, Emission Loads from Agricultural Residue Burning in Thailand, International Aerosol Conference (IAC2014), 2014年08月28日~2014年09月02日, 釜山(韓国)
31. Z. Tong, T. Thongyen, A. Toriba, M. Hata, L. Bao, Y. Otani, M. Furuuchi, T. Ikeda, H. Koyama, Development of a High Volume Particle Size Classifier for Nanoparticles, International Aerosol Conference (IAC2014), 2014年08月28日~2014年09月02日, 釜山(韓国)
32. T. Thongyen, M. Hata, T. Ikeda, H. Koyama, Y. Otani, M. Furuuchi, Monitoring of Aerosol Nanoparticles using a Condensation Particle Counter with PM0.1 Inertial Filter, International Aerosol Conference (IAC2014), 2014年08月28日~2014年09月02日, 釜山(韓国)
33. 畑 光彦, ペラボン・テカサクル, 鮎 林 発, 古内正美, 木質バイオマス燃焼起源 ナノ粒子の生成挙動と特性に関する考察, 第30回エアロゾル科学技術研究討論会, 2013年08月27日~2013年08月29日, 京都大学(京都府京都市)
34. 深江恒佑, ワラドーン ファイルアン, 鮎 林 発, 畑 光彦, 古内正美, インベントリ分析に基づくバイオマス燃焼の環境影響評価, 第30回エアロゾル科学技術研究討論会, 2013年08月27日~2013年08月29日, 京都大学(京都府京都市)
35. 古内正美, 星野愛子, 畑 光彦, 鮎 林 発, 大流量 PM0.1 サンプラの開発, 第30回エアロゾル科学技術研究討論会,

2013年08月27日~2013年08月29日, 京都大学(京都府京都市)

36. ソンゲン タニアパット, 鳥羽 陽, 畑 光彦, 池田卓司, 小山博己, 鮎 林 発, 大谷吉生, 古内正美, ナノ粒子個人曝露評価用サンプラの開発, 第30回エアロゾル科学技術研究討論会, 2013年08月27日~2013年08月29日, 京都大学(京都府京都市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古内 正美 (FURUUCHI, Masami)

金沢大学・理工研究域・環境デザイン学系・教授

研究者番号: 70165463

(2) 研究分担者

畑 光彦 (HATA, Mitsuhiro)

金沢大学・理工研究域・環境デザイン学系・准教授

研究者番号: 00334756

(3) 研究分担者

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: 50312921

(4) 研究分担者

鳥羽 陽 (TORIABA, Akira)

金沢大学・医薬保健研究域・薬学系・准教授

研究者番号: 50313680