

## 二国間交流事業 共同研究報告書

令和4年4月11日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]  
金沢大学・理工研究域・地球社会基盤学系  
[職・氏名]  
准教授・畑 光彦  
[課題番号]  
JPJSBP 120199202

1. 事業名 相手国: タイ (振興会対応機関: NRCT) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) PM<sub>0.1</sub>リアルタイムセンサーの開発とその国際観測網およびスマートシティへの応用(英文) PM<sub>0.1</sub> Real-time Sensor Development for Atmospheric Monitoring and Applications to an International Network and Health Risk Management in a Smart City3. 共同研究実施期間 令和元年 4月 1日 ~ 令和4年 3月31日 (3年 0月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Prince of Songkla University ・ Professor ・ Perapong Tekasakul

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額	7,087,500 円
内訳	
1年度目執行経費	2,335,000 円
2年度目執行経費	2,375,000 円
3年度目執行経費	2,375,000 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	10 名
相手国側参加者等	9 名

\* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	2	0	4 (3)
2年度目	0	0	0 (0)
3年度目	0	0	0 (0)

\* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣: 委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

## 8. 研究交流の概要・成果等

### (1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本研究は、「IoT ネットワーク構築を想定した 0.1 $\mu$ m 以下の気中ナノ粒子(PM0.1)リアルタイムセンサの開発」を目的とし、具体的な目標は「安価・小型で」「ナノ粒子(PM0.1)を」「オンライン観測する」センサ技術の開発である。本研究を通して提案要素技術の仕様検討・改良と、実験室内での検証を行うと同時に、「東アジアナノ粒子国際観測網」の中での日本とタイの共同観測を通じた試作装置の実証試験と、「タイ・ハジャイ市スマートシティ計画」の中での IoT ネットワークを構築と、PM0.1 に由来する健康リスク分析の可能性を検討した。

本研究で提案する「PM0.1 センサ」は、申請者らが別途検討を進めている「人間動態オンラインモニタ」と対して IoT ネットワークを構築し、「いつ」「どこで」「どのくらい」PM0.1 のリスクがあるのか、という動的な分析と予測を可能にする。IoT ネットワークの多点観測からは PM0.1 の市内発生と市外からの輸送の割合など、発生源の詳細分析に供することを目標にしている。

申請者らのグループ「東アジアナノ粒子観測網」を通じてアジア 11 カ国 23 地点で PM0.1 共同観測を行い、詳細な PM0.1 挙動分析のための「オンライン計測技術」の必要性を感じ、開発可能性の検討を始めていた。下図3に示すように、金沢大学で開発されたナノ粒子(PM0.1)分離技術である「慣性フィルタ(IF)」で PM0.1 の分離が可能なので、あとは低濃度で検出が困難な PM0.1 をいかにして検出するかが課題である。可能性の高い要素技術として、近年 TSI から発売された装置に組み込まれている(a)水晶振動子マイクロバランス(QCM)、タイで開発された PM2.5 オンライン計測技術である(b)電荷測定(EC)、古くからサブミクロン粒子のオンライン計測に広く使われている(c)光学式パーティクルカウンタ(OPC)を提案し、これら要素技術に詳しく技術開発の経験が豊富なタイと日本のメンバーを二国間共同研究のための組織を構築して研究を進めた。

日本側では令和4年3月で研究期間が終わるが、タイ側では3年目がスタートしたところである。これまでに整備した機器・試作した機器をもとに、引き続き研究交流活動を続ける。

### (2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

大気中のナノ粒子の質量濃度は、国内では一般に 10 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 未満なので、0.1 $\mu$ g/m<sup>3</sup> レベルなど、PM<sub>2.5</sub> より 1桁高い感度を要求する。逆に、個数濃度はナノ粒子にその大部分があるなど、様々な違いがある。本研究では QCM, EC, OPC の最適化にあり、本研究では両面から検討を行った。

QCM 開発では、温湿度の影響を受ける QCM の特性把握と安定した性能を実現する装置構造の検討を行った。研究期間に湿度の影響特性と荷電装置の性能把握まで完了し、一定の条件のもとで使用可能な機構を試作した。QCM を使用したエアロゾル計測技術には不明な点が多い中で、基礎的な知見を得ることができた。

EC 開発では、ほとんど大気観測に使われたことのない同技術を大気エアロゾル計測へ応用し、PM<sub>2.5</sub> と PM<sub>0.1</sub> について、質量濃度と連動する結果が得られた。本技術も環境条件により異なる結果が得られており、さらに正確な測定に向けて追加の実験を行っている(タイ側では半年以上の研究期間が残っている)。

金沢大学が中心となって検討した OPC 開発からは、PM0.1 から PM0.3 までの複数の粒子個数濃度の検出特性を検討し、100nm 以下の検出率が低いため、現在の安価なレーザーと検出器の実用的な適用範囲は PM<sub>0.25</sub> になることを明らかにした。質量濃度等への変換精度を向上するため、今後タイ側と共同で大気データの蓄積を始めている。

すべての技術の鍵となる慣性フィルタについては複合慣性フィルタの構成を変更しながらさらなる低圧力損失とシャープな分離特性を追求したが、流量に依存する部分が大きく、比較的大きな流量で運転したほうが有利になることが明らかになった。大気の実証試験に向けてホルダの構造を見直し、より簡単に取り扱えるようにした。

東アジアナノ粒子観測網と連動して得られたアジア各国での研究成果と、これら新規で得られた結果については、国内・国際学会・国際論文誌で発表しており、大気の実証試験後に論文にまとめる準備を二国間で進めている。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

開発と検証にかかるすべての段階で必要となる日本とタイ両方の研究者の共同作業を円滑に進行するため、両国で1年に1回若手研究者を中心とした研究打ち合わせ+ジョイントワークショップを行う予定であったが、新型コロナウイルス感染症の拡大に伴う渡航制限のため、1年目のみ実施し、2年目と3年目には1~3ヶ月毎にオンラインで打合せを実施し、ジョイントワークショップを2度オンラインで実施した。

本研究の成果から、2年目と3年目のワークショップを東アジアナノ粒子観測網と共同開催し、4カ国から47名の参加があった。タイ・日本のみならず、カンボジアやインドネシアの研究者からも高い関心を集めた。国際観測網の中での実証試験は新型コロナ感染症の影響で見送られていたが、新年度に実施する予定である。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

本研究活動の中で、ナノ粒子の健康影響調査の前段階として、粒子状物質の健康影響の検討を行い、PM10とPM2.5の健康影響を粒子計測ネットワークのデータから検討することができた。タイ側では申請内容どおりスマートシティ計画としてハジャイ市の自治体の中で実証テストを実施できた。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本研究に参画する研究者の約半数が30代またはそれ以前の若手研究者であり、本申請では事前協議段階で「明確な役割分担」と「全研究段階でタイと日本の担当者の共同研究」を行うことで合意していた。進捗状況を毎年予定しているジョイントワークショップで研究状況を確認し、必要に応じてベテラン研究者からの助言を得る予定である。この事業の中で1名の学生が博士学位を取得した。東アジアナノ粒子観測網では、タイの大気観測ネットワークであるTAQM、また、令和4年度からカンボジアとの連携でスタートする地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)とも連動して「個々の研究者交流を発展させた二国間の研究チームの持続的ネットワーク形成」を事業終了後強化していくことを確認した。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

本研究を通して、二国間共同で技術開発・実証試験・環境観測を実施する体制が確立した。2年目以降は相互の渡航を前提とできない体制の中で研究自体の進行は遅くなったが、交流はオンラインで継続しており、旅費の多寡によらない研究者交流体制の継続と発展が可能になった。

本研究の成果の発展として、科学研究費と地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)に採択され、今後も本研究の成果を発展させた技術開発・実証試験・環境観測を実施する体制が確立されており、南アジア、アフリカからも興味ある研究者が議論に参加しており、大気ナノ粒子測定技術の開発と大気ナノ粒子の観測を両輪に研究・交流体制が発展していくことは確実である。

(7)その他(上記(2)~(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

上記の通り、令和4年度から地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)として、カンボジアとの共同研究「カンボジアにおける大気汚染リスク管理プラットフォームの構築」に採択されている。タイ側では本プロジェクト期間が継続しており、SATREPSと二国間共同研究、東アジアナノ粒子観測網が連携して研究開発を加速していくことをワークショップで確認した。