

新学術領域研究 領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

【領域番号】 4003

【領域略称名】 粒子人間植物影響

【領域代表者（所属）】 畠山史郎（東京農工大学・大学院農学研究院・教授）

研究の学術的背景

東アジア地域における急速な経済発展は、環境に調和した成長とは乖離した石炭・石油を中心とするエネルギー大量消費を伴い、排出される多量の二酸化炭素や NO_x、SO₂ 等の酸性ガス、粒子状物質は、発生源近傍の大気汚染はもとより、周辺国への広域越境汚染、さらには北半球全体にも及ぶ広がりをもって、気候変動にも影響するなど、地域規模～地球規模の大気環境問題の顕在化につながっている。しかしながら、エアロゾルの空間的分布、生成機構、環境影響の定量的評価については未解明な点が多い。これまでに、気候変動との関わりに重点をおいた INDOEX, TRACE-P, ACE-Asia, ABC に代表される大型集中観測プロジェクトが組織され研究が推進されてきた。わが国でも APEX, VMAP, AIE などの研究プロジェクトが組織され成果を挙げているが、これらのプロジェクトでは人間の健康影響や植物への影響は含まれていない。エアロゾル粒子のうち、ガスの粒子転換により生成する二次粒子は粒径 2.5 μ m 以下の PM_{2.5} と呼ばれる微小粒径域に存在し、人間の健康に大きく関わっている。アジアでは一次物質による環境汚染が依然深刻であるが、二次粒子やオゾンなどの二次生成物の越境大気汚染も重要な問題となりつつあり、平成 25 年 1 月～3 月にはそのような懸念が現実のものとなって、中国における高濃度 PM_{2.5} 汚染とその我が国への影響が大きな社会問題にもなった。広域な影響評価、地球温暖化対応策と連動した削減方策の提言と実行は喫緊の課題である。

上記プロジェクトのうち、AIE（科研費特定領域研究「東アジアにおけるエアロゾルの大気環境インパクト」（H13～17 年度、領域代表：笠原三紀夫））は、本研究領域を先導する研究課題であった。AIE では東アジアにおける大気エアロゾルの空間分布の測定や、大気エアロゾルの性状、二次粒子の生成プロセスに関する研究が進められた。また、東アジアにおける大気エアロゾルの輸送と沈着のプロセス解明、さらに大気エアロゾルによる地球冷却の効果などが精力的に進められ、その結果、現在・将来の日本の酸性雨・酸性沈着に及ぼす発生源や国別寄与の定量化、エアロゾルの地球冷却化効果の解析、特に東アジアにおけるエアロゾル増加による冷却化の定量的評価が行われて、終了後高い評価が与えられたが、この特定領域研究では植物や人の健康に対する影響に関する研究は行われなかった。しかし、人の健康影響は、環境保護対象として最も高位に位置づけられるものであり、また CO₂ 吸収源でもある植生への影響は地球温暖化にも関わって、非常に緊急性の高い問題である。本研究領域は、先行研究となった上記科研費特定領域研究の研究成果や、構築された研究資産を継承し有効に活用して、このような喫緊の課題となっている東アジア由来のエアロゾルの環境影響を解明しようとするものであり、広域で重要な課題解決のための政策など意志決定のために不可欠な、エアロゾルに関わる従来の枠組みを超えた新たな学術領域の創製を目指したものである。

当該領域の発展

本研究領域は、公募要領の対象にいう、「異なる学問分野の研究者が連携して行う共同研究等の推進により、当該研究領域の発展を目指すもの」に該当する。エアロゾルの化学、物理、工学などの研究者と植物生理の研究者、医学の研究者が連携してエアロゾルをキーワードに東アジアで増加するエアロゾルの発生、変質、沈着のプロセスの解明と、組成・分布・輸送のデータから植物、人間の健康への影響を明らかにしようとしたものである。共通のフィールド（北九州地域を想定）で三者が共同で観測を行ったり、影響研究を推進するにあたってどのような野外観測データが必要であるかの提言を影響研究側からタイムリーに行ったりすることにより、三者の間の連携を深め、新たな研究領域を発展させる。そこには、植物や人の視点を考慮した新規なエアロゾル実験、計測技術や評価方法の開発、エアロゾル性状特性の詳細化による影響評価の高度化など、エアロゾルの自然科学的影響（大気環境+人や植物影響）+社会経済的影響を明らかにする「エアロゾル環境学」の創設が視野に入っている。

学術水準の向上・強化

これまで、東アジアの急速な経済発展によるエアロゾル汚染の増悪と、様々な大気汚染物質の植物や健康への影響はそれぞれ独立に研究が進められてきた。そのため、種々のフィールド観測のデータも地球科学的には非常に興味があり、意義深いものであっても、影響の研究に有効に活用されてきたとは言い難い。一方、植物や健康影響に関連して多くの大気汚染物質や粒子状物質の曝露実験が行われてきたが、ローカルな汚染をターゲットにしたものが中心で、広域の汚染を意識したものは限られていた。このような分野の研究者が連携を深めて研究を進めることにより、異分野間の関係をより密接なものとすることに貢献し、この分野の学術水準の向上・強化に資することができる。

研究の目標

本研究領域はエアロゾルを研究対象の核としたが、その研究分野はエアロゾルの発生・輸送・沈着のプロ

セスや、東アジア地域に大気エアロゾルとその前駆物質の広域分布、さらにはエアロゾルの森林への沈着と植物に対する影響、そして主に東アジアや東南アジアに由来するエアロゾルの人間の健康に対する影響、と非常に学際的、分野横断的なものとなっている。このような研究領域を円滑にまとめ、研究の推進を図るには、それぞれの研究分野ごとに研究項目を立ててその中で調整をとりながら、相互にフィードバックを行い全体の調和を図るという方法が最も効率的であると考えられる。この目的から、本研究領域は、A01~A04の4つの研究項目で構成した。A01とA02の研究項目ではプロセススタディ研究を行い、研究項目A03とA04による影響解明の研究を連携して進めることとした。A01、A02で東アジアに由来するエアロゾルの発生・変質・沈着の過程の解明と、現状評価を行い、その成果をA03、A04に取り入れて現在の影響を明らかにし、再度A01にフィードバックして将来の影響の評価も行い、対策の基礎となる環境基準や国際的排出源対策・連携の裏付けとなる科学的データの提供と提言に結びつけることを目標とした。

具体的な研究目標

研究項目A01では、エアロゾルやその前駆体の発生源、大気中での反応と二次粒子生成機構の解明に主眼をおくが、発生源評価に社会経済的視点を導入することで新たな学術領域を開く。このため、(1)対流圏上空を想定した低温・低圧の非常態場における二次粒子生成・成長過程を実験的、理論的に解明し、対応するサブナノからサブミクロンまでの粒子計測システムを開発する。(2)植物起源VOC(BVOC)の気相酸化反応と後続する有機エアロゾルの生成・成長過程を解明し、化学種、反応速度決定のための計測システムを開発する。(3)人為固定発生源における一次及び二次粒子生成過程を解明しソース・リセプト関係の同定のための発生源プロファイルを構築する。(4)BVOCフラックス計測とインベントリマップの構築、発生源情報と化学輸送モデルを用いたエアロゾル空間分布の推定と研究項目A03やA04の成果を導入した人や植物への影響評価、産業連関分析法を用いた人為発生源の影響ポテンシャルのアジア地域における構造分析を行う。

研究項目A02では地上や航空機による観測を行って、東アジアから飛来するエアロゾルの定性・定量的把握を行うことを目的とした。ライダーネットワークなどの観測データと化学輸送モデルを用いてエアロゾルの分布と動態を解析し、地域毎のエアロゾル濃度とエアロゾル種の特徴、イベント毎のエアロゾル濃度変化などを明らかにする。また、PM_{2.5}濃度の辺戸・福江・および九州北部の都市における通年観測から、長距離輸送イベントが盛んとなる春季のPM_{2.5}中の有害物質含有割合を明らかにする。これらのデータから各有害物質の通年濃度(曝露量)を計算する。また、エアロゾル形成に関与するガス状物質濃度を同時観測し、エアロゾルの輸送過程での変質を解析する。航空機観測では、本研究領域の主目的である東アジアに由来するエアロゾルの健康や植物への影響の解明のため、我が国に輸送されるエアロゾルの化学成分を網羅的に調べ、我が国にどのようなエアロゾルがどのような気象条件のときにどのくらい飛来するのかを、東シナ海や日本海上空で捉え、分析し、基礎データとして研究項目A03とA04に提供する。

研究項目A03では、実験的研究によって樹木に対するエアロゾルの影響を明らかにし、さらにフィールド調査によって森林におけるエアロゾルの成分濃度、沈着・発生フラックスおよび葉面への沈着影響を明らかにすることを目標にした。それらの実験的研究の結果と野外観測の結果を総合的に考察し、東アジアにおけるエアロゾルの樹木影響の現状評価、中でも樹木の成長量、光合成などの生理生化学的機能、水分状態および栄養状態などに対する影響とその樹種間差異を解明する。研究項目内で測定した森林内のエアロゾルのデータに加えて、研究項目A02から提供される、広域汚染データを取り入れて、我が国および東アジアにおけるエアロゾルの植物影響を把握する。

研究項目A04では、まず疫学的手法により、将来の大気環境基準策定の基礎となるべき情報を得るため、性状別に細分化された粒子状物質と死亡との関連を明らかにすることを目標にした。エアロゾルに関しては、研究項目A01、A02、あるいは項目内の研究の結果から、東アジア・東南アジア由来の粒子状物質の化学組成などの情報が得られるので、これを取り入れ解析に供する。特に黄砂がわが国に飛来する過程で、中国、韓国などの大気汚染排出地域を通過するかどうかを気象条件によって分類し、その相違を評価する。一方、実験的研究では、各地域で採取した発生源や移動経路、形状、粒径、成分、等が異なる微小粒子・エアロゾルやそれらに含まれる含有成分を複数の細胞培養系に曝露することにより、微小粒子・エアロゾルの健康影響を、免疫応答と気道上皮への影響に注目し、実験的に評価する。また、スギ花粉症を対象として、スギ花粉に付着しやすい粒子、アレルゲン含有粒子、化学組成(黄砂微小粒子の沈着成分、ディーゼル排気粒子など)とその複合的な汚染物質の形成可能性について調査し、影響指標を示す。