

平成25年度 新学術領域研究（研究領域提案型） 事後評価結果（所見）

研究領域名

東アジアにおけるエアロゾルの植物・人間系へのインパクト

研究期間

平成20年度～平成24年度

領域代表者

畠山 史郎（東京農工大学・大学院農学研究院・教授）

研究領域の概要

深刻化する東アジアからの越境大気汚染の中でも、エアロゾルが植物や人間の健康に与える影響はまだ十分に解明されていない。まず、長距離輸送されるエアロゾルとその前駆体について、航空機や地上での観測から質と量を把握し、それらの生成・変質・沈着の各プロセスを解明する。これらをベースとして、植物に対するエアロゾルの暴露や沈着プロセスの解析を行い、またアジアにおける疫学的な調査を中心として、越境大気汚染による健康への影響を明らかにする。エアロゾルによる越境大気汚染の状況と、それによる植物・人体への影響を把握することにより、東アジアにおける発生源対策において留意すべきポイントを明らかにすることが可能となる。

領域代表者からの報告

1. 研究領域の目的及び意義

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・リセプタ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。

2. 研究の進展状況及び成果の概要

研究項目 A01：本研究項目では、エアロゾル及びその前駆体の発生源特性、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、各計画研究の成果を相互に共有し新規な展開を図り、他研究項目にある異分野の成果も反映させ、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の創生を目指した。具体的には、①地上から対流圏中層部を想定した低温・減圧の非常態場における二次粒子生成・成長過程の実験的、理論的解明と、これに対応したサブナノ領域からサブミクロンまでの粒子計測システムの開発、②植物起源 BVOC の気相酸化反応とこれに続く二次有機エアロゾル生成・成長過程の解明と、化学種、反応速度決定のための計測システムの開発、③人為固定発生源における一次粒子及び二次粒子生成過程の解明とソース・リセプタ関係の同定のための発生源プロフィールの構築、④自然起源 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人や植物への影響評価、および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の解明、を目標とした。

上記①の目標に対しては、エアロゾル粒子の計測に不可欠な荷電プロセスに関して、減圧および低温下での荷電が可能な軟 X 線およびプラズマ放電による粒子帯電装置の開発や試験粒子発生法を確立し、低温および減圧下における SO₂ ガスからの粒子転換過程、BVOC (イソプレン) や、海塩粒子を模した食塩粒子などの存在下における二次粒子生成に関する室内実験を行い、粒子の生成および成長に与える影響を定量的に示し、目標を達成した。②では計測システムとして負イオン化学イオン化質量分析法とレーザー光分解-レーザー誘起蛍光法を開発し、イソプレンの逐次酸化反応により生成するメタクロレインとメチルグリオキサールそれぞれが OH ラジカルにより酸化される反応の速度定数を実験的に決定するとともに、イソプレンのオゾン酸化反応により二次有機エアロゾルが生成する化学機構を、気相・粒子相成分の分析を通じて明らかにして、目標をほぼ達成した。ただし、提案した化学機構は定性的な検証にとどまり、定量的検証は不十分であった。③は、固定発生源からの PM_{2.5}、エアロゾルの排出機構について 3 種類の機構を想定し、各機構に関して正確な排出濃度や粒度分布を計測する手法を標準法として開発するとともに、その妥当性を実験室でのモデル排ガス及び国内外の燃焼プラント排ガスにより検証し、その成果は ISO に採用された。さらに、得られた粒度分布、形態・組成分析等から排出機構が推定可能となったが、発生源プロフィールとなる固有な成分の特定までには至っていない。④の目標は、さらに 3 つのサブ目標が含まれているが、いずれもほぼ目標を達成した。まず、わが国の代表的な樹種からの BVOC 排出特性は当初予定どおりの計測を終え、放出フラックスの光・温度依存性を明らかにした。東・東南アジアの主要国について PM_{2.5} の国内及び越境汚染に対するソース・リセプタ関係を定量化し、各国の PM_{2.5} 濃度及び早期死亡数に対する国や排出部門の寄与率を明らかにした。その成果をアジア国際産業連関表へ導入し、各国の最終需要が国内汚染やわが国への越境汚染によって誘発する健康被害を早期死亡数として算出し、消費基準で見た各国のインパクトへの寄与率を衡平に評価できた。ただし、対象エアロゾルは 1 次粒子である BC と OC にとどまり、2 次粒子への分析は行っていない。また、植物や健康被害に対して A03 や A04 研究項目の成果導入の方法論は確立できたが、実際の導入までには至らなかった。

研究項目 A02：本研究項目では東アジアから輸送されてくるエアロゾルを地上観測やライダーネットワーク観測、航空機観測、さらには衛星による観測とも組み合わせて立体的に把握し、植物影響、健康影響の研究班に提供することを大きな目標とした。各計画研究の目標達成度は以下の通りである。

P05 計画研究では、エアロゾルの植物影響、健康影響の基礎データとなるエアロゾルの種別毎の分布を様々な時間空間スケールで把握することを目的とした。特に、エアロゾルの三次元的な動態の把握、エアロゾルの種別の把握、エアロゾルの混合状態の把握を研究のねらいとした。また、影響研究と連携して、植物影響、健康影響の指標となるパラメータを検討することを目標とした。

ライダーネットワークおよび山岳での光パーティクルカウンターによる通年観測によりエアロゾルの立体分布を捉え、黄砂および大気汚染エアロゾルについて解析できた。ライダーネットワークの主要地点へのラマン散乱チャンネルの増設によって、エアロゾル種毎の分布の推定を実現した。ライダーと地上観測(P06)の連携により、ライダーで得られる黄砂消散係数は微小粒径域の黄砂と高い相関があり、疫学研究の指標として妥当性も確認された。データ同化したモデルを用いたエアロゾルの影響研究という将来の展望も得られた。

P06 計画研究では、わが国の風上域、特に福岡およびその風上に位置する長崎県福江島においてPM_{2.5}の組成を比較し、九州北部地域での長距離輸送分の寄与を見積もるとともに、高度な分析技術を用いて長距離輸送由来エアロゾルの特性を明らかにすることを目的とした。

九州北部では福岡といった大都市でもPM_{2.5}質量濃度は大陸からの移流に支配されていることが明らかにできた。PM_{2.5}中の主要成分のうち硫酸塩および粒子状有機物の大部分は長距離輸送分が占めるが、硝酸塩は福岡の都市大気汚染によるものが主体であった。また、多環芳香族炭化水素類のdiagnostic ratioによる解析による発生源種別の評価が進展するとともに、エアロゾル質量分析計やレーザーイオン化質量分析計による測定から、長距離輸送されたエアロゾルの物質の混合状態について新たな知見を得ることができた。本研究結果は疫学研究班でのPM_{2.5}組成による健康影響の評価にデータとして直接導入されており、*in-vitro* 生体影響研究班での重金属の暴露実験に生かされるなど、領域全体としてのPM_{2.5}の健康影響評価研究に大きく寄与できたと考えられる。このように、本研究班における研究は当初の目的をほぼ達成することができたと考えられる。

P07 計画研究では領域の全研究期間内に、大陸からの汚染大気の輸送が起りやすい秋、冬、春の3季節に各1回の航空機観測を行い、大陸から輸送される汚染物質を網羅的に調べて、影響研究を行う各研究グループに提供することを目的とした。幸いにしてこの目標を達成し、2009年10月、2010年12月、2012年3月の3回の観測を行うことができ、そのうち2009年のデータについては領域のホームページ上に公開して領域内での共有をはかるとともに一般にも利用可能となるようにした。また、これらの観測には多くの研究班が連携した。航空機および地上観測による窒素化合物の時空間変化の解明(K05、K24)、放射性炭素の分析によるバイオマス燃焼起源と化石燃料燃焼起源のブラックカーボンの解析(K07)、衛星観測データエアロゾル分布を精密に解析する手法の研究(K06、K25)を行った。これらによって、エアロゾルと大気汚染物質の分布と大陸からの日本への輸送の動態を明らかにした。

研究項目 A03 : 計画研究 P08 においては、越境大気汚染物質であるエアロゾルが東アジアの森林を構成している樹木に与える影響を実験的に解明するために、エアロゾルの葉への吸収・吸着機構を各種イメージング技術を用いて明らかにすることを目的とした。そこで、東アジアに生育する代表的な樹木を網羅的に選択し、エアロゾルの吸収・吸着パターンに密接に関係すると考えられる葉の表面構造や気孔の数・サイズなどを網羅的に解析した結果、これらのパラメータの樹種特性を明確にすることができた。また、高分解能走査電子顕微鏡(FE-SEM)による微粒子の形態観察とエネルギー分散型X線分析装置(EDX)による元素分析を組み合わせることで、葉の表面に暴露したサブミクロンサイズのブラックカーボン粒子や硫酸アンモニウム粒子をナノレベルで可視化する新しい手法を確立できた。さらに、これらの方法を駆使して、葉に短期または長期暴露したエアロゾル粒子の局在に関する多くの知見を得られたことから、当初の研究目標は達成できたとと言える。

計画研究 P09 においては、エアロゾル粒子を長期間にわたって植物に暴露することができるエアロゾル暴露チャンバーを開発し、東アジアの代表的な樹木に対するブラックカーボン粒子または硫酸アンモニウム粒子の影響とその樹種間差異を実験的研究によって明らかにすることを目的とした。そこで、サブミクロンサイズのブラックカーボン粒子または硫酸アンモニウム粒子の発生装置を開発し、長期間にわたって植物にそれらの粒子を暴露することができるエアロゾル暴露チャンバーを世界で初めて開発することに成功した。このエアロゾル暴露チャンバーを用いて、2年間にわたる樹木苗へのブラックカーボン粒子または硫酸アンモニウム粒子の暴露実験を行った。その結果、ブナ、スダジイ、カラマツおよびスギの苗木の個体乾物成長や光合成能力などに対するブラックカーボン粒子の有意な影響は認められなかった。これに対して、4樹種の葉に連続50時間にわたってサブミクロンサイズのブラックカーボン粒子の暴露を行った結果、暴露後の純光合成速度は暴露前のそれに比べて低下することが明らかになった。ブラックカーボン粒子の葉面沈着量の増加に伴う純光合成速度の低下程度は、スダジイ>ブナ>スギ>カラマツの順に著しいことが明らかになった。一方、硫酸アンモニウム粒子の暴露は、4樹種の個体乾物成長に有意な影響を及ぼさなかったが、スギの当年葉の光合成能力を増加させ、旧年葉のそれを低下させることが明らかにな

った。以上のように、計画研究 P09 においては当初の研究目的を達成することができた。

計画研究 P10 においては、森林生態系におけるエアロゾルの沈着量と動態を正確に評価する手法を開発することを目的とした。そこで、葉面に付着したブラックカーボンを抽出して定量する手法(葉面洗浄法)を検討した。樹高 20 m の森林樹木の葉に対するブラックカーボンの葉面積あたりの沈着を葉面洗浄法によって実測し、濃度勾配法によって得られた大気から森林樹冠へのブラックカーボンの乾性沈着量と比較した。ブラックカーボンの葉面沈着量は、萌芽期から単調増加し、高原状態を経た後、落葉期には急激に減少することが明らかになった。また、期間を通じて、高度が下がるほど、ブラックカーボンの葉面沈着量は減少することが明らかになった。ブラックカーボン沈着の初期速度は $0.24\sim 0.28 \text{ mg m}^{-2} \text{ day}^{-1}$ であり、大気から沈着したブラックカーボンの概ね半分程度が葉に沈着していると見積もられた。以上のように、計画研究 P10 においては当初の目的を達成することができた。

計画研究 P11 においては、東アジアの森林生態系におけるエアロゾルの沈着量と動態を評価することを目的とした。そこで、東アジアでは初の試みである森林における総合的なエアロゾルの乾性沈着観測を行い、沈着のしやすさを表す沈着速度の知見を得た。森林内において、エアロゾルは森林の上方ほど多く沈着し、森林全体への沈着量に対して葉への沈着量は概ね半分程度であることが明らかになった。また、エアロゾル沈着量は、日本の遠隔域で二酸化硫黄に対する硫酸塩粒子の沈着比が大きいこと、熱帯林への元素状炭素の沈着は乾性沈着が湿性沈着を大きく上回ることなどが明らかになった。東アジア広域のエアロゾル沈着量を大気化学輸送モデルで計算した結果、エアロゾル沈着が森林へ悪影響を及ぼしている地域がある可能性が示された。以上のように、計画研究 P11 においては当初の目的を達成することができた。

公募研究 K08 においては、北海道の冷温帯林樹木に対するエアロゾルの影響を解明するために、フィールドパック法による大気中エアロゾル濃度の測定と野外において樹木葉に付着したエアロゾルの観察および成分分析を行った。北海道東部においては、森林樹木の生育期間中に硫酸塩やアンモニウムイオンの濃度が最も高くなることが明らかになった。森林樹木の葉表面には、土壌粒子、花粉、塩化ナトリウム、硫黄を含む粒子が付着していることが明らかとなった。公募研究 K09 においては、エアロゾルが植物生態系に及ぼす影響を評価することを目的に、乾性・湿性・霧水沈着を含めた包括的な沈着過程と葉面水の蒸発に伴う濃縮等の物理化学過程をモデル化し、植物への物質沈着量とともに樹冠内部の酸性物質の濃度および沈着量の鉛直分布を評価可能な精緻な地表面モデルを開発した。研究項目 A03 の計画研究班との連携では、サブミクロン粒子の沈着にエアロゾルの吸湿効果が重要な役割を果たすことを示した。公募研究 K10 においては、2010~2011 年にかけてモンゴル・ウランバートルにおいて大気、土壌、植物および石炭試料を採取し、試料中の成分分析を行った。一連の結果より、主に大気からの乾性沈着によって石炭燃焼由来のエアロゾルが地表面に沈着する過程が支配的であることが示された。また、森林衰退の影響を強く受けているサイトでは、石炭燃焼の指標成分である炭素状粒子、硫黄化合物および微量元素が植物や土壌により多く蓄積されていることが明らかになった。公募研究 K26 においては、エアロゾルと霧の沈着による森林樹木への影響を解明するために、霧が発生する北海道東部において霧の化学的・物理的性質の解明および粒径の測定を行った。その結果、霧は大気中のエアロゾルを取り込んでいることや粒径が比較的大きいことが明らかとなった。また、樹木葉に付着したエアロゾルの雨滴に対する挙動を観察した結果、降雨によって多くの粒子が葉表面から流されることが明らかになった。

上記のように、研究項目 A03 においては、実験的研究の結果と野外観測の結果などを総合的に解析・考察して樹木に対するエアロゾルのリスク評価を行った結果、東アジアにおいてはエアロゾルの沈着が森林へ悪影響を及ぼしている地域がある可能性が示されたため、当初の目的を達成することができた。

研究項目 A04：計画研究 P12 では、第一に、統一的なモデルを用いた解析を行うことで、東アジア・東南アジア各地域での粒子状物質による健康影響の相違を明らかにすし、第二に、北九州地域において、通常疫学的手法による研究に加えて、越境汚染の地域による相違を明らかにすることを計画していた。第一については日本、韓国、中国、台湾のデータを収集し、その標準化をおこなったことで十分に達成できたと考えられる。第二については、越境汚染の有無によって粒子状物質の影響がどのように異なるかについて推定値を計算することができた。ただし、日本における粒子状物質濃度は、越境汚染を加えてもそれほど高くないため、どの程度安定した結果と考えてよいのかについては、今後も検討が必要である。

計画研究 P13 では、「発生源や移動、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成分、特に、多環芳香族炭化水素 (PAHs) とその誘導体の健康影響について、免疫応答と気道上皮への影響に注目し、実験的に評価すること。成分等による健康影響の相違を検討するとともに、それらの結果と健康影響の相関性を検討し、健康影響を規定する要因の絞り込みに資すること。加えて、増悪メカニズムを分子レベルで解析し、その結果をバイオマーカーの同定や予防対策の確立に役立てること。」を目的とし、他の研究班と連携しつつ研究を進めた。他研究班の情報も元に、検討対象物質を選定し、研究を進展することにより、その健康影響は、微小粒子・エアロゾルに含有される化学物質種により異なること、また、ベンゼン環数、官能基の有無やその種類、配置、酸化活性等が健康影響を規定する要因として重要であることも

明らかにすることができた。併せて、健康影響評価に有用なバイオマーカーを探索・同定し、健康影響発現メカニズムを分子レベルで明らかにすることもできた。また、健康影響に係る情報を他班にフィードバックし、環境測定の対象とすることもできた。以上より、当初の設定通りの達成度と自己評価している。

計画研究 P14 では、都市部で排出される汚染化学種によるスギ花粉や黄砂の修飾に関する影響評価を行い、その動態解析手法を開発し、花粉と黄砂・汚染化学種による花粉症罹患への複合影響について工学的解析を主とした分野融合型研究で、越境大気汚染とスギ花粉による生体影響評価手法の検討、ならびにその情報化のための基礎データの蓄積に貢献することを目的としていた。その結果、分析、動態解析、複合影響すべてに目的を達成することができ、多くの新たな知見が得られた。

公募研究 K11, 12, 13 は、黄砂の健康影響を評価するために行われ、それぞれが脳梗塞発症、被爆者コホートの死亡、救急外来受診という異なったアウトカムを評価した。当初の目的は達成され、学会で、あるいは学術雑誌に発表された。公募研究 K27 は黄砂が慢性咳嗽に及ぼす影響に関する研究であり、目的とする研究は問題なく遂行できた。現在、学会では何回か発表が行われ、雑誌への掲載のため、論文を執筆中である。公募研究 K28 は他の公募研究と異なり、エアロゾルの成分測定の簡便法のパフォーマンス評価と改善を目的として行われた。結果、簡便法で十分な精度を確保して、毎日の成分濃度測定が可能となった。公募研究全体として、十分当初の目標を達成したと考えられる。

審査部会における所見

B (研究領域の設定目的に照らして、十分ではなかったが一応の成果があった)

1. 総合所見

本研究領域は、エアロゾルに関する理工学系の研究者と植物生理学や環境衛生学などの研究者が連携し、東アジアで増加するエアロゾルについて、発生と動態ならびに植生や人間への影響を総合的に解明することを主目的としたものである。大気汚染物質の越境的流入という社会的に重要な問題に呼応する、タイムリーかつ意欲的な目的設定であった。エアロゾル発生と動態の研究を中心に多数の優れた成果と、有益な基礎科学データが蓄積されたが、その一方で、植生や人間への影響に関しては断片的な解明にとどまっている。また、共同研究成果に基づいた、生態系の保全や環境衛生に向けた提言への結びつけも示されておらず、社会への成果還元に不十分な点を残したとの意見もあった。

2. 評価に当たっての着目点ごとの所見

(a) 研究領域の設定目的の達成度

生態系や環境の保全に向けた取組の基礎となりうる多岐の成果と基礎データが得られた点は、評価に値する。他方で、共同研究の成果として将来の大気汚染対策との結びつきを具体的に提示するに至っておらず、また、研究間の有機的連携の促進に不十分な面があったことから、「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」という目的の達成度は十分とは言えない。

(b) 研究成果

エアロゾル発生と動態の研究を中心に、本研究領域の活動により開発された PM2.5 の測定法が ISO に採用されるなど優れた成果が得られている。一方で、特に人体・植物への影響評価に関しては、断片的な解明にとどまっていた。また、本研究領域の対象は、社会的な関心も高く、それに応えるための手段として、それぞれの専門誌に論文発表をするだけでなく、領域ホームページを通じた情報発信も強化すべきであった。

(c) 研究組織

シンポジウムの開催などを通じて共同研究が促され、共著論文などの形で一定の成果に結びついている。しかしながら、機軸となる融合テーマを設定するなど、横断的研究をより一層促すための取組が必要であったと思われる。また、社会科学的分野や気象シミュレーション分野との連携を強めることも必要だったのではないかと意見があった。

(d) 研究費の使用

特に問題点はなかった。

(e) 当該学問分野、関連学問分野への貢献度

新たにPM2.5計測手法を標準法として開発したことは、関連分野への貢献が期待できる成果である。また、本研究領域で得られた成果は、今後の大気汚染からの生態系の保全や環境衛生に向けた社会的取組のための基礎的科学データとして有用と考えられ、今後ともこれらを効果的に発信する工夫を求めたい。

(f) 若手研究者育成への貢献度

PDの雇用やシンポジウム等への参加のための旅費支給により成果発表を促進するなど、若手研究者の育成に配慮がなされた。本研究領域に参画した若手研究者からは、優れた研究成果をあげ、大学や研究機関に研究者としてのポストを得るなどキャリアアップした者も出ている。