

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別中間評価報告書

1. 研究課題名

南米における大気環境リスク管理システムの開発 (2013年4月～2018年3月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：水野 亮 (名古屋大学 宇宙地球環境研究所 教授)

2. 2. 相手国側研究代表者：Eduardo Jaime Quel (アルゼンチン共和国 レーザー応用技術
研究センター (CEILAP) ライダー部門 部門長)

Felix de la Cruz Zamorano Banda (チリ共和国 マゼラン大学
大気研究所 教授)

3. 研究概要

地球の大気環境は、工場や自動車からの排出などの人為的なリスクと火山や森林火災等の自然起源のリスクにさらされている。

本研究は、国際的な地球観測網の「空白域」であり、大気環境リスクへの社会対応が立ち後れている南米域において、地上大気観測網を整備し、その観測結果から地域社会への予報ないしアラート (警報・注意喚起) を迅速に発信するためのシステムの構築を目指すものである。

具体的には、(1) 先端的な観測網の整備を進め、地域社会および世界各国で活用される基本的な大気質データを提供すること、および(2) 取得された観測データをもとにリアルタイムな社会対応システムのプロトタイプを構築し、相手両国における具体的な研究開発及び施策に貢献することを目指す。

具体的には、特に南米中南部においてニーズが高い(1) 火山活動に対応する航空交通管理システムの整備、(2) オゾンホールに伴う紫外線被害対策、(3) 温暖化にも関与する森林火災に伴う黒色炭素エアロゾルおよびパタゴニア砂漠からの土壌性エアロゾルの挙動把握、(4) 鉱山開発等に伴って放出されるエアロゾルおよび地表付近の大気質の分析、(5) 観測データに基づいた環境リスク情報の関係省庁への準リアルタイムの伝達ルートの確立、を両国の研究者らと共に推進すると同時に、南米から南極領域での大気質モニター体制を整備・運用することを目的としている。

4. 評価結果

総合評価 (A：所期の計画と同等の取組みが行われ、成果が期待できる。)

全体としては、ほぼ計画通りの進捗がみられる。特に観測技術および観測網の開発・構築など、研究開発面では計画通り進行している。一方、一部の装置 (高スペクトルライダー) の導入に遅れがみられること、また1) 機材の故障、2) インターネットが繋がっていない、3) オペレーターの技術不足などの理由などにより、一部ライダー観測が行われていないことなど、観測面ではやや遅れがみられる。オゾンゾンデ、大気内物質の直接収集、その他の測定方法との測定データ

の比較、分析モデルの開発などは未完であり、プロジェクト期間後半の主要な活動課題となっている。更に、後半には大気環境リスク管理システムの構築、リスク情報（予報・警報）提供方法の明確化、ライダーをはじめとする観測技術および分析技術の確立、エアロゾル挙動解析モデルの完成など、課題が多く残されており、プロジェクト期間中に計画通りの成果を達成するには相当の努力が必要と思われる。今後、システム全体の設計・構築とそれを構成する観測網の整備、維持、観測データの取得、得られた観測データの解析、それを使ったモデリングを相手国研究者と連携して行うことで、社会実装への基盤を作られることを期待したい。

システムの構築、とくにリスク情報の提供は、本プロジェクトの最も重要な社会実装の出口であるが、警報の発出手順や住民へのリスク情報提供の方法論がまだ明確になっていない。データのみに基づくのか、モデルを統合して利用するかなど基本的な方針を早急に詰めることが必要である。予報、警報等の発出は、システム構築という技術的な課題のみならず、相手国政府ないし州政府の専権事項に係ることでもあり、相手国機関と十分調整のうえ方針を決定する必要がある。

実施体制面では、当初の研究機関に加えて両相手国の政府気象機関が積極的に参画して来たことにより社会実装への道筋が明確になってきた点は高く評価できる。アルゼンチン、チリ両国で互いに学ぶ点（技術、研究機関と現業政府機関との連携、成果の活用など）も多く、3カ国の共同研究として、極めて良いモデルとなっている。

4-1. 国際共同研究の進捗状況について

2012年までの5年間実施されたJICA支援の先行プロジェクトにより、観測機器や研究体制がある程度整っていたこともあり、オゾンおよびエアロゾルの観測技術として注目される各種ライダーの有効性、精度の検証および観測網の開発・構築は、ほぼ計画通り進行している。オゾン観測については国際的にも評価できる成果が上がりつつある。また、研究期間内に火山活動があり、エアロゾル（火山灰）のライダー観測で実績を上げている。

ただし、オゾンゾンデ、大気内物質の直接収集、その他の測定方法との測定データの比較、分析モデルの開発などは未完であり、プロジェクト期間後半の主要な活動課題のひとつとなっている。それに伴い、オゾン、エアロゾルの挙動解析と予測（先行時間にも関係）の精度がどの程度まで達成できるかは不明であり、成果目標が達成できるか予断を許さない厳しい状況である。具体的にはプロジェクト終了後の観測の確実な継続体制、観測から予測、予報や警報などに至るシステムの構築、そのための精度、信頼性の高いモデル構築とその維持など、やるべき課題は多々あるのでより一層の努力が必要である。

4-2. 国際共同研究の実施体制について

日本を含め3か国での共同研究であるが、チリ・アルゼンチン共、研究および実装体制、協力関係は良好であり、研究代表者のリーダーシップは良く発揮されていると評価できる。大気環境リスク管理システム構築のためのワーキンググループを形成したり、紫外線サブ委員会の設置などに尽力してアルゼンチンの紫外線プロトコル制定に貢献するなど、観測体制を整える努力をし

た点も評価できる。

一方、ライダー観測に関して、1) 機材の故障、2) インターネットが繋がっていない、3) オペレーターの技術不足などの理由などにより一部不具合のままになっているものがあり、ライダーステーションとして機能を果たしていないところがある。オペレーターの技術向上に向けて、これまでライダー研修会が開催されたとのことだが、導入した機材が観測に十分活かせるように、機材の維持管理を含めた観測の研修や人材育成に一層力をいれてゆく必要がある。装備の導入においても一部においてやや遅れがみられることから、早急に方針を確定し、促進を図る必要がある。

また、関係者間のコミュニケーションの面においても、末端の研究者までの情報や意思の伝達、研究方針などの意思決定に時間を要するなど問題がみられ、今後のさらなる改善が必要である。

相手国側の研究体制を研究機関のみならず気象庁、気象局などの関連する現業機関にまで広げることが出来た点は高く評価できる。整備しつつある観測インフラが今後順調に機能し、その結果を大気環境リスク管理システムとして機能させるためには、現地の体制強化に対する働きかけを今後も進める必要がある。

4-3. 科学技術の発展と今後の研究について

南米域2か国を核とした観測網は、南米域におけるエアロゾル、オゾンの分布について重要なデータを提供するものと期待できる。元々アルゼンチンは、国際的に南米地域の大気環境リスクの責任国となっており、ヨーロッパや北米の学会との交流もあるため自律的に研究開発を行う基盤がある。さらにこれまでの日本との技術協力によって、大気観測の空白域であった南アメリカ南部に観測網が構築され、エアロゾル等の観測が実施されてきたことに加えて、本課題での充実した観測体制の確立とその維持が行われれば、これらの大気汚染物質の全球観測網を構築する上で大きく貢献することが期待される。

本プロジェクトでは、南極を中心としたオゾンホールを南米大陸から長期間継続的な観測を行うという、他にあまり例のない貴重な観測を行っており、国際的にも高い水準にあると言える。また観測データの一部はすでに国際的なデータベースに登録されており、そのほかの観測データも国際データベースに登録予定でプロジェクトが進められている点は、評価できる。

研究の進め方としては、基本的には現在の方向性で良いと考えられる。その一方で、今後、高機能化した観測装置を使った観測の持続を図るためには、現地技術者の人材確保と技能の向上は必須であり、そのための手当を今後の2年間で充分に行う必要がある。また、モデル開発においては、相手国側の日本への期待が大きいため、それに答えるためにも日本の研究者による協力をさらに強化することも必要であろう。

なお、現時点において相手国側研究者との共著論文がない。その原因のひとつとして、本プロジェクトで展開されている高スペクトル分解ライダーの機能が十分に相手国側研究者に理解されていないことが挙げられる。当該地域の観測網の充実は大規模の観測体制を整えるうえで極めて重要であり、この地域に日本の有する最新の技術が展開される意義は大きい。高スペクトル分解ライダーの技術は、非常に高度化された技術であり、プロジェクト終了後も相手国側が自立操作可能となるように配慮することが望ましい。

日本の若手人材育成に関しては、2名の若手研究者が比較的長く滞在して研究を行っているが、それでも1か月程度の滞在であり、他の研究者の滞在時間はさらに短い。観測の維持や調整などの目的は果たせていると考えられるが、積極的に人材育成を意図しているようには見えない。日本人若手研究者の育成をより積極的に進めて頂きたい。

4-4. 持続的研究活動等への貢献の見込みについて

日本とチリ・アルゼンチンにおける研究者の人的な交流は、これまでの交流の歴史もあってうまく進展しており、今後もこの関係を維持することが大切と思われる。相手国側のレベルも比較的高く、持続可能なシステムの構築は十分に可能と考えられる。

本研究は、南米における大気汚染物質の観測空白域であるチリ・アルゼンチンにおいて火山灰を含むエアロゾル、オゾン・紫外線の観測網を構築することと、さらにこれらの情報の社会への伝達経路を確立することにより社会実装を図ることを目的とし、地球規模環境問題の解決に直接貢献できるものである。得られた観測、分析結果は、日本を含む国際ネットワークのデータベースに取り込まれ、全球大気モデルの検証等に大きな役割を果たすことができると期待される。相手国側研究機関の観測に対する期待は大きいと考えられ、チリのマゼラン大学が研究部門で国レベルでの認証を獲得したことや、アルゼンチンの「紫外線」サブ委員会の設置及び「紫外線プロトコル」の承認に貢献したことなどは評価できる。

アルゼンチンはもともと火山噴火による航空機などへの障害、チリは紫外線被害などへの関心から大気環境に対する国の取り組みがはっきりしているため、本研究でのモデル開発などで、その観測結果の社会実装が今後順調に進展して行くことを期待する。また、火山噴火による大気環境への影響などは日本でもしばしば生じる課題であり、火山灰モデリングを両国で検討することは意義が大きいといえる。

人的交流という点においては、日本人研究者の相手国側での滞在期間は長くなく、また、相手国側研究者の受入れにおいて博士課程在学者1名を除いては、来日回数や日数も少なく、人材育成という点で有効な人的交流がなされているとはいえない。プロジェクト期間後半では、観測体制の維持やそのための教育という側面もあり、より密な人的交流が必要であろう。

5. 今後の課題・研究者に対する要望事項

今後、残り2年間の国際共同研究期間で成果目標を達成するために、以下に示す課題に取り組むことを要望する。

1. すべての観測装置を十分活用し、プロジェクト期間終了後も相手国側が自立的に装置を使って継続的に運営・管理可能な状態となるよう進めて頂きたい。ライダーのオペレーションやデータ処理、モデルを用いた予測技術などに関して現地も含めた人材育成に力を入れてほしい。また、プロジェクト期間終了後の観測継続を確実にするためには、研究機関だけではなく、気象局のような現業機関の業務として観測を組み込んでもらうなどの体制整備が行われることが望ましい。

2. モデルと観測データをどう統合するのかその方針を明確にし、最終目標への道筋を共有化して頂きたい。観測やそれに基づく予測や警報システムを考えると、モデルの中身やその改良などもできるような形での実装が望ましい。
3. 大気環境リスク管理システム（本研究期間中にプロトタイプを完成）は本研究プロジェクトの集大成とも言えるものである。リスク情報を相手国がどのように国民に提示するかは相手国の判断にゆだねるべきであるが、当面のエアロゾル、オゾンなどのリスクの内容を関係国で明確に共有し、本プロジェクトから得られるどのデータ、情報をどこに誰がどのタイミングで提供するか、その責任と手順を明確にして頂きたい。また、観測、予報の精度、信頼性およびカバーする地域も早急に明確にし、関係者で共有して頂きたい。
4. プロジェクト期間終了後の研究開発と社会実装の継続・発展に向けて、運営体制の構築、維持と予算の獲得が必要である。予算については、新たなプロジェクトの提案なども考えられるが、観測業務としての最小限の予算は経常的に確保できるよう関係機関で合意しておく必要がある。調査期間中、アルゼンチン気象局などのユーザーの一部から決意表明ともいえる発言があったことは望ましい。また、日本の研究機関、研究者の協力、支援の継続も具体的に検討しておいて頂きたい。
5. 現時点では相手国との共著論文は出ていない。共著論文を多く作ることで研究者間の連携はより強化されることから、積極的に共著論文を発表して欲しい。また、相手国研究者との共同講演発表、ポスター発表なども積極的に行うようにして頂きたい。本研究成果のアピール、人材育成の点からも重要である。
6. 3カ国が参加したプロジェクトであること、日本からアルゼンチン、チリまで距離があること、言語の壁、日本からの長期派遣研究者が不在であることなどによって意思や情報の共有が迅速でない部分も見られた。全体的に定常的なコミュニケーションの場をより多く設けるなどして、情報、技術の共有を一層強化して頂きたい。

以上

研究課題名	南米における大気環境リスク管理システムの開発
研究代表者 (所属機関)	水野 亮 教授 (名古屋大学 太陽地球環境研究所)
研究期間	平成24年度採択 平成24年6月1日～平成30年3月31日
主要相手国 研究機関	アルゼンチン共和国/レーザー応用技術 研究センター(CEILAP) チリ共和国/マゼラン大学(UMAG)

付随的成果

日本政府、社会、 産業への貢献	・国際気象機関WMOが進めるライダーによる火山灰測定手法の検討への貢献 ・日本の技術投与による世界的な観測網空白域における観測拠点整備による日本のプレゼンス向上
科学技術の発展	・ミリ波超伝導ヘテロダイン分光技術の高感度化・高精度化
知財の獲得。国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	・マルチモードレーザーを用いた新方式の高スペクトル分解ライダーの開発 ・国際的環境データベースへの観測データの提供
世界で活躍できる日本人材の育成	・国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術および人的ネットワークの構築	・主要相手国機関はもとより、両国の気象局、火山航空局、危機管理委員会関係者らも包括した良好な協力関係へと発展
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データ等)	・オゾンホール境界領域におけるオゾン混合比の高度別季節変動、日変動と中緯度帯へのオゾン欠損空気の輸送・拡散の実態解明 ・東アジア(黄砂)におけるエアロゾルデータ解析、モデル計算の他地域に対する有効性の実証

(はほぼ完了)
 (は50%以上は完了)

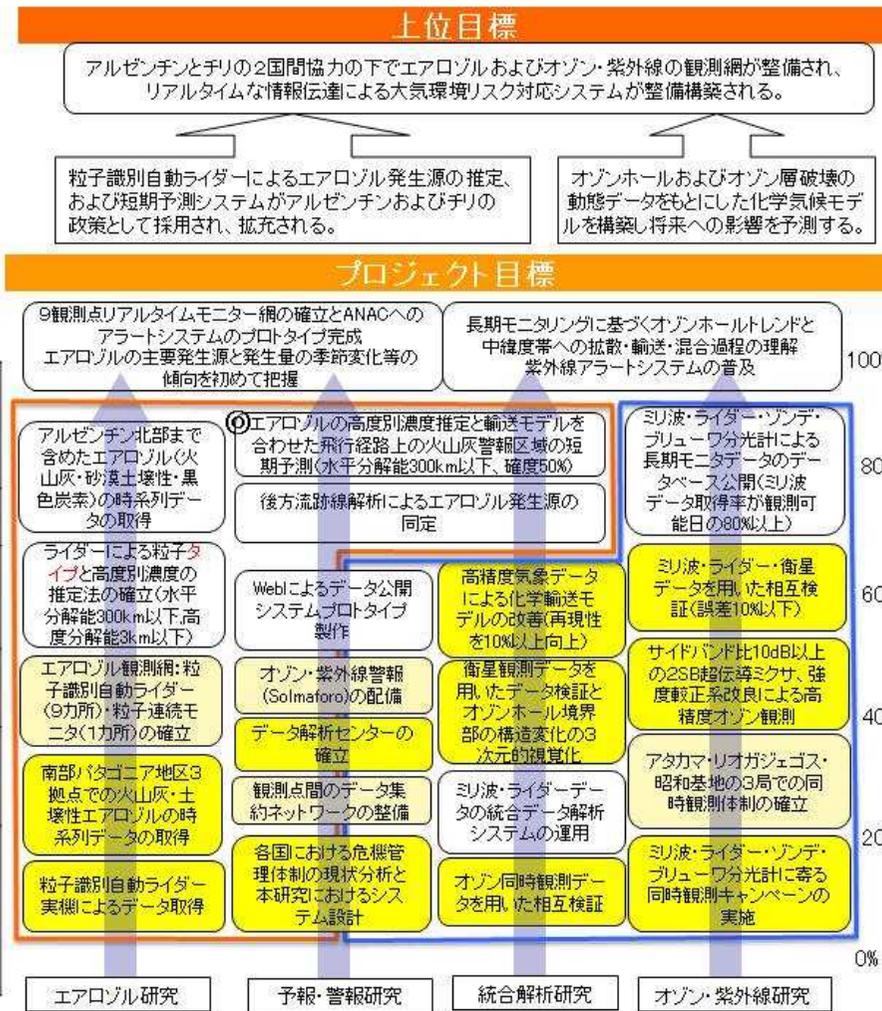


図1 成果目標シートと達成状況(2016年5月時点)