

**地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)**  
**研究課題別終了時評価報告書**

**1. 研究課題名**

Ozone、VOCs、PM2.5 生成機構の解明と対策シナリオ提言共同研究プロジェクト  
(2011年1月～2015年12月)

**2. 研究代表者**

2. 1. 日本側研究代表者：若松 伸司 (愛媛大学 農学部 教授)
2. 2. 相手国側研究代表者：DR. Victor Hugo Paramo Figueroa  
(メキシコ合衆国 メキシコ環境・気候変動庁 (INECC) General Coordinator)

**3. 研究概要**

本共同研究プロジェクトでは、都市域における光化学オゾンや PM2.5(大気微小粒子)などの大気環境動態を日本とメキシコにおいて統一した測定システムや解析手法を用いて把握し、二国間に共通の側面や地域独自の特徴を明らかにし、対策についての提言をまとめる。

具体的には地上から高度 10Km 以上までのオゾンと気象の立体分布の把握、不確かさ 10%以下の測定精度での VOC(揮発性有機化合物)成分の環境動態の把握、質量濃度誤差 15%以内の精度で計測された多成分同時測定による PM2.5 の環境動態の把握、アルデヒドを含む個人暴露量の把握、および全国規模での大気汚染モニタリングデータの解析や大気汚染モデリングによる発生源と環境濃度との関連性の把握を行い、これらの研究結果を総合してメキシコにおける光化学オゾンや PM2.5 の大気汚染の生成機構を解明し、メキシコのモデル都市やモデル地域における大気汚染対策シナリオの検討を行う。この結果を基に、地域と地球の大気環境改善に資する対策シナリオをメキシコ政府や地方自治体に提言する。

**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ている)**

本プロジェクトは、大気汚染が深刻な問題であるメキシコの都市において、この分野で経験に基づく科学的蓄積をもつ日本の研究チームがメキシコ関係機関と共同して、系統的で高精度な観測モニタリングを基盤とした観測と解析から得られる科学的根拠に基づく汚染対策シナリオの提示を目的として行われ、当初の目標に沿った成果を達成できた。これらの成果は、メキシコの大気汚染対策に大いに資するとともに同様の問題を抱える近隣諸国に大きなインパクトを与えられると思われる。

メキシコでは中央政府と地方都市・州との役割分担があり、都市の大気質の問題は主に州政府の管轄である。このような制度下では各州におけるモニタリングの必要性など、州政府の意識の向上が大切である。今回のプロジェクトでこれまで様々な観測が行われているメキシコシティだ

けでなく、他の2つの都市(モンテレー、グアダハラ)でも組織的な観測を行い、大気質の問題をアピールしたのは意義があったと思われる。

特に集中的な観測活動により、メキシコにおける大気汚染の構造を明らかにしたことや住民や勤労者の暴露の実態評価を行ったことは意義があるといえる。また、その過程で、それまでメキシコ国内ではできていなかった標準ガスの自己調達ができる体制が整ったこと、さらに、大気汚染のモデル評価を可能とするモデルユーザーコミュニティが形成されたことは大きな進展であろう。

メキシコの相手国研究代表機関(INECC)はもとより中央政府、州政府、地域関係部局が「科学的根拠に基づく環境政策」の必要性を強く認識されるに至った。プロジェクトは一貫して信頼性の高いデータの取得とデータ解析、モデリングを目標として、それらの目標が当初計画通り達成され、メキシコの行政部局が受け入れられる対策シナリオの提案に結びつけられたことは、高く評価できる。一方、提言書(案)の一部にプロジェクトの実際の調査研究内容と関連がないものが含まれていたり、単に現地のコンサルタントからのインプットを利用したものもあり、必ずしも研究成果に基づいたものとなっていない。プロジェクトの最終成果として提言書の作成が挙げられているだけに、このような方向が進みすぎると、共同研究の成果と政策提言が別々のものとして取り扱われる恐れも心配される。

実施体制面においては、本プロジェクトは、メキシコ・日本両国間の JICA 事業を中心とした 20 年以上にわたる大気環境分野における研究支援・交流の上に実施され、これまで以上に相互理解が深まり、強い人的ネットワークもできたものと考えられる。今後、こうした両国間の関係を基盤とし、この分野における共同研究、研究支援を継続・発展されることを期待する。

以下に、評価項目ごとに特筆すべき内容を列挙する。

#### 4-1. 地球規模課題解決への貢献

##### 【課題の重要性とプロジェクトの成果が課題解決に与える科学的・技術的インパクト】

メキシコの大気汚染は、その地形的な特徴もあって都市ごとにその成因等が大きく異なることが予想された。本プロジェクトでは、オゾン、VOCs、PM2.5 などの大気汚染物質の詳細な観測、分析を行うことで、汚染状況と汚染源に関して多くの知見を得ることが出来た。また、現地の研究グループとの共同研究で、その技術の向上などに貢献し、相手国自体でのモニタリングが可能になる基盤を作った点も評価できる。

##### 【国際社会における認知、活用の見通し】

本プロジェクトで開発された科学技術的成果の移転によって、近隣中南米諸国における大気環境分野の研究と大気汚染対策が大いに進展することが期待される。とくに経済発展の著しい途上国では、同様の問題を抱える国が多く、メキシコでの成果はほかの国にも参考になるものと考えられる。メキシコ政府機関と共同で提言をまとめたことも国際的な成果として評価できる。

### 【他国、他地域への波及】

大気汚染の問題を抱える国は多く、その観測体制とモデルの構築による汚染源の同定などの技術は国際的にも注目される可能性が高い。プロジェクトの最終段階でメキシコ側の要請で、コロンビアとチリに成果を紹介するなど、メキシコだけでなく近隣諸国でも成果が活用されることを意図した活動に着手している点は、評価できる。しかしながら、成果が国際的に評価されるにはさらに時間を要すると思われる。

### 【国内外の類似研究と比較したレベル】

今回実施されている研究の方法論や仕組みは世界標準となり得るものであり、高いレベルにあると評価する。日本における最先端のモニタリング技術とモデリング技術を相手国側に移転して、信頼性の高いデータに基づく科学的根拠に基づく、レベルの高い大気環境政策の提言ができたといえる。

## 4-2. 相手国ニーズの充足

### 【課題の重要性とプロジェクト成果が相手国ニーズの充足に与えているインパクト】

メキシコ首都圏は過去から大気汚染の深刻な地域であり、多くの大気汚染研究が進められてきた。本プロジェクトの研究メンバーはメキシコにおいても実績のある研究チームであり、本プロジェクトでは、観測・分析とともに標準ガス供給システムの確立、モデルコミュニティの形成等をメキシコ側との協働により行った。このことは相手国のニーズと十分合致するものであり評価できる。また、各対象地域において、科学的な知見に基づいた環境政策の立案が可能になり、その考えが定着してきたことも評価できる。一方、観測データが質・量ともにまだ不十分であることは否めず、今後の課題といえる。

### 【課題解決、社会実装の見通し】

メキシコ環境・天然資源省の幹部が、本プロジェクトからの提言を同省の政策につなげてゆくと意向を示しているように、メキシコ側の政策反映へのニーズはきわめて高く、提言の社会実装の可能性は高い。適切なモニタリングと分析は、施策の効果を評価するにも必須なものなので、その点においても、ある程度社会実装が進むと期待できる。

メキシコ国立自治大学、環境・天然資源省、国立環境気候変動研究所、メキシコ市（首都圏）、メキシコ石油研究所、環境研究研修センター、モンテレー工科大学トルーカ校、連邦衛生委保健委員会、およびコンサルタントや自治体等が参加する“モデルユーザーコミュニティ”が構築され、モデルを広く利活用する基盤が作られたことも、研究成果の一つの社会実装として評価できる。

ただし、メキシコ首都圏以外での地域（モンテレー、グアダハラ）では、社会実装への意志はあるものの、研究者・技術者のレベルが不足しており、レベル向上が課題である。

### 【継続的発展の見通し（人材育成、組織、機材の整備等）】

相手国の研究機関と中央政府および地方政府の現業部門とのネットワークは整備されてきている。一方、メキシコシティと他の地方都市での研究者層を含めての大気モニタリングに対する力量は大きな差があるようで、これらの地方におけるモニタリング機材の整備、人材育成に関しては、財政が必要などの問題もあり、楽観視は出来ない。INECC に関して、観測装置などは自前で更新するなどの予算措置が計画されてきてはいたが、政権の政策や今後の予算状況、人材不足など不安定要素はある。

ただ、メキシコ国家計量センター (CENAM) と INECC の間の 5 年間の MoU の中で、“日本から移転された技術を継続的に活用し、信頼性の高いデータの取得とそれに基づいた大気環境政策の立案・評価に向けて自律的活動を行う” という趣旨の項目が 2015 年に盛り込まれることは、このプロジェクト分野の継続的発展に対する明るい見通しと言える。また、SATREPS の枠外ではあるが、産総研と CENAM との協定において、プロジェクト終了後も協力関係を継続し、センターで供給できる VOC 標準ガスの種類をさらに増やしてゆく計画が決められている。

## 4-3. 付随的成果

### 【日本政府、社会、産業への貢献】

PM2.5 問題は日本においても喫緊の課題であり、本研究成果が日本において生かされる素地は十分にあると考える。また、ガソリンスタンドのベーパーリターンの問題が、我が国では規制されていないとの問題提起とその実態調査は直接我が国での健康被害に結びつくものであり、評価できる。日本の標準化ガスがメキシコで採用された点も、評価できる。

### 【科学技術の発展】

新たな大気汚染事象を観測、モデル研究を通じて解明するという本プロジェクトで実装された流れは、他の事象についても共通のものであり、科学技術の発展に寄与したと考える。具体的には、次のような主要な成果が得られた。

- 1) メキシコの 3 都市（メキシコシティ、モンテレー、グアダハラ）において、地域特有の大気汚染状況が明らかにされた。特に、メキシコ市盆地内のオゾン生成総量を初めて明らかにした。
- 2) 火山からの SO<sub>2</sub> 排煙の鉛直構造を初めて明らかにし、地域への影響評価を行った。
- 3) VOCs の測定において日本の標準ガスを用いる校正システムを導入することにより、所要の精度で濃度測定をすることができるようにして、VOCs の動態解明を可能にした。
- 4) 日本とメキシコで同じサンプリングシステムを用いて PM2.5 と PMcoarse の試料採取を行ったが、これは世界的にも例がない貴重なケースである。

### 【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

愛媛大学の学部生・大学院生によるプロジェクトへの参加が積極的に行われ、博士 2 名、

修士 1 名を育成しているほか、後続のプロジェクトをリードする若手・中堅研究者の育成も意図的に行われている。しかしながら、現地に長期派遣された日本人研究者はおらず、若手研究者の国際人材育成という視点からはやや物足りない。

#### 【知財の獲得や、国際標準化への取組、生物資源へのアクセスや、データ入手方法】

特許の取得や申請はない。産総研での大気汚染の標準ガスをメキシコに持ち込んで観測精度を高め、さらにこの関係を継続するようになったことは、評価出来る。

#### 【その他の具体的成果物（提言書、論文、プログラム、試作品、マニュアル、データなど）】

本プロジェクトの成果から得られる対策にメキシコの都市の実情から導かれる対策を加えて、大気汚染対策に関する提言書が作成され、INECC 長官に提出された。この提言書は、メキシコ側と日本側との密接な協議に基づく分担執筆によって出来上がっているため、メキシコでの社会実装を容易にしていると言える。ただし、提案書の中には、実際の観測、分析研究との関連がないものが含まれていたり、重要と思われる項目が相手国側の意向（当面実施困難との判断など）により削除されたりしているものもある。後者については、何らかの形で記録に残し、今後活用するようにしてもらいたい。また、原著論文数は必ずしも多いとは言えず、プロジェクト終了後に成果の効果的公表に期待したい。

#### 【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

日本側研究代表者が 20 年以上にわたって努力し築いてきた相手国研究者、研究機関との協力体制があり、本プロジェクトによってそれが活用されるとともに一層強化された。特に、大気汚染モニタリングデータ解析およびモデリングシステムの構築における活動では、メキシコ国内のモデルユーザーコミュニティが形成され行政機関にも人的つながりが広がった。

### 4-4. プロジェクトの運営

#### 【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

政権交代による研究活動の停滞、メキシコ側研究代表者の交代、機材の故障、対象都市の治安問題などがあっても関わらず、おおむね所期の研究成果をあげることができた。標準ガスの供給や観測体制の構築、モデル研究の継続など本プロジェクトで確立した項目は多く、プロジェクト推進体制は良く構築されている。

#### 【プロジェクト管理および状況変化への対処（研究チームの体制・遂行状況や研究代表者のリーダーシップ）】

政権交代による研究の中断、メキシコ側研究体制の交代や人員削減などの支障があったにもかかわらず、研究が比較的スムーズに進展したことは、研究代表者のグループがメキシコ側の研究者と長年の信頼関係が築かれていた賜物と思われる。このような研究のネッ

トワークをそれぞれの分野で大きく広げて行くことが重要である。

#### 【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

メキシコ側研究者との共著 4 件を含む原著論文 17 件をはじめ、学会等での多数の論文発表や招待講演など、活発な成果の発信が行われてきた。大気環境をテーマとする SATREPS の 3 つのプロジェクト、すなわち、メキシコー若松課題、マレーシアー松岡課題、および、アルゼンチン/チリー水野課題が合同で、「低炭素社会の実現へ向けての光化学オゾンの計測・評価手法構築に関する共同研究」などの国際研究集会も開催された。このような活動は、この分野の研究の発展はもちろん、SATREPS の成果を発信し、そのプレゼンスを高める上でも有意義である。

#### 【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

本プロジェクトにおいて購入された機材およびプロジェクト以前に JICA から供与された機器を含めて効率的かつ適切に活用・管理されている。

### 5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

1. プロジェクト終了後の相手国の観測・分析、研究および政策への反映のための体制の維持・強化と、それに対する日本側の協力、支援体制を維持・強化して頂きたい。それに関連し、本プロジェクトを通じて形成されたモデルコミュニティが、継続的に維持されるように協力して頂きたい。
2. 提言案の内容については、科学的根拠に基づくものであることを貫いて頂きたい。相手側の要請でやや政治的に項目を追加、削除することは認めるとしても、提言案の内容と研究の結果をできる限り明確にしておいて頂きたい。研究の結果対策が必要との結論が得られながら提言から削除されたものはその記録を残して頂きたい。
3. 今回のプロジェクトでは、大気汚染の住民への健康被害に関してはその範囲外であったが、今後、大気質のモニタリングと同時に、現地の医学系の研究グループとの連携で健康被害の調査が地方都市でも行われると、研究の出口がより明確になると思われる。

以上

研究課題名	オゾン、VOCs、PM2.5生成機構の解明と対策シナリオ提言共同研究
研究代表者名 (所属機関)	若松伸司 (愛媛大学教授)
研究期間	H22年採択
相手国名	メキシコ
主要相手国研究機関	メキシコ国立環境研究研修センター(CENICA)

### 付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> <li>メキシコに加え中国との共同研究発展により国別の特徴を踏まえたグローバル研究成果が日本から発信</li> <li>オゾン、VOCs、PM2.5の大気環境改善に向けた日本を含めたアジア、カリブ、中南米における地域間研究協力に貢献</li> <li>健康影響評価のための新たな情報提供</li> <li>自治体への対策評価技術の移転</li> </ul>
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> <li>同程度の精度と誤差の測定・観測・解析データを用いた国際比較の実現</li> <li>日本におけるオゾン等の生成機構解明が他の国との比較研究により明らかになり、生成機構解明に貢献</li> </ul>
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定技術やデータ解析方法、総合的な技術情報(ノウハウ)の提供</li> <li>民間企業への環境実態に即した測定技術移転</li> </ul>
世界で活躍できる日本人人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> <li>多くの国際共同研究者の輩出に繋がる</li> <li>愛媛大学大気環境科学研究者の育成</li> </ul>
技術及び人的ネットワークの構築	該当なし
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	論文投稿: 2件/年 アウトリーチ活動: 国内1回以上/年 国外1回以上/年 メディア掲載: 1回以上/年

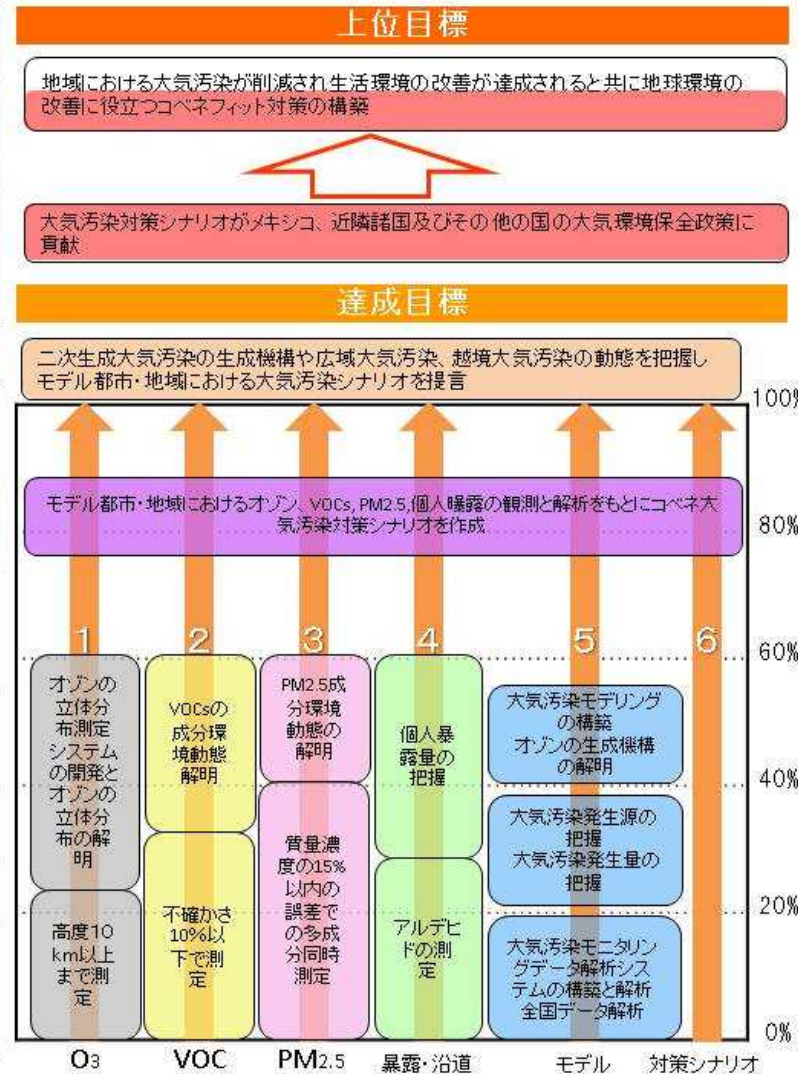


図1. 成果目標シートと達成状況 (2016年3月時点)