

国名	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プロジェクト
メキシコ合衆国	

I 案件概要

事業の背景	メキシコでは、特にメキシコ市の大気汚染の深刻な状況は1990年代に改善されたが、大気汚染は地方部に拡大していたことから、大気汚染対策は引き続き重要な政策課題であった。光化学大気汚染は、紫外線照射による主に窒素酸化物（NO _x ）及び揮発性有機化合物（VOC）の光化学反応により生成されたオゾンの原因としている。オゾンによる強酸化は、人体やエコシステムに悪影響を及ぼすものである。VOCはベンゼンやトルエンといった毒物を含んでいる。VOCはオゾンに反応して、特に呼吸器に健康問題を引き起こすPM（微小粒子状物質）2.5を生み出す。そのため、汚染物質の形成メカニズムと対策に関する研究を行う必要があった。												
事業の目的	本事業は、大気環境中のVOC及びPM2.5の動態とVOCの個人曝露量の評価、及び大気汚染の緩和に向けた対応シナリオの策定により、オゾン、VOC及びPM2.5の生成機構の解明、主な科学的知見に基づくコベネフィット的対策シナリオ策定能力の強化を図った。 1. 想定された上位目標：なし 2. プロジェクト目標：オゾン、VOC及びPM2.5の生成機構の解明、主な科学的知見に基づくコベネフィット的対策シナリオ策定能力が強化される。												
実施内容	1. 事業サイト：メキシコ市、モンテレイ市、グアダハラ市 2. 主な活動：1) オゾン測定システムの開発及び大気環境中のオゾン分布状況と気象条件の測定、2) 大気環境中のVOC動態の評価、3) PM2.5特定のための分析機器システムの構築及び大気環境中のPM2.5対応の評価、4) アルデヒド、PM2.5及び一酸化炭素を含むVOCの個人曝露レベルの評価、5) 対象3都市で収集されたモニタリングデータを活用したデータベースの構築及び大気汚染の排出源の貢献度の推定、6) 大気汚染緩和に向けた対策シナリオの策定、等 3. 投入実績 <table border="0" style="width:100%"> <tr> <td style="width:50%">日本側</td> <td style="width:50%">相手国側</td> </tr> <tr> <td>(1) 専門家派遣 18人</td> <td>(1) カウンターパート配置 40人</td> </tr> <tr> <td>(2) 研修員受入 24人</td> <td>(2) 土地・施設 INECC 内実験室及びプロジェクト事務所</td> </tr> <tr> <td>(3) 機材供与 オゾンゾンデ観測システム、スリット・ジェット・エア・サンプラー、イオン・クロマトグラフィー、自動エア・サンプラー、モデル用サーバー、等</td> <td>(3) 機材 X線フルオレン分析器、を含む分析器</td> </tr> <tr> <td>(4) 現地業務費：管理費、旅費、等</td> <td>(4) 業務費 光熱費、職員旅費</td> </tr> </table>			日本側	相手国側	(1) 専門家派遣 18人	(1) カウンターパート配置 40人	(2) 研修員受入 24人	(2) 土地・施設 INECC 内実験室及びプロジェクト事務所	(3) 機材供与 オゾンゾンデ観測システム、スリット・ジェット・エア・サンプラー、イオン・クロマトグラフィー、自動エア・サンプラー、モデル用サーバー、等	(3) 機材 X線フルオレン分析器、を含む分析器	(4) 現地業務費：管理費、旅費、等	(4) 業務費 光熱費、職員旅費
日本側	相手国側												
(1) 専門家派遣 18人	(1) カウンターパート配置 40人												
(2) 研修員受入 24人	(2) 土地・施設 INECC 内実験室及びプロジェクト事務所												
(3) 機材供与 オゾンゾンデ観測システム、スリット・ジェット・エア・サンプラー、イオン・クロマトグラフィー、自動エア・サンプラー、モデル用サーバー、等	(3) 機材 X線フルオレン分析器、を含む分析器												
(4) 現地業務費：管理費、旅費、等	(4) 業務費 光熱費、職員旅費												
事業期間	2011年1月～2015年12月	事業費	（事前評価時）287百万円、（実績）255百万円										
相手国実施機関	環境・気候変動国立研究所（INECC）												
日本側協力機関	愛媛大学												

II 評価結果

<留意点>

【事業完了時のプロジェクト目標の達成度の評価】

事業デザインにおいて指標が設定されていなかったため、実施機関及びJICA間で合意された終了時評価における判断に基づき、達成度を検証した。

【想定された上位目標の達成度の検証】

事業デザインにおいて上位目標は設定されなかったため、対象州政府及び連邦政府による政策・プログラム策定への本SATREPS事業による科学的知見やモニタリングデータの活用といった、社会実装に向けた取組みを、「想定された上位目標」として検証した。

1 妥当性

【事前評価時のメキシコの開発政策との整合性】

本事業は、メキシコの政策に合致していた。「環境面の持続性」を5つの重点分野の一つとする「国家開発計画」（2007年）に加え、大気資質及び汚染物質の定期的モニタリングと管理に焦点を当てた「環境・自然資源セクタープログラム」、温室効果ガス削減を含む軽減策の促進を掲げる「気候変動対策セクター戦略」（2007年）が実施された。

【事前評価時のメキシコにおける開発ニーズとの整合性】

本事業は、オゾン、VOC及びPM2.5の生成メカニズムに研究による科学的知見に基づく大気汚染の軽減という、メキシコのニーズに合致していた。

【事前評価時における日本の援助方針との整合性】

本事業は、環境問題への支援を3つの重点分野の一つとする、日本の対メキシコ援助政策に合致していた²。

【評価判断】

以上より、本事業の妥当性は高い。

¹ SATREPS とは、「地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム」（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development）を指す。

² 外務省「ODA 国別データブック 2010」

2 有効性・インパクト

【プロジェクト目標の事業完了時における達成状況】

プロジェクト目標は、事業完了時点までに達成された。計画された研究成果を上げるための研究活動を通じて、オゾン、VOC 及び PM2.5 といった対象とする大気汚染物質の生成メカニズムの研究能力は強化され、対策シナリオの策定能力も強化された。

【事業効果の事後評価時における継続状況】

本事業の効果は、事業完了後も継続している。INECC は、大気における汚染物質の形質転換の動態の評価について、本 SATREPS 事業で獲得した能力（粒子評価のための分析、VOC 分析、個人曝露及びモデリングに係る能力）を維持している。加えて、INECC は、本 SATREPS 事業の成果を、新たな組織とともに様々な事業に拡大している。これまでのところ、そうした事業に新たな3つの機関が参加している。INECC は、また、7州（メキシコ市、メキシコ州、イダルゴ州、モレロス州、トラスカラ州、プエブラ州、ケタラ州）を含む、大都市圏環境委員会（CAME）と協働している。メキシコ市、メキシコ州、イダルゴ州、モレロス州、トラスカラ州、プエブラ州及びケタラ州において、本 SATREPS 事業のすべてのコンポーネントによる大気質アセスメントの実施について、INECC と CAME 間で協定が結ばれている。活動には、1) 大都市圏における PM2.5 及び VOCs のモニタリング、2) 自動垂直プロファイルシステムの光化学モデルによる大気中移動及び光化学生成モデリング、3) 個人曝露研究、4) モニタリング・ネットワークの評価、が含まれる。

また、ハリスコ、イダルゴ、ヌエボ・レオンの各州で、本 SATREPS 事業に関連する新たな研究事業が、INECC と各州政府、SEMARNAT、メキシコ国立自治大学（UNAM）等と協働で実施されている。

本 SATREPS 事業で供与された研究機材の運用・維持管理については、概ね良い状態を維持している。例えば、INECC は、SEMARNAT、メキシコ市環境局及び CAME との協調のもと、スリット・ジェット・サンプラーやイオン・クロマトグラフィーをメキシコ市のコンティンジェンス評価に活用している。乾季のオゾンのコンティンジェンシー評価を行うことが主な目的である。また、INECC は、WRF-CHEM の光化学モデルにより大気質の評価を行うために、モデル用サーバーを活用しているが、現在はクラウド・システムへのデータの移行を行っている。また、トゥーラ、イダルゴ、及び他の大都市圏のサイトにおいて、X 線微粒子解析器が活用されている。しかしながら、オゾンゾンデ観測システムなど、一部機材は事後評価時点において使用されていない。これは、オゾン観測は、気象庁（NMS）の所管であるが、現在気象庁の機構改革が行われており、また、国家オゾン観測プログラムは定期的には実施されていないことが背景にある。

【想定された上位目標の事後評価時における達成状況】

本 SATREPS 事業では、上位目標は設定されなかったため、本事後評価では、本事業による研究成果の社会実装に向けた取組について検証を行った³。本 SATREPS 事業の研究成果は、ヌエボ・レオン州大気質プログラム（PROAIRE Nuevo León 2016 年～2025 年）に含まれている。また、上述のとおり、INECC 及び CAME の協定の下で首都と6つの州政府により実施される大気質評価（2019 年～2024 年）に、オゾンゾンデ観測システムなど本 SATREPS 事業のすべてのコンポーネントが反映されている。加えて、本 SATREPS 事業の成果は、「メキシコ市大気質プログラム」（2011 年～2020 年）及び「大気質国家戦略2018 年」終了後（新戦略が発表されるまでは、前戦略が有効である）、「メキシコ市大気質プログラム」（2021 年～2030 年）の具体化に反映されたとみなされている。さらに、本 SATREPS 事業の研究成果に関連する活動は、「環境自然資源セクタープログラム（PROMARNAT）」（2020 年～2024 年）に統合されている。PROMARNAT は、2020 年から2024 年の期間における連邦政府の行政活動に含まれている。その他、「ヌエボ・レオン州大気質プログラム」（2016～2025 年）にも反映されている。

また、INECC は、オゾン生成、VOCs 及び PM2.5 に関する共同研究事業や、メキシコ市、モンテレイ市（ヌエボ・レオン州州都）各大都市圏における大気汚染対策シナリオの提案、など、INECC のホームページを通じて、本 SATREPS 事業の研究成果の普及を行っている。INECC は、人々の健康の保全に向けた大気質の問題に関する研究事業を含む、運営プログラム（2020 年～2024 年）を策定している。

加えて、INECC 及び愛媛大学との SATREPS 事業での学びを通じて、同等レベルで、メキシコにおいて大気質及びその気候変動への影響に関する最先端の研究事業で実施することができるようになり、いくつかの論文が査読付き学術誌に掲載された。こうした経験は、2021 年から2024 年にかけて実施される予定の、都市部を重点とする、「気候変動・大気質に関する国家戦略プログラム（PRONACE）」の策定に向け、国家科学技術評議会（CONACYT）との交渉に活かされている。PRONACE は、これらの課題に関する国家レベルの研究を調整し、国家科学技術評議会からの資金を配分する機能を果たすことが見込まれている。国際レベルでの対応については、メキシコは、ラテンアメリカ・カリブ環境大臣フォーラムの枠組みや、エルサルバドルへの南南協力、などにおいて、SATREPS 事業での学びを提供している。

【事後評価時に確認されたその他のインパクト】

事後評価時点において、いくつかの正のインパクトが確認された。国家及び地方政府当局は、大気汚染防止のための科学的情報の重要性や、大気質モデルがどのように大気質予測に役立つかを、認識するようになった。また、INECC は、モデル構築を所掌する副部長により、大気質モデルに関する研究が行われた。ヌエボ・レオン州、ハリスコ州及びメキシコ市の政府職員、SEMARNAT 及び CAME 職員は、大気質モニタリング及び対策に関する科学リテラシーを向上させた。INECC は、地方政府の大気質担当部局に対し、研修プログラムを提供している。直近の研修活動としては、2021 年の計画が策定されている。

INECC の研究室は、2018 年から 2020 年にかけて新たな場所に移動し、本 SATREPS 事業で整備されたインフラにより、解析の質は確保されている。

本 SATREPS 事業による負のインパクトは、事後評価時点で確認されなかった。

【評価判断】

以上より、本事業の有効性・インパクトは高い。

³ 上位目標が設定されていない事業については、有効性・インパクトのサブレーティングには加味せず、総合評価にも加味しない。

プロジェクト目標及び上位目標の達成度

目標	指標	実績	情報源
プロジェクト目標 オゾン、VOC 及び PM2.5 の生成機構の解明、主な科学的知見に基づくコベネフィット的対策シナリオ策定能力が強化される。	なし	達成状況：達成（継続） （事業完了時） ● 対象の汚染源である、オゾン、VOC 及び PM2.5 の生成メカニズムの調査能力は、本 SATREPS 事業の研究成果の産出を通じて、強化された。 ● 対応策の策定能力は、本 SATREPS 事業の研究成果の産出を通じて、強化された。 （事後評価時） INECC は、以下の他の機関との新たな研究事業を開始した。 ● グアダラハラ州における低排出ゾーン（2019 年～2021 年）：グアダラハラ州政府環境研究所との協働。主な成果は、グアダラハラ州都レオン市の政策戦略策定のための情報収集である。 ● イダルゴ州トゥーラにおける大気質評価（2020 年～2021 年）：CAME、イダルゴ州政府、UNAM 及び SEMARNAT との協働。主な研究成果は、大気汚染防止策の実施及びトゥーラ市民の曝露の低減に向けた大気汚染及び環境変容に関する情報の収集である。 ● モンテレイ都市圏において運用しているモニタリング・ステーションの環境の特徴の提示（2020 年）：マリオ・モリーナセンター、ヌエボ・レオン州政府との協働。主な研究成果は、モンテレイ大都市圏における大気汚染提言に向けた政策アクションの特定である。	- 終了時評価報告書 - 国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）終了報告書 - INECC への質問票調査回答

3 効率性

本事業の事業費及び事業期間はともに計画以内であった。（計画比：それぞれ 89%、100%）。本事業のアウトプットは計画通り発現した。
よって、本事業の効率性は高い。

4 持続性

【政策面】

大気質に関連する政策及びプログラムは、州及び政府機関のレベルで策定されている。本 SATREPS 事業の成果は、ヌエボ・レオン州の PROAIRE に含まれている。ハリスコ州の PROAIRE の策定及び 2018 年のレビューの際に、INECC との連携が検討された。メキシコ市を含む中央メキシコ大都市圏については、CAME は、作業計画に示される活動において、本 SATREPS 事業に基づく成果や活動を反映している。連邦レベルでは、大気質国家戦略において、本 SATREPS 事業の成果と INECC との協力が含まれている。

【制度・体制面】

上述のとおり、INECC は、メキシコ市、メキシコ州、イダルゴ州、モレロス州、トラスカラ州、プエブラ州及びケレタロ州において 2019 年から 2024 年にかけて実施予定の大気質評価で、本 SATREPS 事業のすべてのコンポーネントに基づいて行う協定を CAME と結んでいる。また、このほかにも、ヌエボ・レオン州、メキシコ市、グアナファト州及び CAME との協働での活動を行っている。INECC の大気質モデリング・グループ、個人曝露グループ、VOC・微粒子グループは、CAME や州地方政府との事業に参加している。

INECC は、公害・環境衛生総合調整において、本 SATREPS 事業で研究能力を向上した 10 名の科学者を有している。また、関係当局は、本 SATREPS 事業で訓練された技術者を維持している（国立度量衡センター 5 名、メキシコ市政府 2 名、ヌエボ・レオン州政府 2 名、ハリスコ州政府 2 名）。

さらに、INECC は、大気質・気候変動国家戦略プログラムの下、UNAM 大気科学センター、フアレス氏自治大学、公衆衛生国立研究所、国立度量衡センター、及び科学技術国家評議会と協力関係にある。

なお、2021 年 12 月 21 日付で、環境・天然資源省（SEMARNAT）は、INECC の組織・職員を同省の組織の一部とした。

【技術面】

INECC は、科学研究を行うことを法的に任務としている。研究業務は大気質関連において実施され、毎年事業が実施されている。INECC は、研究室を維持しており、環境省が有する新しい施設に研究室を移し、独立性を獲得した。INECC はまた、本 SATREPS 事業で活用した協働体制を維持しており、CCA-UNAM と実施予定の、トゥーラ-イダルゴ地域での類似事業を計画している。INECC は、すべての技術職員を対象として、研修プログラムを毎年実施している。他方、INECC の研究室は、品質管理システムを有しており、その一環として、研究室で得られた成果の品質を保証するため、技術職員に対し、研修実施を行っている。

上述した各政府は、本 SATREPS 事業の研究成果に基づいた、大気質対策に向けた必要な政府プログラムの策定のための、科学リテラシーを向上させている。

【財務面】

INECC は、予算が削減されたものの、毎年、本 SATREPS 事業で整備されたすべての機材と能力を維持するための予算を確保している。環境・自然資源セクタープログラム（PROMARNAT）（2020 年～2024 年）は、連邦政府執行予算 2020 年～2024 年の活動に含まれており、連邦支出プログラム（PEF）では、年ベースですべての機関に対する予算を保障している。PEF 2021 年が発表されており、INECC への 2021 年度予算は確保されている。

各州政府との連携が行われる場合には、それぞれ特定の活動に対し、州政府は追加的予算を配分している。INECC は、2021 年度については、以下の活動を予算化している。1) 大都市圏の入り口におけるリモートセンサーによる高排出車両の特定キャンペーン（2020 年～2024 年）、2) 大都市圏大気質情報システムの解析、データ加工、普及に係る開発・維持管理サービス、3) トゥーラ盆地における大気質の特性及び診断に関する要素、4) INECC 研究室施設における大都市圏 SMCA の職員研修、5) メキシコ盆地大都市圏の大気汚染物質濃度の最大値の確定に向けた助言、6) モンテレイ市、グアダラハラ及びメキシコ盆地の都市圏の気象及び大気質予報。現政権下における緊縮財政政策による政府予算の削減といった状況にもかかわらず、それぞれの機関の状況を考慮した、協力体制が確保されている。最も関連の深い協力体制は、本 SATREPS 事業で構築した方法を活用した大気質モニタリングへの支援に関する、INECC と CAME 間の覚書である。また、INECC は、地方政府への大気

質に関する支援と研究室の能力の維持を、業務プログラム（2020年～2024年）に含めている。

【評価判断】

以上のとおり、いずれの側面においても特段の問題は見られない。よって、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

5 総合評価

本事業は、オゾン、VOC 及び PM2.5 の生成メカニズムの研究に関する能力の強化及び科学的知見に基づくコベネフィットの対応策シナリオのプロポーザル作成能力の強化という、プロジェクト目標を達成し、研究成果はメキシコにおける大気質に関連する政策・プログラム策定に活用されている。

以上より、総合的に判断すると、本事業の評価は非常に高い。

III 提言・教訓

実施機関への提言：

(INECC 向け)

- 大気質の継続的な改善を確保し、本 SATREPS 事業で開発された能力の活用に向け、組織間での連携した業務を継続すること。
- 州政府及び市政府職員間の知識の格差をなくし、本 SATREPS 事業での学びを内部化するため、州政府及び市政府間での協力を強化すること
- 気象庁の通常業務にオゾン観測を含めるため、気象庁と協働で業務を行うこと。

JICA への教訓：

- 本 SATREPS 事業では、優れた研究成果を生み出し、オゾン生成のメカニズム、2.5 ミクロン粒子、揮発性有機化合物に関する研究は、組織間・国家間の協力により、本 SATREPS 事業の 3 つのパイロット都市だけでなく、他の州でも実施され、市民の生活の質の向上に貢献し、社会実装に向けた取組みが行われた好例と言える。また、INECC は引き続き、他の州政府や大都市の自治体と共同で、大気質プログラム (PROAIRE) の更新に SATREPS 事業の枠組みで行われた調査結果を活用することを推進しており、必要な取組み・トレーニングも実施している。この背景には、予算が削減され、INECC 大気質研究所の新本部が移転したにもかかわらず、本 SATREPS 事業のメキシコ側のリーダーが活動を続け、学んだ技術を広めていることが要因の一つとしてあげられる。SATREPS 事業の研究成果の社会実装化を実現するためには、国際共同研究による成果を着実に上げられる研究能力の高さとともに、政府機関との調整・協働を可能とする人材及び組織能力を有する研究機関をカウンターパートとすることが有効である。本 SATREPS 事業においては、メキシコで大気環境管理に関与する機関は、INECC の他、CAME (連邦機関)、UNAM (学術機関)、州環境局 (州政府)、南極のオゾンホールとフロンガスによるオゾン層破壊の脅威を突き止めたことでノーベル化学賞を共同受賞したメキシコ人研究者により設立されたマリオ・モリナ・エネルギー・環境戦略研究センター (非営利シンクタンク) があり、これら組織の連携が、SATREPS 研究成果の継続的な普及・利用に貢献した。
- 上記の通り、メキシコでは、大気環境管理に関連する様々な政府機関、研究機関、学術機関が存在しており、政権交代等に伴う人事異動があっても、本 SATREPS 事業関係者はいずれかの機関に所属して大気環境管理に従事し続けることが可能であった。また、INECC 及びその他の研究機関も含めた研究者間で切磋琢磨する良好な関係が、INECC を連邦政府の大気環境管理責任機関として機能させ続けた重要な要因である。そうした状況下、INECC が予算不足の場合であっても、これら機関間での連携により (研究事業等を介し)、予算不足をカバーしたり、必要な機材を貸与し合う、限られた資源でも実施できる大気モニタリング手法を確立する等の工夫も凝らされた。したがって、SATREPS 事業終了後の研究の継続及び社会実装に向けた継続的な取組みの推進を見据え、案件形成時に、カウンターパートとなる研究機関のネットワークや政府機関との連携等の有無等、関係者分析を十分にを行い、事業完了後の戦略も念頭に置くことが望ましい。



本事業の成果を活用した大気質観測所
環境モニタリング統合システム
(ヌエボ・レオン州モンテレイ市)



計測活動実施中の大気質観測所における PM2.5 のサンプリング機材の運用に関する現地技術者への研修
(ヌエボ・レオン州モンテレイ市)

以上