

## 終了時評価調査結果要約表

<b>1. 案件の概要</b>	
国名：南アフリカ共和国	案件名：南部アフリカにおける気候予測モデルをもとにした感染症流行の早期警戒システムの構築プロジェクト
分野：保健医療	援助形態：技術協力プロジェクト（地球規模課題国際科学技術協力：SATREPS）
所轄部署：人間開発部 保健第一グループ 保健第二チーム	協力金額：2億5,000万円
協力期間	(R/D) : 2014年5月12日～ 2019年5月11日
	先方関係機関：科学技術省（DST）、国家保健省（NDOH）、気候地球システム科学応用センター（ACCESS）、南アフリカ医学研究評議会（SAMRC）、南アフリカ科学・工学研究評議会（CSIR）、国立伝染病研究所（NICD）、南アフリカ気象サービス（SAWS）、リンポポ州保健局（LDOH）、リンポポ州保健局・マラリア予防対策センター（LDOH-Malaria）、ケープタウン大学（UCT）、リンポポ大学（UL）、プレトリア大学（UP）、ヴェンダ大学（UV）、西ケープ大学（UWC）
	日本側協力機関：長崎大学熱帯医学研究所（熱研）、国立研究開発法人 海洋研究開発機構（JAMSTEC）
	他の関連協力：特になし。
<b>1-1 協力の背景と概要</b>	
<p>マラリアや下痢症、肺炎などの感染性疾患は、気候の変動、具体的にはラニーニャ現象などの大気海洋相互作用や気温・降雨量などの季節変動の影響を受ける可能性があることが示唆されている<sup>1</sup>。南アフリカ共和国（以下、「南アフリカ」と記す）を含む南部アフリカ地域ではこのような感染性疾患の危険に常にさらされている。具体的には、プロジェクト計画当時の最新のデータでは下痢症及び肺炎は南アフリカにおける5歳未満児死亡の上位2原因（それぞれ、21.4%、16.2%：2007年）である<sup>2</sup>。マラリアについては他の南部アフリカ諸国と比べるとよく制御されているが、モザンビークやジンバブエなどのマラリア浸淫国に国境を接している南アフリカ北東部、特に本プロジェクトの対象地域であるリンポポ州は依然としてマラリア感染リスクにさらされている<sup>3</sup>。実際に、プロジェクトが開始された2014年には南アフリカ全体として1万例以上の感染者が発生している。しかしながら、気候変動と感染性疾患の発生との関係が強く示唆されていながら、その具体的な相関関係が科学的に証明されることがなかったため、気候に基づく感染症流行予測を用いた対策は今日まで実現していない。</p> <p>他方、地球規模課題対応国際科学技術協力（Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development：SATREPS）の枠組みで実施されたJICA技術協力「気候変動予測とア</p>	

<sup>1</sup> A.J. McMichael, et al. Climate change and human health - risks and responses (2003)

<sup>2</sup> UNDER-5 MORTALITY STATISTICS IN SOUTH AFRICA: Shedding some light on the trend and causes 1997-2007; April 2012, the Burden of Disease Research Unit, the South African Medical Research Council

<sup>3</sup> World Malaria Report 2015, WHO

フリカ南部における応用プロジェクト」(2010-2013)は、南アフリカと日本の研究機関の共同研究により、精度の高い気候変動予測システム(SINTEX-F)を開発した。「南部アフリカにおける気候予測モデルをもとにした感染症流行の早期警戒システムの構築プロジェクト」(以下、「本プロジェクト」と記す)は、先のプロジェクトで開発した気候変動予測システムの予測性能を更に高めるとともに、特にマラリア、下痢性疾患及び肺炎について気候予測に基づく感染性疾患流行早期警戒システム(infectious Diseases Early Warning System:iDEWS)の構築と運用性の検証を目的とし、SATREPSの枠組みで2014年5月に開始された。

## 1-2 協力内容

### (1) プロジェクト目標

南部アフリカへの適用に向けた先駆けとして、感染症対策のための気候予測に基づいた早期警戒システムモデルが確立される。

### (2) 成果

- 1) 特にマラリア、肺炎、下痢症について、気候に基づいた感染症流行予測モデルが開発される。
- 2) 気候予測に基づいた感染性疾患流行早期警戒システム(iDEWS)の運用指針がリンボポ州で策定される。
- 3) iDEWSの予測性能と運用性が実証される。

### (3) 投入(評価時点)

#### 1) 日本側:総投入額2億5,000万円

- 専門家派遣:合計3名の長期専門家(疫学・医用昆虫学:1名、業務調整:延べ2名)(101人/月)及び合計16名の短期専門家(71.7人/月)
- カウンターパート(Counterpart Personnel:C/P)研究者の来日:延べ35名(合計347日間)、研究成果の共有や研究計画の協議、シンポジウム参加等
- 本邦研修:合計7名(気候学及び感染症学的研究にかかわる統計解析、データ管理等)
- 資機材の供与:自動気象観測装置、顕微鏡や人工環境装置、マラリア診断装置などの研究機器、解析用パーソナルコンピュータ、解析用ソフトウェアなど
- 在外事業強化費:国内旅費・交通費、研究用消耗品費、通信費など

#### 2) 南アフリカ側

- C/P配置:計57名(プロジェクト・ダイレクター、プロジェクト・マネジャー、研究者、行政官、技術者など)
- 施設及び資機材:CSIR及びLDOH-Malaria内プロジェクト事務所スペース、LDOH-Malaria内実験スペース、南アフリカ国内の全プロジェクト参画機関の既存の機器、プロジェクトに関係する利用可能なデータ、情報及び検体、CSIR内テレビ会議システムの使用
- ローカルコスト:合計ZAR 5,700,000(約4,581万3,000円)、リンボポ州でのフィールド調査経費、入院患者情報データベース化のための経費、南アフリカ側C/P国内旅費・交通費、プロジェクト活動に必要な消耗品、プロジェクト事務所水道光熱費、研究機器や試薬など本邦調達物品の輸入通関費など

2. 評価調査団の概要			
調査者	担当分野	氏名	所属
	団長・総括	金井 要	JICA 人間開発部 技術審議役
	協力企画	川口 美咲	JICA 人間開発部 保健第一グループ 保健第二チーム 調査役
	評価分析	井上 洋一	㈱日本開発サービス 調査部 主任研究員
	感染症対策研究	渡邊 治雄 (オブザーバー)	AMED 国際事業部 医療分野国際科学技術 共同研究開発推進事業 プログラム・スーパ ーバイザー 国際医療福祉大学大学院 教授
	計画・評価	石井 克美 (オブザーバー)	AMED 国際事業部 国際連携研究課 主幹
調査期間	2019年1月8日～2019年1月22日		評価種類：終了時評価
3. 評価結果の概要			
3-1 実績の確認			
(1) 成果1：おおむね達成			
<p>JAMSTEC は CSIR と協力しながら新型の大気-海洋結合モデルを用いた短期気候変動予測システム (SINTEX-F2) の開発に成功し、南部アフリカの気候予測の精度が大幅に向上した。また、SINTEX-F2 による地球規模季節予測情報の局地的高解像度化 (ダウンスケーリング：約 10km<sup>2</sup>程度) にも成功している。また、UP も独自のアンサンブル予測による気候変動予測システムを開発し、その後、予測のダウンスケーリングにも成功した。これらの技術は以下に示す感染症流行予測モデルのすべてと組み合わせて活用されている。</p> <p>マラリアについて、熱研及び JAMSTEC はそれぞれ非線形統計モデル及び機械学習を基にした流行予測モデルを開発し、実際のマラリア予防対策への適用に十分な流行予測精度 (予測値と実測値の相関係数が 0.7 以上) を示している。過去に遡っての検証ではあるが、約 20 年ぶりの大きなマラリア流行となった 2016/2017 年流行シーズンのマラリアの流行を予測できており、翌 2017/2018 年シーズンは同程度の流行規模となることを将来予測的中させている。また、UP も十分に実用レベルの予測精度をもつ独自のアンサンブル気候変動予測システムに基づいたマラリア流行予測統計モデルを開発し、予測精度も実用レベルであることが確認されている。これらのモデルはそれぞれ異なる特徴を有し (予測のリードタイムや予測期間など)、これらを組み合わせて予測情報を作成することで、より事前対策等の計画が効果的、効率的に実施できる可能性がある。</p> <p>このように、マラリアについては気候予測に基づいた流行予測モデルは、実用レベルの予測性能である。下痢症についてもモデル開発の見通しが得られ、開発作業は iDEWS 事務局の下で確実に継続されることになっていることから、プロジェクト終了後 2~3 年程度で開発作業が完了できる見込みである。肺炎についてはモデル開発が技術的に困難であることが明らかとなったが、今後の研究活動に重要な経験と知見を与えたといえる。また、プロジェクト全体で得られた研究成果は終了時評価時点で 44 報が国際誌に発表されている。したがって、成果 1 は研究協力の観点からはおおむねその目的を達成したと考えられる。</p>			

## (2) 成果 2 : おおむね達成

警戒情報の発令基準について、当初はマラリア・アウトブレイクの早期検出に基づく警戒情報の発令によるアウトブレイク発生予防や早期封じ込めのための対応実施を行うことを想定していたが、流行予測の特性やモザンビーク等のマラリア高侵淫国と比較すると患者数の少ないリンポポ州での運用を考慮し、個別のアウトブレイク警戒情報を発令するのではなく、原則的には定期的な流行予測情報を発表し、運用指針等に従った対応を行うことを関係者間で合意している。プロジェクトは非線形統計モデル及び機械学習に基づくマラリア流行予測モデルを開発したが、それぞれの予測性能にかかわる特徴を加味した警戒情報の構築が検討されている。

また、2017年1月に発足した iDEWS 導入準備委員会は研究機関だけでなく、感染症流行予測情報の実際のユーザーである LDOH や将来の制度化等をめざすうえで重要な NDOH や SAWS、NICD などの国レベルの機関が参加している。この準備委員会の下で、2017/2018年シーズン前（2017年第4四半期ころ）に実際にリンポポ州でマラリア流行予測性能の検証や、予測結果に基づく介入など運用の検討がなされた。その結果、すべてのメンバー機関は気候予測に基づいた流行予測モデルの予測性能を実用レベルと評価し、iDEWS 事務局の設立に向けた関係機関間の合意に結びついた。上記の試験導入によって運用指針の策定には更に経験を積む必要性が確認されたため、プロジェクト期間内には完成できないが、検証作業は iDEWS 事務局の下で着実に実施される見込みである。

以上のことから、十分な経験と根拠に基づいた iDEWS 運用指針がプロジェクト期間終了後数年以内には着実に完成することが見込まれるため、成果 2 もその目的は満たされたと見なすことができる。

## (3) 成果 3 : おおむね達成

上記のとおり、プロジェクトは 20 年ぶりの大きなマラリア流行が起こった 2016/2017 年流行シーズンのマラリア患者数を流行予測モデルが高い精度で予測できることを確認し、翌シーズンは予測情報を実際のリンポポ州でのマラリア予防対策へ適用した。その結果、介入によりマラリアによる死亡率が低下した可能性を示す結果が得られ、患者数も予測値よりも若干減少していた。しかしながら、予測情報に基づく介入の効果を証明するためには、隣国からのマラリアキャリアの流入などさまざまな要因を考慮してより正確な解析を行う必要がある。

下痢症についても流行と気候変数及び気候現象との間に相関性が確認され、終了時評価時点ではモデル化に向けた具体的な検討が開始された段階である。したがって、下痢症については予測性能と運用性の評価をプロジェクト期間内に実施することはできないが、こちらもモデルが完成次第、iDEWS 事務局の下で実施される見込みである。

以上のことから、マラリア及び下痢症については、モデルの予測性能、運用性が iDEWS 事務局の下で検証され、プロジェクト期間終了後数年以内には着実に iDEWS として完成することが見込まれるため、成果 3 もその目的はおおむね満たされたと見なすことができる。

#### (4) プロジェクト目標：おおむね達成

これまでの日本側研究機関、南アフリカの研究機関及び行政機関の努力により、南部アフリカ地域の短期気候変動予測システムは高精度化され、さらにダウンスケーリングも成功した。この結果を基に、プロジェクトは実用レベルの予測性能を有する3つのマalaria流行予測モデルを開発し、これらの予測情報に基づいた実際の予防対策が試験的に実施され、その効果や課題（予測情報に基づいたマalaria流行予防対策の実施にかかわる運用ガイドラインの作成と利用できる人的・財政的リソースを考慮した最適化、展開に向けたパッケージ化の必要性など）も確認されている。

南アフリカ側研究機関、行政機関はこれまでの成果を高く評価し、iDEWS事務局を設立し、気候変動予測を基にした、特にマalariaの感染症予測サービスを将来的に実際の行政サービスの一部とするための具体的な取り組みを開始している。さらに、終了時評価時点でプロジェクトの研究機関は気候学研究、感染症研究グループともモザンビークとの共同研究を開始しており、今後、モデルの予測性能は一層向上するものと考えられる。

さらに、マalariaに関しては南部アフリカ開発共同体（Southern African Development Community：SADC）の下でマalaria排除に向けて南部アフリカ8カ国によって2007年に設立された“Southern Africa Malaria Elimination 8 Initiative”（以下、“Elimination 8”と記す）との協力も具体化しつつあり、南部アフリカ地域への展開も大いに期待できる。

なお、下痢症については前半の活動の遅れもあってモデル化までは到達できていないが、iDEWS事務局の下で開発作業は継続されることとなっている。肺炎については気候変動予測に基づく流行予測モデルの開発を適用することが技術的に困難であることが確認されたが、その判断に至るまでの検討プロセスは、これから他の疾患への適用を検討する際の重要な基礎情報を与えたと考えられる。

このように、南部アフリカへの適用に向けた先駆けとして感染症対策のための気候予測に基づいた早期警戒システムモデルの確立（プロジェクト目標）は数年以内には着実に達成できる見込みである。また、上記のように学術的観点、ODA技術協力の観点の両方で大きな成果が確認されており、現時点での課題も適切に整理されていることから、終了時評価時点で本プロジェクトはその目的をおおむね達成できたものと見なすことができる。

### 3-2 評価結果の要約

#### (1) 妥当性

プロジェクトの妥当性はこれまで高く維持されている。

南アフリカを含む南部アフリカ諸国では、感染症は依然として脅威である。南アフリカでは近年は感染症による死亡が減少傾向にあるものの、下痢症及び肺炎は依然として5歳未満児の死亡原因の上位を占める（それぞれ、8.7%、16.9%：2015年）。

マalariaについては他の南部アフリカ諸国のなかでは比較的よく制御されているが、モザンビークやジンバブエなどのマalaria浸淫国に国境を接している南アフリカ北東部、特に本プロジェクトの対象地域であるリンポポ州は依然としてマalaria感染リスクにさらされている。実際に、2016年は報告数が4,323件、死亡者数が34件と排除に近いレベルと考えられていたが、2017年の報告数は前年の5倍以上の22,517件、死亡者数も274件と約8倍となった。翌2018年も同程度の大きな流行が起こっており、南アフリカは依然

としてマラリアのリスクにさらされているといえる。このような状況において、NDOHは「戦略計画 2015-2020」のなかで感染症対策の強化を国家プログラム「一次医療サービス」に位置づけ、感染症サーベイランスシステムの強化や国際保健規則（International Health Regulation : IHR）に沿った公衆衛生上の緊急事態への備えと対応能力強化、関連する科学技術開発を推進するとしている。さらに、将来的に南部アフリカ地域に展開することを想定し、これまで協働でモデル開発を進めてきた研究基盤のある南アフリカをパートナー及び対象国とすることで妥当性も担保されている。

他方、わが国の ODA 方針においても感染症対策を重要視しており、2013 年 6 月の第 5 回アフリカ開発会議（TICAD V）で合意された「横浜宣言 2013」の具体的施策となる「横浜行動計画 2013-2017」でも感染症対策の重要性が改めて示されるとともに、気候変動に対する取り組みを他セクターで行うことの重要性も示されている。2016 年 8 月に実施された TICAD VI で採択された「ナイロビ宣言」では「横浜宣言」及び「横浜行動計画」は 2019 年の次回 TICAD まで有効であることが確認されている。さらに、WHO は地球温暖化などの気候変動が感染症など人の健康に対する影響について対策の必要性を明確に示している。特に“WHO Global Programme on Climate Change & Health”（2016）のなかで気候変動と健康に関する科学的根拠を得ることの重要性を示している。したがって、本プロジェクトを通じて気候変動とマラリア、肺炎、下痢症との相関関係や気候変動に基づいた感染症流行予測モデルの開発、予測情報に基づく行政的な対応などに関する科学的分析は、このような国際的要求にもかなうものと考えられる。

以上のことから、南アフリカ・日本国側双方の研究機関の技術力向上や根拠（研究成果や新規知見など）に基づいた感染症対策を行う本プロジェクトの目的と南アフリカの保健政策、科学技術政策並びにニーズとの一致性は更に高まったといえる。

## (2) 有効性

プロジェクトの有効性は高い。

プロジェクトはこれまで短期気候変動予測システムの開発・改良とダウンスケーリングを中心とした気候学的研究に関する学術論文を数多く第一線の査読のある国際誌に発表している。気候予測を基にした感染症流行予測モデル等に関する研究成果はこれまでに数報程度であるが、終了時評価時点ではさまざまな特徴を有する 3 つのマラリアの流行予測モデルが開発され、いずれも実用レベルであることが確認されている。今後はこれらモデルによる予測情報の実際のマラリア予防対策への適用が科学的視点をもって実施、効果検証が行われる予定であることから、今後関連する研究成果がプロジェクト期間終了後も数多く国際誌等に発表されることが見込まれる。

他方、本プロジェクトは他の開発途上国との国際共同研究とは異なり、イコールパートナーとして非常に高いレベルで技術協力、技術交流が継続され、双方、気候変動に基づく感染症流行予測モデルの開発や、実際の予防対策への適用など未知の領域に挑み、プロジェクト開始前はまったくなにも実績がないところから、終了時評価時点では研究成果の社会実装が大いに期待できる成果を得ている。このことは南アフリカ・日本国側双方の研究機関、行政機関、保健機関など関係機関が大きく能力を向上させたと考えられ、本プロジェクトは ODA の視点でも大きな成果を上げたと言えることができる。

計画した3つの対象疾患に対して iDEWS を構築できてはいないものの、学術的にも ODA 技術支援の観点でも本プロジェクトの達成度は非常に高いと考えられ、本プロジェクトの有効性はおおむね高いと認められた。

### (3) 効率性

以下に示す理由により、プロジェクトの効率性は中程度である。

本プロジェクトは、2014年5月に行われた南アフリカ総選挙の影響により、南アフリカと JICA との実施機関合意文書の署名に想定よりも時間を要し、南アフリカに駐在する2名の長期専門家の着任が同年10月となったため、研究機器の導入等に若干の遅延が生じた。また、南アフリカ側研究機関間の共同研究実施のための覚書 (Memorandum of Understanding : MOU) 締結に想定以上の時間を要し、気象地上観測データの入手などに遅延が生じた。さらに、南アフリカ側の病院入院データのデータベース化のための予算が利用できるようになるのが2016年に入ってからとなったため、下痢症の流行予測モデル開発におおむね半年～1年程度の遅延が生じ、結果的に終了時評価時点で完成することができなかった。

しかしながら、プロジェクト運営としては終了時評価までに実施された合同調整委員会 (Joint Coordinating Committee : JCC) に加え、南アフリカ・日本国側の双方で実施されたシンポジウムの機会及び日常的な email や電話会議等で研究の進捗や成果創出状況の管理はおおむね適切に実施されてきたと考えられる。このことは、これまでの有効性の項で示したとおり、プロジェクト活動としては半年から1年程度の遅延が認められながらも、終了時評価時点で多くの研究成果を創出していることで説明できる。遅延の原因はプロジェクト外部の要因であったが、特に南アフリカ側 C/P は活動予算確保や iDEWS 組織化に最大限の努力を行っており、供与機材や本邦研修などの投入も適切に実施されたことから、プロジェクト管理自体はプロジェクト期間を通して適切に実施されたと考えられる。

### (4) インパクト

プロジェクトの実施によって、以下に示す正のインパクトが確認または期待されている。

プロジェクトで改良を行った気候予測モデルは、既にモザンビークの気候予測が可能であり、プロジェクトで開発した現在のマラリア流行予測モデルを用いてモザンビークの流行予測を行うことは技術的に可能である。プロジェクトは気候学グループ、感染症対策グループともにモザンビーク当局との協力、共同研究を開始しており、今後、本プロジェクトの成果に基づいたモザンビークへの裨益が見込まれる。他方、“Elimination 8” は気候予測に基づくマラリア流行予測のメンバー国での適用に大きな関心を示しており、終了時評価時点では具体的な協力の方法等に関する協議が開始されている。同 “Elimination 8” イニシアティブを通じて南部アフリカ各国との協力が開始できれば、それぞれの国のマラリア流行データも収集、検証することで、気候予測に基づいた流行予測モデルを大きく展開できる可能性は高いと考えられる。

しかしながら、南アフリカの他州や隣国への適用を実現するには、マラリア流行予測情報に基づいた予防対策に対するひとつひとつの介入の効果についてエビデンスを構築し、

そのエビデンスを基に現場の利用可能なリソース（人材、予算等）を考慮しながら、最終的には運用指針の最適化を行うことが求められる。さらには、その最適化された運用指針に則った予測情報に基づいた予防対策が、どれだけ患者数や死亡者数に影響を及ぼしたかについて科学的に検証し、包括的なエビデンスを構築することが必要である。これが実現できて初めて他の地域や近隣国への展開が行えるようになると考えられる。

このほかにも、①南部アフリカの降水量の 10 年規模変動とマラリア患者数の関連性の発見<sup>4</sup>、②ザニンマラリア研究所（Tzaneen Malaria Institute : TMI）の機能強化、③iDEWS 開発をプラットフォームとした分野横断的關係者間連携など、プロジェクトによる正のインパクトが確認または期待されている。

## (5) 持続性

プロジェクトによって生み出された便益の自立発展、自己展開は一定程度見込まれる。

### 1) 政策・制度的側面

南アフリカにおいて気候変動予測モデルや感染症流行予測モデル開発の技術力を高めながら、関連した研究成果に基づいた（根拠に基づく）感染症対策を行うことの政策的な重要性はプロジェクト期間終了までのみならず、終了以降も継続することが強く見込まれる。これは、NICD や SAWS などの国家機関がまもなく設立予定の iDEWS 事務局をリードすることが合意されている点でも説明できる。また、南アフリカ側関係機関はプロジェクトで開発した気候予測を基にしたマラリア流行予測情報は、実際のマラリア予防対策への適用に十分な実用レベルに達していると評価し、終了時評価時点で具体的に iDEWS 事務局の設立に向けた取り組みを行っている。当面はプロジェクト終了後 2 年間で運用指針の最適化を行い、iDEWS のマラリア予防対策に対する効果に関するエビデンスを構築する予定である。その後は構築したエビデンスを関係当局に提示し、最終的には iDEWS 事務局を行政機関の一部とすることをめざしている。したがって、本プロジェクトの政策的持続性は終了時評価時点においても一定程度期待できる。

### 2) 財政的側面

南アフリカ・日本国側双方の研究機関の研究能力は高く、本プロジェクトによって実用化に近いレベルに達した気候予測に基づいた感染症流行予測モデル開発や、予測情報に基づく介入等にかかわる研究はおそらく世界をリードしていると考えられる。また、南アフリカ側は、プロジェクト期間中に現地活動費として DST や ACCESS から多額の投入を行っており、それぞれの機関がこの分野で外部の競争的研究資金等を獲得できる能力は高いと考えられる。他方、上述のとおり iDEWS が南アフリカの感染症対策システムの一部となれば、行政システムとして継続運営のための予算は担保されることが見込まれる。また、プロジェクトは iDEWS が将来的には南アフリカの他州や隣国で適用されることを念頭においていることから、予測モデルに加えて運用指針、新規導入や運用コスト分析なども含めたパッケージ化に向けた取り組みが iDEWS 事務局の下で継続的に実施されることが望ましい。

### 3) 技術的側面

<sup>4</sup> プロジェクトで改良した SINTEX-F2 によって南部アフリカの降水量に 10 年規模の変動があることを発見し、これが更にマラリア患者数にも一定の相関関係があることを発見した。



南アフリカ・日本国側双方の研究機関の能力は高く、プロジェクト期間終了後もプロジェクトで獲得した新規の研究能力は更に向上することが強く見込まれる。なお、熱研、JAMSTEC はプロジェクト期間終了後も南アフリカ側プロジェクトメンバー機関との共同研究、協力活動を継続する意向を示しており、iDEWS 事務局に対しても何らかのかたちで参加もしくは協力することになっている。また、プロジェクトでは3つの異なる予測性能特性を有する気候予測に基づくマラリア流行予測モデル（JAMSTEC による機械学習を基にしたモデル、熱研による非線形統計モデル、UP による線形統計モデル）が実用レベルに達している。これと並行して、JAMSTEC 及び UWC は数理モデル（それぞれ、VECTRI モデル、コンパートメント・モデル）を基にしたマラリア流行予測モデルの開発を行っている。終了時評価時点ではこれら2つのモデルは実用レベルに達していないが、数理モデルを基にした感染症流行予測モデルは他の地域への高い適用性が期待できることから、プロジェクト期間終了後も引き続き開発作業が継続されることが見込まれている。ただし、予測情報に基づいた予防対策の介入効果の検証や、検証結果に基づいた運用ガイドラインの最適化等はプロジェクト期間終了後に iDEWS 事務局の下で継続される見込みであるが、これらの活動を実施するためには公衆衛生学的研究もしくは実務の専門性を有する人材の協力を得る必要がある。

### 3-3 効果発現に貢献した要因

#### (1) 計画内容に関すること

特になし。

#### (2) 実施プロセスに関すること

本プロジェクトには実施機関だけで非常に多くの機関が参加しているが、気候変動予測モデル開発にかかわる研究グループ、感染症流行予測モデル開発にかかわる研究グループともに、email や電話などを通して頻繁に連絡、協議等が行われている。このことにより遠く離れた南アフリカと日本で共同研究が順調に実施され、上述したような研究成果が得られた。また、プロジェクトは協力期間の前半に気候予測、感染症対策にかかわる国レベルの機関を戦略的にメンバーとしたことにより、将来の社会実装に向けた実施体制の強化が図られた。これらは、プロジェクトの有効性を高めたと考えられる。

### 3-4 問題点及び問題を惹起した要因

#### (1) 計画内容に関すること

中間レビュー時には、予測情報に基づいたマラリア流行の予防対策実施を効果的かつ効率的に実施するために関連する専門性を有する JICA 専門家の投入を提言したが、実現しなかった。そのため、2017/2018 年マラリア流行シーズンの予測情報に基づいた試験的予防対策の実施は、十分な根拠や検討に基づいた介入とはならなかった可能性がある。

提言に基づいた効果的な投入が実現しなかったことにはさまざまな要因が考えられるものの、本件は効果的な投入による活動成果の最大化が一定程度阻害されたとも考えられるため、効率性の阻害要因と考えることができる。

## (2) 実施プロセスに関すること

病院入院情報の電子化とデータベース化については、南アフリカ側の投入で実施されることで合意していた。紙ベースの入院情報約 28,000 件を電子化し、更にデータベース化するためには相当な労力が必要であり、そのための外注費の分配が必要であったが、南アフリカ側でその予算が使用できるようになるまでに予想以上の時間を要した。このことにより、肺炎及び下痢症の感染症流行予測モデルの開発作業が大きく遅延した。結果として、気候予測を基にした流行予測モデルは技術的観点から肺炎には適用が困難であることが明らかになったが、下痢症についてはこの遅延が影響し、終了時評価時点ではようやくモデルの開発作業の検討が開始された段階である。本件は有効性に対する阻害要因と整理できる。

## 3-5 結論

本プロジェクトでは、JAMSTEC の開発した SINTEX-F2 と CSIR が開発した可変解像度地球システムモデルによる地球規模気候予測システムの精度の向上を図り、かつ予測のダウンスケーリングにも成功した。これにより、特に南部アフリカ地域の気候を高解像度で予測することを可能にした。また、プロジェクトは、改善された気候予測モデルを活用することで、特にマラリアについて 3 つの流行予測モデルの開発に成功した。これら 3 つのモデルはそれぞれ異なる特徴を有し、シーズンごとのマラリア・アウトブレイクを、異なる時間スケールと予測基準、相互情報交換性を伴って、高精度で流行予測を行い、事前の対策の準備を可能にするレベルに達している。プロジェクトは、実際に 2017/2018 年シーズンのマラリアのアウトブレイク予測を提供し、その情報に基づき時宜を得た対策を行うことができた。

しかしながら、介入効果を明らかにするためには、その科学的エビデンスを明らかにすることが必要である。今後は、南アフリカ側が中心となって設立される iDEWS 事務局によって、エビデンスの構築やそれに基づく運用指針の最適化（予測情報に基づく予防対策の実施含む）の実施が期待される。加えて、iDEWS 事務局は、本プロジェクトの成果を南アフリカ国内の高浸淫地域だけでなく、マラリアの流行する近隣国へも展開することが期待されている。さらには、予測モデルの更なる改善を行いながら気候予測モデルの他地域及び他分野への適用、例えば農業や防災分野などへの応用も期待される。このように、気候予測情報が他分野に適用されれば、プロジェクトの成果が大きな正のインパクトを創出する可能性が期待できる。

他方、本プロジェクトの下、協同研究を通して双方の研究機関の能力強化も図られ、これまでに共同研究成果が数多く国際誌に発表されている。プロジェクト終了後も、特に気候予測に基づくマラリア流行予測モデルの更新や気候予測情報に基づく対策の効果などにかかわる研究成果が継続して創出され、関連する学術論文も今後更に数多く発表されることが見込まれる。

以上の結果から、プロジェクトへの効果的な人材投入や想定外の活動遅延などにより「効率性」は中程度であったが、「妥当性」「有効性」「持続性」は高いと評価された。また、終了時評価時点でも本プロジェクトの研究成果の社会実装が具体的に見込まれることから、将来的な正のインパクトも大いに期待できる。これらを総合すると、学術的にも ODA 技術協力としても本プロジェクトの達成度は非常に高いと評価できる。

### 3-6 提言（当該プロジェクトに関する具体的な措置、提案、助言）

#### (1) iDEWS 事務局の設立と発展

南アフリカ側関係機関は、2018年12月に設立宣言された iDEWS 事務局の役割と機能の明確化を図り、プロジェクト期間が終了する 2019年5月までに実際の活動を開始していること。

#### (2) マラリア流行予測情報に基づいたマラリア予防対策の有効性の実証

プロジェクト期間終了後もマラリア流行予測情報に基づいた予防・診断・治療面における介入効果のエビデンスを構築すること。エビデンスに基づいたマラリア対策の運用指針の最適化を図ること、及び得られたエビデンスや経験をグローバルなアクティビティへと昇華させるために WHO 等への情報提供を行うことを期待する。

#### (3) 周辺国への経験の共有

iDEWS 事務局が、プロジェクトで開発された成果をリンポポ州と国境を接するモザンビークをはじめ“Elimination 8”メンバー国に共有する体制を整えていくこと。また、iDEWS 事務局は日本側研究機関との協力体制を長期的に継続していくことを期待する。

#### (4) 下痢症研究の実用化

プロジェクト関係者は iDEWS 事務局と協力し、気候予測に基づく下痢症の有病率及び発生件数の変動モデルを開発するために、更に研究を継続する必要がある。なお、下痢症の予測モデルを構築する際、将来利用可能となれば、実験室サーベイランスシステムからの病原体データの活用も検討すべきである。

### 3-7 教訓（当該プロジェクトから導き出された他の類似プロジェクトの発掘・形成、実施、運営管理に参考となる事柄）

SATREPS プロジェクトにおける研究成果の想定されるユーザー機関（国レベル、地方レベル）の戦略的巻き込み

本プロジェクトは SATREPS の下、技術協力プロジェクトの枠組みで実施される国際共同研究であり、その結果として、南アフリカと日本の研究機関が分野横断的協同研究により気候予測に基づく感染症予測モデルを開発した。また、プロジェクトは予測情報に基づく感染症予防対策にかかわるエビデンスの構築や実現可能性の高い運用指針の策定を行い、将来的には設立予定の iDEWS 事務局の下で公的サービスとして国内外の浸淫地域への適用をめざしている。

その実現のためには、予測情報の実際のユーザー機関である州レベル行政機関（LDOH）だけではなく、国レベルの感染症分野の政策・戦略策定を担う NICD、気象・気候にかかわるサービスや研究開発を担う国家機関である SAWS の協力が必要である。プロジェクトは NICD 及び SAWS をプロジェクトの前半でメンバーに迎え入れ、SATREPS の事業目的である「研究成果の社会実装」を念頭にこれらの政策・戦略策定機関、研究成果のユーザー機関と協力の下でプロジェクトを進めてきた。これにより、終了時評価時点で南アフリカ側実施機関が中心となって iDEWS 事務局の設立が計画され、予測情報に基づく感染症予防対策の実現に向けた他分野連携アプローチが継続する見込みである。このことはプロジェクトの「持続性」や「インパ

クト」を大きく高めたと認められた。

このように、プロジェクトは「研究成果の社会実装」に向けた実施体制の構築に早い段階から取り組み、研究機関間の分野横断的アプローチだけではなく、実際のユーザー機関、政策・戦略策定機関となるさまざまなレベルの行政機関も実施体制に組み入れることで、持続性やインパクトを大いに高めた。したがって、他の SATREPS の下で実施される技術協力プロジェクトにおいても、実施体制の構築には単に研究機関や監督省庁だけではなく、実際のユーザー機関や政策・戦略策定機関を含めることが効果的である。ただし、このような他分野連携の下で実施体制を構築した場合、国際連携に加えて先方機関の連携調整が困難となる可能性があることから、国内・国際的な連絡調整方法などを含むプロジェクト運営管理を適切に実施するための準備・取り組みが必要である。

### 3-8 フォローアップ状況

特になし。