

2021年度案件別外部事後評価：

パッケージⅡ-6（ベナン・マリ/セネガル・カメルーン）

評価報告書

2022年12月

独立行政法人
国際協力機構
(JICA)

委託先
株式会社タック・インターナショナル
一般財団法人国際開発機構（FASID）

評価
JR
22-35

本評価結果の位置づけ

本報告書は、より客観性のある立場で評価を実施するために、外部評価者に委託した結果を取り纏めたものです。本報告書に示されているさまざまな見解・提言等は必ずしも国際協力機構の統一的な公式見解ではありません。

また、本報告書を国際協力機構のウェブサイトに掲載するにあたり、体裁面の微修正等を行うことがあります。

なお、外部評価者とJICAあるいは相手国政府側の事業実施主体等の見解が異なる部分に関しては、JICAあるいは相手国政府側の事業実施主体等のコメントとして評価結果の最後に記載することがあります。

本報告書に記載されている内容は、国際協力機構の許可なく、転載できません。

ベナン共和国

2021年度 外部事後評価報告書

無償資金協力

「グラズエ市及びダッサズメ市における地下水を活用した飲料水供給計画」

外部評価者：一般財団法人国際開発機構 日野類子

0. 要旨

本事業は、ベナンのグラズエ市及びダッサズメ市において、新規水源の開発及び水道施設の建設を行い、対象地域における給水量の増大を目指したものである。本事業は、計画時から事後評価時に至るまでベナンの都市給水開発政策及び開発ニーズと整合的であり、適切な事業計画やアプローチがとられた。また本事業は日本の開発政策とも整合的であり、他ドナー事業とも適切な調整が図られ成果も確認されていることから、妥当性・整合性は高い。本事業のアウトプットはほぼ計画どおりであり、事業費は計画内に収まり、事業期間は計画を少し上回った程度に留まったため、本事業の効率性は高い。有効性に関し、本事業の効果指標である「一日取水量」は、地下水位低下に伴い、計画時に想定された容量の取水ができなかったため、両都市とも目標値を達成しなかった。また、両都市における取水量は計画時と比較して増加したが、各戸給水栓契約者数、給水人口が大幅に増加したこともあり、一人当たりの給水量は計画時より低下した。児童及び女性の水汲み労働の軽減については本事業実施後に各戸給水栓に接続した世帯において、効果の発現が確認された。インパクトに関し、住民の衛生状況の改善及び水因性疾病の罹患率の減少は確認されず、水汲み労働時間の減少による女性の社会経済活動への参加促進への貢献は限定的であり、女性のエンパワメントについては確認されなかった。子どもの就学状況の改善については効果が確認された。以上より、有効性・インパクトはやや低い。本事業の運営・維持管理には、財務、状況に一部軽微な問題はあるが、改善・解決の見通しは高いといえる。したがって、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図



ダッサズメ市水源施設 (3-SE8)
(評価者撮影)

1.1 事業の背景

ベナンは西アフリカのギニア湾に面する国である。計画時における、同国の一人当たり国内総所得（GNI）は 810 ドル（2014 年、世界銀行）、人間開発指数は 187 カ国中 165 位（2013 年、UNDP）と厳しい社会経済状況に置かれていた。そのような社会経済状況の中で、安全な水へのアクセスは同国における主要な社会課題であった。同国の国家開発計画「貧困削減のための成長戦略（2011-2015）（Stratégie de Croissance pour la Réduction de la Pauvreté）、以下、「SCRП」という。）における基本方針は、「国民の生活改善及びミレニアム開発目標の達成」であり、「安全な水へのアクセス改善」は重点課題であった。ベナンの全国給水率は 1990 年には 57% であつたが、2015 年には 78%（UNICEF）と、大幅な改善があつたものの地域格差が課題であった。都市給水政策として策定された「都市給水国家戦略（2006-2015）（Plan D'action National De Gestion Integree Des Ressources En Eau）」では、2015 年までに都市部給水率を 75% とすることが目標に掲げられていた。

本事業の対象地であるグラズエ市及びダッサズメ市の給水率は、グラズエ市 47%、ダッサズメ市 58%（2013 年、ベナン水道公社（Société Nationale des eaux du Bénin。以下、「SONEB」という。)) であり、他地域と比べて給水率が低く、安全な水へのアクセスが困難な地域であった。また、人口増加に伴う水需要の増加や、既存水源井戸の取水量減少など、対象地域の給水事情は更に悪化することが懸念された。

かかる状況下、安全な水へのアクセス改善のため、ベナン政府は、本事業を通じた新規水源開発と給水施設の整備により、給水量の増大を目的として、本無償資金協力業の実施を日本政府に要請した。

1.2 事業概要

ベナンのグラズエ市及びダッサズメ市において、新規水源を開発し、配水管、高架水槽等の水道施設を建設することにより、対象地域における給水量の増大を図り、もって対象

地域における水因性疾患の減少、住民の生活環境改善及び水汲み労働の軽減に寄与する。

供与限度額/実績額	1,071 百万円 / 1,008 百万円	
交換公文締結/贈与契約締結	2016 年 3 月/2016 年 3 月	
実施機関	ベナン水道公社	
事業完成	2019 年 2 月	
事業対象地域	ダッサズメ市及びグラズエ市	
案件従事者	本体	日っさく・鉦研工業共同事業体
	コンサルタント	(株) 建設技研インターナショナル・(株) エイト日本技術開発 共同企業体
協力準備調査	2014 年 8 月～2015 年 5 月	
関連事業	(無償資金協力) クフォ県及びプラトー県における飲料水供給システム増強計画 (2021 年)	

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

日野類子 (一般財団法人国際開発機構)

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2021 年 11 月～2022 年 11 月

現地調査：2022 年 2 月 13 日～3 月 1 日 (第 1 次現地調査)¹

3. 評価結果 (レーティング：B²)

3.1 妥当性・整合性 (レーティング：③³)

3.1.1 妥当性 (レーティング：③)

3.1.1.1 開発政策との整合性

計画時におけるベナン国家開発政策であった SCRП では、重要課題の一つとして「安全な水へのアクセス改善」が掲げられていた。また、都市給水セクターの開発戦略である「都市給水国家戦略 2006-2015」において、2015 年までに都市部の給水率を 75%とすることが目標とされていた。

SCRП の後継国家開発政策である「政府行動計画 2016-2021 (Programme d'Actions du

¹ 第 2 次現地調査は遠隔で実施した。

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ④：「非常に高い」、③：「高い」、②：「やや低い」、①：「低い」

Gouvernement (PAG) 2016-2021)」では、2021年までに村落部住民250万人及び都市部住民270万人の安全な水へのアクセスを確保することが重点目標の1つとされ、水へのアクセス率を100%とすることが目標として掲げられた。事後評価時における最新の国家開発戦略である「政府行動計画2021-2026 (Programme d'Actions du Gouvernement (PAG) 2016-2021)」では、全体予算の約20%が都市部の飲料水給水部門に配分されている。また、最新の都市給水の国家政策である「国家都市給水戦略2016-2030 (Stratégie Nationale de l'Alimentation en Eau Potable en Milieu Urbain et Périurbain 2016-2030)」では、2030年までに都市部の飲料水の給水率を100%とする目標が掲げられている。

このように、計画時から事後評価時まで継続して、ベナン国家開発政策及びセクター戦略において都市住民の安全な水へのアクセス確保は優先課題として位置づけられており、本事業はベナンの国家政策及びセクター政策と整合している。

3.1.1.2 開発ニーズとの整合性

計画時において、本事業の対象地であるダッサズメ市及びグラズエ市の給水率はそれぞれ47%、58%であり(2013年、SONEB) 全国平均78%(2015年、WHO/UNICEF)より低く、また都市給水施設の一人一日平均給水量についても全国平均が39.40L/人/日(2012～2013年、SONEB)に対し、対象2市では10.4L/人/日と、非常に少ない状況があった⁴。

事後評価時における、グラズエ市及びダッサズメ市の都市給水率はそれぞれ65.95%、65.5%であるが(2020年、SONEB 質問票回答)、「国家都市給水戦略2016-2030」では都市部の給水率を100%とする目標が掲げられており、引き続き都市給水整備のニーズは高い。

以上より、計画時から事後評価時まで継続して、グラズエ市及びダッサズメ市における都市給水整備のニーズは高いといえる。

3.1.1.3 事業計画やアプローチ等の適切さ

本事業では先行案件の教訓から、計画時において、①調査設計時に地下水位の季節・経年変動の状況を反映し、②各戸給水栓接続手続きに係るソフトコンポーネントを実施すること、さらに、③工事完成後に地下水位や各戸接続の状況等につき実施機関がモニタリングを行うとされた。①については、詳細設計時に改めて揚水試験を実施し、その結果に基づき調達するポンプの設計を行う対応がとられた。また②への対応として、ソフトコンポーネント「住民啓発/衛生教育」を通じて、住民の各戸給水栓接続を促すための技術支援が実施された。③については、実施機関が、本事業で整備された施設の供用後に地下水位のモニタリングの実施が可能となるようにソフトコンポーネントを通じて、技術支援が実施された。その結果、事後評価時において、実施機関は継続して地下水位をモニタリング・記録していることが確認された。

⁴安全な水を手に入れることのできる目安について、世界保健機関(WHO)は、「1km以内に1人1日20リットルの水を確保できる場所があること」と定義している。

以上より、計画時において認識されていた他案件からの教訓は、本事業の計画時及び実施時において適切に反映されたといえる。

3.1.2 整合性（レーティング：③）

3.1.2.1 日本の開発協力方針との整合性

計画時における日本の対ベナン開発協力方針である「対ベナン共和国国別援助方針（2012年）」において、「国民の生活改善に貢献する持続的成長及び貧困削減支援」が基本方針として掲げられ、本事業は同方針に合致している。

3.1.2.2 内的整合性

本事業計画時及び実施時において、ベナン給水セクターを対象とした JICA 他事業や、本事業と対象地域を同じくする JICA 他事業は無く、本事業と JICA 他事業との具体的な連携の想定及び実施は難しい状況があった。

しかしながら、実施機関である SONEB で初めての日本の無償資金協力事業となった本事業の計画・実施を通じて、SONEB 内に日本の無償資金協力事業の計画・実施にかかる知識・経験が蓄積され、実施が計画されている無償資金協力事業「クフォ県及びプラトー県における飲料水供給システム増強計画（2021年交換文書締結）」の計画プロセスが円滑にすすめられた面があったとみられる（JICA ベナン支所、SONEB ヒアリング）。

3.1.2.3 外的整合性

SONEB はベナンの都市給水開発計画の中に本事業及び他ドナー事業（KfW⁵、オランダ等）を位置づけ、事業間の重複なく、都市給水開発がすすめられている（SONEB 質問票回答）。また、JICA ベナン支所は定期的にドナー会合に参加しドナー間の情報共有を図り、上述のとおり支援の重複が避けられた（JICA ベナン支所ヒアリング）。

本事業は、ベナンの開発政策と整合的であり、開発ニーズとも整合している。また他案件からの教訓は本事業の計画時及び実施時において適切に反映され、事業計画やアプローチは適切であった。本事業は日本の開発政策と整合的であり、JICA 内の他事業との直接的な連携は難しい状況があったが、同実施機関で実施される事業の計画・実施を促進し、また他ドナー事業との調整も適切に実施され、ベナン都市給水開発がすすめられている。以上より、妥当性・整合性は高い。

⁵ KfW は 2018 年から 7 年間の予定で、事実上の首都であるコトヌー、アトランティック県のアボメイ・カラヴィ、ウエメ県セメ・クボジとポルトノボを対象とした都市給水開発事業を実施しており、SONEB 給水栓の契約者を 25 万人増加させることを目指している。主要な事業内容は、井戸の建設、給水網の拡大である。オランダは、2020 年から 3 年間の予定で都市給水開発事業を実施中である。具体的な事業内容は、アドジャラにおける新規井戸の建設、既存井戸の改修、水処理プラントの建設、給水塔の改修、地下水タンクの建設、給水網の拡張・更新である。この事業実施を通じて、給水量を 50 m³/h 未満から、310 m³/h に増加させることが目指されている。

3.2 効率性（レーティング：③）

3.2.1 アウトプット

次ページの表 1 に示すとおり、本事業のアウトプットは、ほぼ計画どおりであった。軽微な変更があったが、いずれも本事業の効果発現を損なうものではなく妥当であった。ベナン側負担事項については、建設施設のフェンス設置、井戸ポンプや送水ポンプの電源確保など一部遅延が生じたものもあったが、ほぼ予定どおり実施された。

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

本事業の事業費は、1,076 百万円（うち日本側事業費 1,008 百万円、うちベナン側事業費 68 百万円⁶）であり、計画内に収まった（計画比 95%。表 2 参照）。

表 1 本事業のアウトプット（計画と実績）

	計画		実績（計画との差異）	
	施設・機材等			
	グラズエ市	ダッサズメ市	グラズエ市	ダッサズメ市
水源施設	取水井（試掘井）2本 ⁷ 井戸ポンプ2台（0.34m ³ /分×1台、0.1m ³ /分×1台）	取水井（試掘井）2本 ⁸ 井戸ポンプ2台（0.84m ³ /分）	井戸ポンプ容量の変更 ⁹ （0.1m ³ → 0.05m ³ ）	差異なし
原水施設	原水導水管 直径150mm×2.07km 直径75mm×1.01km 原水貯水槽 1池（160m ³ ）	原水導水管 直径150mm×0.37km 原水貯水槽1池（210m ³ ）	差異なし	差異なし
消毒施設	溶解槽（攪拌機付）2基 注入設備2台	溶解槽（攪拌機付）2基 注入設備2台	差異なし	差異なし
送水施設	送水ポンプ2台（0.29m ³ /分×2） 送水管 直径150mm×1.34km	送水ポンプ4台（0.46m ³ /分×2、0.24m ³ /分×2） 送水管 直径200mm×3.57km 直径150mm×3.66km	差異なし	差異なし
配水施設	高架水槽（新設）1基（200m ³ ） 配水本管 直径200mm×0.96km 直径150mm×3.29km	高架水槽（新設）1基（300m ³ ） 配水池（既存）1池（114m ³ ） 配水本管 直径150mm×1.06km 直径200mm×2.39km	差異なし	差異なし
建屋	管理事務所1棟 発電機室3棟 消毒設備用シェード1棟	管理事務所1棟 発電機室3棟 消毒設備用シェード1棟	差異なし	差異なし
機材	水質分析機器（フッ素、pH、電気伝導度、硝酸、残留塩素測定用）2台 水位計一式（固定式2台、携帯式1台）	水質分析機器（フッ素、pH、電気伝導度、硝酸、残留塩素測定用）2台 水位計一式（固定式2台、携帯式1台）	差異なし	差異なし

⁶ 357 百万 CFA フラン。2016 年～2019 年の平均為替レート（578.66 CFA フラン/米ドル、110.10 円/米ドル）を用いて円貨を算出。

⁷ グラズエ市の新設井戸は 7-SE8（深さ 84.3m）、7-SE10（深さ 52.0m）である。

⁸ ダッサズメ市の新設井戸は、3-SE4（深さ 56.8m）、3-SE8（深さ 86.0m）である。

⁹ 井戸ポンプ容量の変更は 1 台のみ。

コンサルティング・サービス（ソフトコンポーネント）		
・取水及び給水水質の管理に係る能力強化 ・住民への衛生啓発等		差異なし

（出所：JICA 提供資料を基に評価者作成）

表 2 事業費の計画と実績

（単位：表内に記載）

	計画 (百万円)	実績 (百万円)	計画比 (%)
総事業費	1,137	1,076	95%
日本側負担分	1,071	1,008	94%
ベナン側負担分	66	68	103%

（出所：JICA 提供資料及び SONEB 質問票回答に基づき評価者作成）

3.2.2.2 事業期間

本事業の事業期間は、2016年3月から2019年2月までの36カ月であり、計画を少し上回った（計画比116%）。なお、給水施設については2018年7月に竣工、ソフトコンポーネントは、2019年2月に終了している。

事業期間が計画を上回った理由は、ベナンにおいて、型枠・型枠支保工用の木材供給が激減し、高架水槽・原水貯水槽の躯体工事に必要な型枠用木材の確保が困難となり、施工の進行に影響があったためである（コンサルタント質問票回答）。

本事業のアウトプットは計画どおりであり、事業費は計画の範囲に収まったが、事業期間は計画を少し上回った程度に留まった。

以上より、本事業の効率性は高い。

3.3 有効性・インパクト¹⁰（レーティング：②）

3.3.1 有効性

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

本事業における効果指標は、各市の一日取水量である。表3にその基準値、目標値、実績値を示す。

¹⁰ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

表 3 運用・効果指標

(単位：m³/日)

	基準値 2014年	目標値 2021年	実績値 2021年		(参考) 実績値 (2019-2021年平均)	
グラズエ 一日取水量	240	590	277	46%	318	53%
うち本事業新設井戸取水量	-	350	180	51%	181	51%
うち既存井戸取水量	240	240	97	40%	137	57%
ダッサズメ 一日取水量	352	1,352	738	54%	911	67%
うち本事業新設井戸取水量	-	1,000	429	42%	597	59%
うち既存井戸取水量	352	352	309	87%	314	89%

(出所：事前評価表 p.3 及び SONEB 質問票回答)

(注) 目標値の取水量は、フッ素濃度をベナンにおける水質基準値 (1.5mg/リットル) 以下となるよう取水量を調整した取水量であり、乾季 (3月~5月) の平均値。計測地点は各井戸の水道メーターである。

表 3 に示すとおり、グラズエ市、ダッサズメ市ともに目標値を達成しなかった。目標値に到達しなかった要因は、地下水位が低下し、計画時に想定された容量の取水ができない状況であるためである (実査、SONEB ヒアリング)¹¹。

本事業で建設した本事業で建設した井戸の地下水は不圧帯水層¹²であり、地下水位は降雨の影響を受けやすい。当該地域にて干ばつの発生や年間降雨量が激減した場合は取水量を制限する場合があります、これらによっては、本事業で計画した取水量を確保できない可能性がある点は、計画時より指摘されていた (事前評価表 p.3)。SONEB は、定期的に揚水量と地下水位の計測を行い、その結果を運転計画へ反映させ、地下水位をできる限り回復させる対応を適切に行っており、地下水位回復へ向けた運用面の取り組みは適切であった。したがって、この状況は外部条件によってもたらされた面が大きいと考えられる。ダッサズメ周辺の降雨量を確認すると、2020年、2021年には、降雨量が少なく井戸の涵養が十分に行われていない状況が続いていると考えられる¹³。また、本事業で建設された井戸は、ステンレス製巻線型スクリーンが設置されているが、スクリーンの目詰まりにより、揚水量が低下している可能性もある¹⁴ (コンサルタントヒアリング)。

両都市における一日取水量は、事業実施前と比較すると増加が確認された (2021年と2014年の実績値の比較で、グラズエ市 115%増、ダッサズメ市 209%増) が、いずれも目標

¹¹ 瑕疵検査時においても、地下水位の低下は指摘されており、グラズエ市の井戸 7-SE10 では地下水位低下のため、揚水ポンプが一時期停止し、揚水が出来なくなっていた。事後評価時に確認したところ、ダッサズメ市の 3-SE4 で大幅な水位低下が確認され、グラズエ市 7-SE8 では、地下水位の低下により、2020年には揚水が停止された。

¹² 不圧帯水層とは、水を通しやすい地質と水を通しにくい「不透水層」と呼ばれる地質に挟まれている帯水層の事。

¹³ 出典：<https://www.worldweatheronline.com/dassa-zoume-weather-averages/collines/bj.aspx>。2022年3月5日アクセス。

¹⁴ 日本では、数年に一度、井戸の改修 (清掃など) が実施されている。この改修の目的は、井戸の長期使用によりスクリーンが目詰まりを起こし、揚水能力が低下した井戸を洗浄等により揚水能力を回復させることである。当該改修に際しては井戸カメラで井戸の中を事前に確認し、どのような改修が必要とされるかの判断が行われる (具体的には、井戸内に水中カメラを回転、降下させながら内部の状況を撮影することにより、井戸内部を視覚的に確かめることが可能となる)。修理後は、再度カメラを用いて、目詰まりが取れているかどうかの確認が行われる (コンサルタントヒアリング)。

値に達しなかった。また、両都市において取水量が増加し、各戸給水栓接続の初期費用が低下したことも大きく影響し¹⁵、各戸給水栓数は、計画時の想定を大きく超えて増加した。これに伴い両都市における給水人口は大幅に増加した（表4参照）。その結果、両都市における一人当たりの給水量は、計画地を下回った。また、ダッサズメ市、グラズエ市において、最も多く利用されているハンドポンプ付きの公共の深井戸の水は10～25CFAフラン（25リットルあたり）で販売されている。SONEB各戸給水栓の水料金は、一般家庭の場合は、5～11CFAフラン（25リットルあたり）である。したがって、SONEB給水栓による水道料金は、ハンドポンプ付きの公共井戸の水料金とほぼ同額か、より安価であり、この点も住民が各戸給水栓へ接続するインセンティブにもなっていると考えられる。

しかしながら、両都市における一人当たりの給水量をみると、計画時と比較して減少した。これは、給水人口の大幅な増加、また本事業実施によって達成される想定であった一日取水量が目標値に達しなかったことも影響したと考えられる。

水質については、本事業で整備された給水設備から供給される水の塩素濃度、フッ素濃度含、硝酸性窒素濃度はベナンが定める水質基準内であり、水質は適切に管理されていた（SONEB提供資料及び質問票回答）。各戸給水栓契約者を対象とした定性調査¹⁶を通じて、各戸給水栓契約者に水質の満足度を確認したところ、ダッサズメ市では100%、グラズエ市では80%の有効回答者が水質に満足していると回答した¹⁷。

他方で、計画された取水量が得られていないこと、給水人口の大幅な増加が影響し、24時間の給水サービスは実現していない。給水時間は地区によって異なる。断水が殆ど無い地区もあるが、1日に2～3時間ほどしか給水されない地区もあり、その状況はまちまちである。そのため、各戸給水栓契約者の水の供給量及び供給時間に関する満足度は高くはなく、グラズエ市で65%、ダッサズメ市で36%の有効回答者が給水量を「不満」に感じており、グラズエ市で35%、ダッサズメ市で59%の有効回答者が給水時間に「不満」を感じている（定性調査）。しかしながら、水供給量や給水時間を「不満」としつつも、自宅そばで水汲みが可能であること、水質が良いことなどを理由に、SONEB各戸給水栓契約の解除

¹⁵ 2017年まで10,000CFAフランであった初期費用は、2018年より5,000CFAフランに引き下げられた。これは、全国的に行われているプロモーションである（実施機関ヒアリング）。

¹⁶ 本事業実施後の効果を確認するために、基本的に2018年以降にSONEB給水栓の利用を開始した世帯を調査対象とした（グラズエ市：20名（男性8名、女性12名。30代5名、40代3名、50代3名、60代6名、70代2名、80代1名）ダッサズメ市：21名（男性9名、女性12名。20代1名、30代5名、40代5名、50代5名、60代5名）。しかし、各戸給水栓契約者は両都市に広く点在し、契約者の特定は極めて困難であったため、調査実施期間の制約から、本事業の供用の前年である2017年の後半に契約した利用者をダッサズメ市では1名、グラズエ市では2名調査対象として含めた。また、本事業では、住民のSONEB給水事業の正しい理解を促進し住民が安全で衛生的に水を利用することを目的として、水衛生に関する啓発ワークショップがソフトコンポーネントの一部として実施された。同ワークショップ参加者を対象としたアンケートが実施され、水因性疾病罹患に関する質問がなされているため、事業実施前後の比較を行ううえで、同ワークショップ参加者を定性調査の対象者とするを本評価調査では計画した。しかし、殆どのワークショップ参加者に連絡がつかず、ワークショップ参加者を定性調査の対象者とするは困難であった。そのため、ソフトコンポーネントで実施されたアンケート結果との比較は本評価では実施しなかった。

¹⁷ グラズエ市有効回答者数20名、ダッサズメ市有効回答者数21名。

を希望する契約者はいなかった（定性調査）。

表 4 （参考）関連指標

（単位：表内に記載）

参考指標	計画時 2014年	2018年3 月 (注4)	計画時 推計値 (2020年) (注5)	実績値 2021年	計画時か らの変化
グラズエ市					
各戸給水栓数（人）	772	1,342	875	1,885	224%
給水区人口（給水栓数）（注1）	27,288	-	32,224	33,400	122%
給水人口（人）（注2）	9,264	-	10,496	22,620	244%
一人当たり給水量（リットル/日）	25	-	40	12	48%
ダッサズメ市					
各戸給水栓数（人）	1,260	1,997	1,803	3,232	257%
給水区人口（給水栓数）	29,571	-	32,487	33,673	114%
給水人口（人）（注3）	15,120	-	21,636	38,784	257%
一人当たり給水量（リットル/日）	23	-	40	19	82%

（出所）協力準備調査報告書、ソフトコンポーネント完了報告書、SONEB 質問票回答。

（注1）給水人口は、給水栓数×2（世帯）×6（人）で算出。ベナンでは、1給水栓で2世帯（隣接する世帯を含む）が裨益するとされ、それに平均世帯人数（6人）を乗している（SONEB ヒアリング）。

（注2）給水人口の実績値は、2014年から2021年までの各市人口増加率（グラズエ：2.93%、ダッサズメ：1.87%）を用いて、2014年時点の給水区人口を基に推計。

（注3）2021年実績値は、給水区域人口を超えているが、給水区を超えて裨益する人口もいると考えられるためこの値とした。仮に、給水区人口（33,673人）を用いて、2021年の一人当たり給水量を計算すると、22リットルとなる。

（注4）ソフトコンポーネント終了時

（注5）計画時の推計による予測値であり、本事業の目標値ではないため、実績値（2021年）との比較は、計画時（2014年）の実績と行っている。

3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

本事業で想定された定性的効果「児童及び女性の水汲み労働の軽減」について、両都市における、主たる水汲み労働者について、各戸給水栓接続前と接続後について確認し、接続後に水汲みに要する時間が短縮したかどうかを確認した（定性調査）。なお、ダッサズメ市、グラズエ市では、他地域と同様に、各戸給水栓は各世帯住居が隣接する道路沿い、または敷地内に設置されており、事後評価時点で確認したところ、住民は自宅から2～10数メートル程度離れた給水栓から水を汲み、自宅に運搬して利用している。本評価調査内では、住居内まで給水管を延長して利用していた利用者はいなかった。両市における各戸給水栓以外の利用水源は、ハンドポンプ付きの公共の深井戸、改良浅井戸、伝統浅井戸、近隣家庭のSONEBの水栓から買水等であり、ハンドポンプ付き公共の深井戸の利用が最も多い。計画時において、水汲みに係る平均距離はグラズエ市で143m～275m、ダッサズメ市で226m～309mであり、各戸給水栓接続を行った世帯では水汲みに係る距離は大きく減少したとみられる¹⁸。

¹⁸ 協力準備調査報告書 p.2-51。ただし、給水栓契約者も、各戸給水栓だけではなく、他の水源も併用して

グラズエ市では、接続前、接続後ともに妻や子が中心となり水汲み労働に従事していた（表 5 参照）。妻、妻と子、子が中心となって水汲みを行っていた世帯はそれぞれ接続前 84%、接続後 89%であった。また、妻と 12 歳以下の児童を含む子どもが主体となり水汲みを行っていた（いる）世帯は、接続前、接続後共に 57%と全体の半数以上である。各戸給水栓に接続する前と後の水汲み時間の変化について確認したところ、有効回答者 18 名中 16 名（88%）が水汲み時間が大幅に減少したと回答した¹⁹。

ダッサズメ市でも同様に、接続前、接続後ともに妻や子が中心となり水汲み労働に従事していた。妻、妻と子、子が中心となって水汲みを行っていた世帯はそれぞれ接続前 91%、接続後 82%であった。また、妻と 12 歳以下の児童を含む子どもが主体となり水汲みを行っていた（いる）世帯は、接続前 68%、接続後 55%と半数以上であった。各戸給水栓に接続する前と後の水汲み時間の変化について確認したところ、有効回答者 18 名中 17 名（94%）が水汲み時間が大幅に減少したと回答し、残り 1 名も少し減少したと回答した。

両都市における水くみ労働の減少について、以下の通り推計を行った。各戸給水栓契約者を対象とした定性調査で取得した情報によると、グラズエ市及びダッサズメ市の 1 人当たりの日平均水使用量はそれぞれ 31 リットル、22 リットルであった。各都市の SONEB 給水栓による水の供給量は 12 リットル、19 リットルであるので（表 4 参照）、それぞれ 38%、86%の水が SONEB の各戸給水栓から供給されると想定される。ベナンの平均的な世帯人数は 6 名であるので、1 世帯あたりの日平均水使用量は、グラズエ市で 186 リットル、ダッサズメ市で 132 リットルとなる。1 回の水くみで 25 リットルの水を運搬すると想定すると、各戸給水栓接続前は、平均的な世帯において、グラズエ市では 1 日に 7.5 回、ダッサズメ市では、5.2 回程度の水くみが必要であったと想定される。各戸給水栓接続後は、グラズエ市で 38%、ダッサズメ市では 86%の水が各戸給水栓から供給されると考えられるので、必要な水くみ回数は 3.9 回、ダッサズメ市では、0.7 回となり、本事業実施後に各戸給水栓に接続した世帯においては、大幅に水くみ労働は減少したと考えられる。一方で、本事業実施前から給水栓契約者の世帯においては、一人当たりの水の供給量が減少したため、水くみ労働が増加した可能性もある。

いることが確認された。併用されていた水源は、公共の深井戸が最も多く、グラズエ市では、雨期に多くの世帯で雨水が洗濯に利用されていた（定性調査）。

¹⁹ 残り 2 名は変化なしと回答。Largely decreased から Slightly increased の 5 件法にて質問を行った。

表5 世帯内の主たる水汲み労働従事者

(単位：世帯数)

	グラズエ市				ダッサズメ市			
	接続前		接続後		接続前		接続後	
	世帯数	(%)	世帯数	(%)	世帯数	(%)	世帯数	(%)
妻	2	11%	2	11%	10	45%	4	18%
妻と子	3	16%	3	16%	3	14%	7	32%
うち12歳以下の児童がいる世帯	3	16%	3	16%	2	9%	4	18%
子	11	58%	11	58%	7	32%	7	32%
うち12歳以下の児童がいる世帯	6	32%	6	32%	3	14%	4	18%
夫	1	5%	1	5%	1	5%	2	9%
夫と子	0	0%	0	0%	0	0%	1	5%
うち12歳以下の児童がいる世帯	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
その他	2	11%	2	11%	1	5%	1	5%
	19	100%	19	100%	22	100%	22	100%

(出所：評価者作成)

このように、両都市においては、妻や児童を含む子が中心となって水汲み労働を行っている状況がある。また、各戸給水栓接続後は、水汲みに要する時間は大幅に減少した世帯が殆どであった。以上より、本事業の実施により、女性、児童の水汲み労働削減の効果発現は確認されたといえる。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

本事業で想定されたインパクトは、「住民の衛生状況の改善及び水因性疾病の罹患率の減少」、「女性・児童の水汲み労働の減少による女性の社会活動への参加促進、エンパワメント」、「児童の就学率の改善」であった。

1) 住民の衛生状況の改善及び水因性疾病の罹患率の減少

住民への定性調査において、住民の衛生面に関連する水の取り扱い状況について確認を行った。衛生面に関する水の取り扱い状況については、水の運搬時に運搬容器に蓋をしているか、飲み水の保管容器に蓋をしているか、飲み水の保管容器が洗浄されているかを確認した²⁰。

水の運搬用の容器に蓋をして運搬していたのは、両都市とも有効回答者の約60%であった²¹。対象地域で良く利用されている運搬容器は、25リットル容量のポリ容器と金属製のタライである。金属製のタライを利用して水を運搬する場合は、基本的に蓋なしの運搬となる。飲み水の保管容器については、グラズエ市では



各戸給水栓と水運搬用ポリ容器 (撮影：評価者)

²⁰ 世帯によっては、運搬容器から保管容器に移し替えず、そのまま飲み水を保管してケースもあり、その場合は運搬容器と飲み水保管容器は同じとして、回答を得た。

²¹ グラズエ市有効回答者19名、ダッサズメ市22名。

73%の有効回答者が蓋をしており、ダッサズメ市では 100%の有効回答者が蓋をしていた²²。ダッサズメ市では、利用されている飲み水の保管容器はポリ容器が主流であるが、グラズエ市では金属製のタライを利用している世帯が比較的多く、そのため両都市間で違いが生じたとみられる本事業において 2018 年 3 月に実施された両都市の住民を対象としたアンケートでは、62%の回答者が「運搬及び保管容器に蓋をしている」と回答している。2018 年のアンケートでは、運搬容器と保管容器の区別がなされていないが、少なくとも運搬容器については、両都市において、蓋をする/しないという取り扱いの状況に、改善は確認されない。



水汲みに用いられる
タライ（撮影：評価者）

飲み水の保管容器の洗浄の頻度については、少なくとも週に 1 回洗浄しているとした有効回答者はグラズエ市では 53%、ダッサズメ市で 74%であった²³。2018 年のアンケートでは、66%の回答者が「運搬及び保存容器を洗浄し清潔に保っている」と回答しており保管容器の洗浄の頻度については、ダッサズメ市では若干の改善がみられるものの、グラズエ市では改善がみられない。

以上より、両都市では水が衛生的に運搬されているとはいいがたく、飲み水も適切に管理されているとはいえず、衛生状況が良いとはいえない状況が確認された。

次に、水因性疾病（下痢、コレラ、赤痢、腸チフス）の罹患状況（2017 年～2021 年）について確認した（住民を対象とした定性調査）。その結果、水因性疾病の世帯内での罹患例は少ないことが分かった。両都市においてコレラの罹患者はおらず、赤痢、腸チフスに関しては、各都市で毎年 1～3 事例であった²⁴。下痢に関しても、グラズエでは、87%が世帯内での罹患なし、ダッサズメでは 80%が罹患なしとしており²⁵、罹患患者数は少ない。SONEB 給水栓接続後に水因性疾病の世帯内の罹患患者数が減少したとした有効回答者は、両市合わせて 2 名であった²⁶。しかしながら、サンプル数が極めて少なく、給水栓接続により衛生状況が改善し、水因性疾病が減少したことの証明にはならない。

また、両都市の医療機関（グラズエ市 4 機関、ダッサズメ市 1 機関²⁷）から取得した水因性疾病の罹患患者数を表 6 に示す。下痢、赤痢、腸チフスの罹患数を時系列でみると、必ずしも減少傾向にはない。SONEB 給水栓契約者は 2017 年以降ダッサズメ市では、1.6 倍、グ

²² グラズエ市有効回答者 15 名、ダッサズメ市 20 名。

²³ グラズエ市有効回答者数 13 名、ダッサズメ市有効回答者数 19 名。

²⁴ グラズエ市有効回答者数 19 名、ダッサズメ市有効回答者数 19 名。

²⁵ グラズエ市有効回答者数 16 名、ダッサズメ市有効回答者数 15 名。「分からない」とした回答者は除く。

²⁶ ダッサズメ市で 2020 年から SONEB 給水栓を利用開始した 2 名は、各戸給水栓契約前の 2018 年にそれぞれ下痢、腸チフスに世帯員 1 名が罹患したが、それ以外の年には世帯内で水因性疾病の罹患は無かったと回答した。

²⁷ 医療機関名は以下のとおり。Hospital de Zone de Dassa-Zoume、Centre de Sante communal de Glazoue、Centre de Sante d'arrondissement de Ouedeme (CSA)、Centre de Sante d'arrondissement de Magoume、Missionnaires Medicales de Marie de Zaffe。

ラズエ市では 1.4 倍に増加しているが、以下の情報からは、給水栓契約者数と水因性疾病数はマイナスの相関関係にあるとみることはできない。

表 6 水因性疾病患者数

(単位：患者数)

	グラズエ市					ダッサズメ市				
	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年
下痢	260	351	340	287	348	118	114	209	291	284
赤痢	88	48	107	74	55	9	4	4	15	8
腸チフス	20	38	51	37	14	42	36	70	52	58
各戸給水栓契約者数	-	1,342	1,719	1,801	1,885	-	1,982	2,649	2,915	3,232

(出所：医療機関からの情報を基に評価者作成²⁸。)

以上より、本事業で実施した定性調査及び医療機関から得た統計情報からは、本事業実施により住民の衛生状況が改善され、その結果水因性疾病の罹患率が減少したというインパクトは、確認されなかった。

2) 女性の水汲み労働時間の減少による女性の社会経済活動への参加促進、エンパワメント

グラズエ市において、妻が水汲みを行っている世帯では、給水栓接続後に削減された水汲み労働時間を「その他の家事」(4名、80%)、「収入を得られる仕事」(2名、40%)、「寝る、食べる」(1名、20%)といった活動に充てていた²⁹。給水栓接続後の家族・社会関係の変化について確認したところ、「妻がより自信を持つようになった」、「妻が財政的に独立した」、「家族で話し合う機会が増えた」との回答はなかった。

ダッサズメ市において、妻が水汲みを行っている世帯では、給水栓接続後に削減された水汲み労働時間を「その他の家事」(9名、75%)、「収入を得られる仕事」(4名、33%)、「寝る、食べる」(4名、33%)といった活動に充てていた³⁰。また、家族・社会関係の変化について確認したところ、「妻がより自信を持つようになった」と1名(8%)が回答したが、「妻が財政的に独立した」「家族で話し合う機会が増えた」との回答はなかった。

以上より、本評価調査の結果からは、本事業の女性の社会経済活動への参加促進への貢献は限定的であり、本事業が女性のエンパワメントに貢献したとはいえない。

3) 水汲み労働時間の減少による子どもの就学状況の改善

グラズエ市において、子どもが水汲みを行っている世帯では、給水栓接続後に削減された水汲み時間労働時間を、「勉強」(7名、58%)、「その他の家事」(5名、42%)、「ゲーム、レクリエーション、休養」(3名、25%)に充てていた(有効回答者12名、複数回答)。ま

²⁸ コレラの罹患者は確認されなかった。

²⁹ 有効回答者5名。複数回答による。

³⁰ 有効回答者12名、複数回答による。

た、就学状況の変化については、「就学していたが、通学していなかった子どもが通学できるようになった」(5名、45%)、「就学していなかった子どもが就学した」(1名、9%)との結果であった³¹。

ダッサズメ市において、子どもが水汲みを行っている世帯では、給水栓接続後に削減された水汲み時間労働時間を、「勉強」(7名、46%)、「その他の家事」(4名、26%)、「ゲーム、レクリエーション、休養」(3名、20%)に充てていた³²。また、就学状況の変化については、「就学していたが、通学していなかった子どもが通学できるようになった」(5名、33%)、「就学していなかった子どもが就学した」(1名、6%)との結果であった³³。

以上より、本評価調査の結果からは、本事業の子どもの就学状況の改善への貢献は一定程度あったと判断する。

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

1) 自然環境へのインパクト

本事業は、「国際協力機構環境社会配慮ガイドライン」(2010年4月策定)に基づいて、カテゴリ B に該当するとされた。また、計画時には、事業対象地域は国立公園等の影響を受けやすい地域またはその周辺に該当せず、自然環境への大きな影響は想定されていなかった。実施機関より入手した環境モニタリングシート(2018年6月)³⁴及び SONEB 質問票回答からは、自然環境への負のインパクトは確認されなかった。また、建設中及び供用後の事故等も確認されなかった。

2) 住民移転・用地取得

計画時において、本事業では非自発的住民移転を伴う用地取得は発生しないとされた。

事後評価時において確認したところ、両都市において用地取得は発生したが、全て公用地であり、非自発的住民移転を伴う用地取得は発生しなかった(SONEB 質問票回答)。

3) ジェンダー

有効性において、各戸給水栓接続世帯における水汲み労働時間の短縮の効果の発現が確認された。対象地域では、女性や女兒が男性や男児より比較的多く水汲み労働に従事しており、水汲み労働時間削減の効果発現によって、男性と比較して女性がより多く裨益したとみられる³⁵。

³¹ 有効回答者 12 名

³² 有効回答者 15 名、複数回答による。

³³ 有効回答者 15 名

³⁴ Fiche de Suivi Environnemental daté de juin 2018

³⁵ グラズエ市では、女兒が男児より多く水くみに従事していた(女兒 13 名、男児 8 名)。ダッサズメ市では、女兒が男児より若干多く水くみ労働に従事していた(女兒 13 名、男児 12 名)。(定性調査による)

4) 公平な社会参加を阻害されている人々・人権

本評価調査の範囲では、性別や年齢、民族、宗教において裨益状況に差異が生じている点は確認されなかった。ただし、各戸給水栓接続には、初期費用が必要であるため、住民の所得水準によっては単独での各戸給水栓接続が困難な世帯もあると考えられる。しかし、コミュニティによっては公共水栓の設置があり、また各戸給水栓接続世帯から水を買う事も可能であるため³⁶、各戸給水栓を個別に設置できない人々も浄水された安全な水を飲むことが可能である。

5) 社会的システム・規範・人々の幸福

定性調査を通じて、2017年から2021年までの生活の満足度の変化について確認を行った。その結果、グラズエ市では、13名（62%）が「生活の満足度が高まった」とし、8名（40%）が「公共サービス（水供給）の改善」をその理由として挙げた³⁷。ダッサズメ市では、10名（48%）が「生活の満足度が高まった」とし、5名（23%）が「公共サービス（水供給）の改善」をその理由として挙げた³⁸。以上より、両都市において、各戸給水栓に接続した世帯において、本事業の実施を通じて、グラズエでは4割ほど、ダッサズメでは2割ほどの人々が生活の満足度が高まったと捉えており、部分的にはあるがインパクトの発現があったといえる。

有効性に関し、本事業の効果指標である「一日取水量」は、両都市とも目標値を達成しなかった。一方で、両都市における取水量は計画時と比較して増加し、各戸給水栓契約者数、給水人口も大幅に増加したが、一人当たりの給水量は計画時より低下した。児童及び女性の水汲み労働の軽減については、本事業実施後に、各戸給水栓に接続した世帯において、効果の発現が確認された。インパクトに関し、住民の衛生状況の改善及び水因性疾病の罹患率の減少は確認されず、水汲み労働時間の減少による女性の社会経済活動への参加促進への貢献は限定的であり、女性のエンパワメントについては確認されなかった。子どもの就学状況の改善については効果が確認された。

以上より、本事業の実施による効果の発現は計画と比して一定程度しか確認できず、有効性・インパクトはやや低い。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 政策・制度

妥当性において示したとおり、ベナン都市部における給水サービス拡大の方向性は計画時から事後評価時に至るまで変わりはなく、今後も継続する見込みである。

³⁶ 対象地域では SONEB 各戸給水栓を持つ世帯が、持たない世帯へ売水を行う事例が良く見られる（実査）。

³⁷ 有効回答者 20 名

³⁸ 有効回答者 21 名

3.4.2 組織・体制

本事業で建設された給水施設の運営・維持管理は、SONEB 本部及びアボメーボイコン 地方局（Direction Régionale Abomey-Bohicon、以下、「DRAB」という。）の監督の下、ダッサズメ支局が実施している。事業の運営維持管理に係る SONEB 内の役割分担は表 7 に示すとおりであり、計画時から変更は無い。

表 7 本事業の維持管理に係る SONEB 内の役割分担

SONEB 本部	大規模な施設修理（井戸の改修、ポンプの交換等） 職員の給与、電気料金、必要な資機材（薬品等）の購入等（地方局での支出を含む）の支出の管理
DRAB	中規模な施設修理、請求書の発行
ダッサズメ支局	深井戸の運転管理（井戸ポンプの運転、運転記録） 小規模な修理（配水管等の漏水修理等） 水道メーターの検針、水道料金の徴収 新規給水栓の接続 料金未納者に対する水道メーターの撤去、給水停止

（出所：SONEB 質問票回答に基づき評価者作成）

本事業で整備した給水施設の運営管理を実施するダッサズメ支局の人員の推移を表 8 に示す。本事業の運営維持管理に必要なとされる要員の不足は確認されなかった（SONEB 質問票回答）。計画時より検針員数が減少しているが、SONEB の説明では現在の要員での対応は可能とのことである（SONEB ヒアリング）。

表 8 ダッサズメ支局の要員配置

（単位：人）

	2016 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年
所長	1	1	1	1	1
所長代理	1	0	0	0	0
秘書	1	1	1	1	1
会計	1	1	1	1	1
施設運用リーダー	1	1	1	1	1
施設運用員（注 1）	1	1	4	4	4
補修・維持管理員（注 2）	1	3	3	3	3
グラズエ支部長	1	1	1	1	1
ダッサズメ検針員	3	1	1	1	1
グラズエ検診員	2	1	1	1	1
合計	13	11	13	14	14

（出所：SONEB 質問票回答を基に評価者作成）

注 1：ダッサズメ支局 3 名、グラズエ支部 1 名、注 2：2019 年以降 2 名は臨時雇用職員

3.4.3 技術

事後評価時において、本事業が整備した全ての施設はおおむね適切に管理され、運営されていた。ソフトコンポーネントで技術支援がなされた複数の事項（表 9 参照）についても、適切に実施されていることが確認された。評価者が現地調査を実施した 2022 年 2 月時点において、地下水位のモニタリングに関しては、ダッサズメ市ではほぼ毎日実施されているのに対し、グラズエ市では月に一度の実施となっていた（SONEB ヒアリング）。現地調査時において、ダッサズメ支局職員がグラズエ支部の職員へ技術指導を行っていく方針が確認された。その後、方針どおりに改善がなされ、2022 年 7 月時点では、グラズエ市においても地下水位が毎日計測されるようになっている（SONEB ヒアリング）。



ダッサズメ市井戸地下水位の計測（撮影：評価者）

表 9 ソフトコンポーネントで技術支援された事項

1	貯水量・配水量のモニタリング
2	地下水位のモニタリング・データ収集とデータの運転管理へのフィードバック
3	水質（フッ素濃度、残留塩素等）のモニタリング・データの運転管理へのフィードバック
4	ポンプ設備や消毒設備、非常用発電機等の機器単体の適切な操作

技術力を向上させるための研修も実施されている。定量ポンプ³⁹のメンテナンス等の研修にはダッサズメ支局から職員 2 名が参加している。給水設備の維持管理に係るマニュアルも整備されており、職員は日常的に活用している。本事業のソフトコンポーネント（技術支援）を通じて研修を受けた 3 名の職員は、引き続き、ダッサズメ市及びグラズエ市の給水施設の運営維持管理に従事している。

以上より、グラズエ市では、地下水位のモニタリングの実施頻度を上げる改善が見られており、実施機関における、本事業で整備された給水施設の運営・維持管理技術は十分である。

3.4.4 財務

2016 年から 2020 年までの実施機関全体の財務状況を表 10 に示す。SONEB 全体の運営は良好であり、歳入は歳出を上回っている⁴⁰。ダッサズメ支局の財務状況の情報は得られなかったが、ダッサズメ支局の収支は SONEB 本部で管理されており、本事業の運営維持管理の財務状況に問題はない。また、本事業で建設された給水設備の維持管理費については、不足は確認されなかった（SONEB 質問票回答）。

³⁹ 定められた一定量の液体を高い精度で繰り返し注入することができるポンプ。

⁴⁰ 歳入の「その他」には、サービス提供による収益、資機材購入費の移転、減価償却費、引当金及び減損の戻し入れ、棚卸資産の増減等が含まれる。

両都市における未収金は2021年に大きく増加しており、未収率も20%ほどであった（表11参照）。2021年は、同年12月にSONEBのサーバーで問題が発生し、年末の未払い水道料金回収のためのキャンペーンがSONEB全体で中止されたことに起因するとのことであり、今後改善が見込まれるとのことである（SONEBヒアリング）。なお、一定期間料金が支払われない場合、ダッサズメ支局は、表7に示すとおり料金未納者への水の供給を停止し支払いを促す対応を取るため、料金未納者は未納のまま水を使用することはできない。

表10 SONEB 財務状況

(単位:千 CFA フラン)

		2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
歳入	水道料金徴収	16,921,556	16,754,287	16,228,005	15,877,773	16,966,917
	補助金	77,394	3,500	340,859	1,125,086	11,000
	その他	5,194,933	7,255,731	9,492,275	7,561,842	13,762,953
	計	22,193,882	24,013,518	26,061,138	24,564,701	30,740,870
歳出	資機材購入	4,239,827	4,249,981	6,207,258	4,407,243	4,969,236
	人件費	6,066,326	6,751,018	6,775,840	6,418,434	6,667,717
	減価償却費	6,745,358	7,057,435	8,077,395	9,304,887	10,557,113
	その他	4,950,415	3,770,614	4,708,643	3,566,673	4,796,948
	計	22,001,925	21,829,049	25,769,137	23,697,238	26,991,015
収益		191,957	2,184,469	292,001	867,463	3,749,855

(出所：SONEB 質問票回答に基づき評価者作成)

表11 グラズエ市、ダッサズメ市における水道料金徴収額、未収金、未収率

(単位:CFA フラン)

		2018年	2019年	2020年	2021年
徴収額	グラズエ	26,482,882	37,146,990	39,038,325	33,658,690
	ダッサズメ	52,294,182	86,360,558	93,588,037	96,535,533
未収金	グラズエ	8,013,061	5,909,087	4,257,069	8,844,332
	ダッサズメ	4,289,098	8,895,606	5,451,671	26,430,832
未収率	グラズエ	23%	14%	10%	21%
	ダッサズメ	8%	9%	6%	21%

(出所：SONEB 提供情報に基づき評価者作成⁴¹)

3.4.5 環境社会配慮

計画時には、本事業による自然環境への負の影響は想定されておらず、本事業供用後においても環境社会面における負の影響は確認されなかった（JICA 提供資料、SONEB 質問票回答、実査）。

3.4.6 リスクへの対応

計画時において、本事業全体計画達成のための外部条件として、以下の5点が想定され

⁴¹ 2022年7月にDRABより、別のデータが示されたが、徴収額のみであり、未収金に関する情報はなかったため、ここでは、質問票回答のデータを用いた。

ていた（準備調査報告書 p.4-1,4-2）。

- ①対象サイトを含めたベナンの治安が本プロジェクトの実施に影響しない
- ②SONEB の財政事情が大きく悪化しない
- ③本プロジェクトで研修を受けた SONEB の職員が業務を続ける
- ④ベナンの給水分野の政策に大幅な変更がない
- ⑤取水井の極端な水質悪化あるいは揚水量減少が生じない

①については、計画時から事後評価時まで治安の悪化は確認されず、②については上述のとおり SONEB の財務状況は健全である。③については本事業のソフトコンポーネントを通じて技術面での訓練を受けた 3 名の職員は事後評価時点でも本事業の運営維持管理に従事している。④については、3-4-1「政策・制度」で確認したとおり、ベナンの給水分野の政策には大幅な変更はない。

最後に、⑤に関しては、有効性において示したとおり、事後評価時点では、本事業で掘削した井戸の地下水位が減少し、計画時に想定された取水量が得られてない状況があった。かかる状況下、ダッサズメ支局職員は、日々井戸の地下水位を測定し地下水量を確認しながら、揚水を行っている。また、地下水位の低下により、井戸ポンプの容量の変更が必要となった場合は、容量の小さいポンプへ変更を行う対応を実施したことが確認されている（SONEB ヒアリング）。グラズエ市の井戸における地下水位計測の頻度が低かったという課題も既に改善がなされており、一定程度適切に当該リスクへの対応が実施されているといえる。

3.4.7 運営・維持管理の状況

事後評価時において、本事業で建設された施設はおおむね適切に維持管理され、深刻な損傷や損失は確認されなかった。

供与機材に関しては、水質分析機器、水位計ともに、日常の業務・点検に使用されていた。瑕疵検査時においては、グラズエ支部の携帯式水位計が使用できない状況があったが、事後評価時には、両都市で使用可能となっていた。しかし、両都市において、高架水槽の水位計が機能していないことが確認された（実査、SONEB ヒアリング）。

また、運転記録や、水位や水質に関するデータが記録される管理台帳について、グラズエ支部では、運転記録管理台帳の一部が職員の退職により所在が不明となっていた（実査、SONEB ヒアリング）。運転記録や、水位・水質に関するデータ管理の必要性については、実施機関は十分認識しており、改善への意向が示された。その結果、2022 年 7 月時点では、両都市において運転記録、水位・水質に係るデータは、管理台帳に記録されているとのことである（SONEB ヒアリング）。

以上より、本事業の運営・維持管理には、財務、状況に一部軽微な問題はあるが、改善・解決の見通しは高いといえる。したがって、本事業によって発現した効果の持続性は

高い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業は、ベナンのグラズエ市及びダッサズメ市において、新規水源の開発及び水道施設の建設を行い、対象地域における給水量の増大を目指したものである。本事業は、計画時から事後評価時に至るまでベナンの都市給水開発政策及び開発ニーズと整合的であり、適切な事業計画やアプローチがとられた。また本事業は日本の開発政策とも整合的であり、他ドナー事業とも適切な調整が図られ成果も確認されていることから、妥当性・整合性は高い。本事業のアウトプットはほぼ計画どおりであり、事業費は計画内に収まり、事業期間は計画を少し上回った程度に留まったため、本事業の効率性は高い。有効性に関し、本事業の効果指標である「一日取水量」は、地下水位低下に伴い、計画時に想定された容量の取水ができなかったため、両都市とも目標値を達成しなかった。また、両都市における取水量は計画時と比較して増加したが、各戸給水栓契約者数、給水人口は大幅に増加したこともあり、一人当たりの給水量は計画時より低下した。児童及び女性の水汲み労働の軽減については本事業実施後に各戸給水栓に接続した世帯において、効果の発現が確認された。インパクトに関し、住民の衛生状況の改善及び水因性疾病の罹患率の減少は確認されず、水汲み労働時間の減少による女性の社会経済活動への参加促進への貢献は限定的であり、女性のエンパワメントについては確認されなかった。子どもの就学状況の改善については効果が確認された。以上より、有効性・インパクトはやや低い。本事業の運営・維持管理には、財務、状況に一部軽微な問題はあるが、改善・解決の見通しは高いといえる。したがって、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

高架水槽の水位計は、高架水槽に水を供給するポンプの運転管理を適切に実施するうえで必要な機材であるため、可能な限り早急に補修されることが望ましい。

また、揚水量の確保のために、揚水試験、揚砂量（または埋設深度）測定、井戸カメラによる井戸内調査等により井戸診断を行い、ケーシング・スクリーンを含む井戸の改修の必要性がある場合には、井戸洗浄による改修工事を早急に実施することが望ましい。実施機関には、井戸カメラを使用できる技術チームがあるため、同技術チームの参画を得て、井戸カメラで井戸の状況を確認し、必要な改修を行うことが有用である。

4.2.2 JICA への提言

実施機関への提言にある、井戸の改修については必要に応じて JICA が適切な技術支援（例えば、短期専門家の派遣など）を行うことが望ましい。

4.3 教訓

中長期的な視野に立った運営維持管理計画の検討

一般に、開発途上国において井戸を改修するという認識は高くはなく、水が出なくなれば掘りなおすことも多い。本事業計画時には、ベナン国内で井戸カメラを保有する会社はなく、技術者も不在であったため、井戸カメラを使用する改修は現実的ではないと考えられ、実施機関への説明は行われなかった。しかし、事後評価時点では、実施機関内に井戸カメラを使用できる技術チームがあることが確認され、状況は変わっていた。このように計画時には現実的ではなくとも、中長期的には実施機関内で対応可能となるメンテナンス手法もあると考えられることから、計画時において、中長期的な視野にたち、供与後の運営維持管理計画を実施機関と共に協議することで、実施機関側が主体的に新しいメンテナンスの手法の導入を検討することが期待される。

5. ノンスコア項目

5.1 適応・貢献

5.1.1 客観的な観点による評価

本事業のコンサルタントは、事業実施期間中において、ベナン国内では JICA ベナン支所、本邦では JICA 資金協力事業部に対し毎月の進捗報告を行い、関係者間で適切なコミュニケーションが図られた。

既存事業からの教訓「地下水の季節・経年変動を踏まえた調査設計や、事業完成後の住民への給水状況のモニタリングを実施することが重要」である点を踏まえ、本事業では、詳細設計時に再度揚水試験が実施され、ポンプの設計変更が行われた。また、供用後に実施機関が地下水の経年変動をモニタリングできるようにソフトコンポーネントが実施され、事後評価時点で実施機関は地下水位の計測を継続して実施している。以上より既存事業からの教訓を踏まえ事業が実施され、持続性の向上に寄与したと考えられる。

5.2 付加価値・創造価値

なし。

以上

マリ、セネガル

2021年度 外部事後評価報告書

無償資金協力「マリ - セネガル南回廊道路橋梁建設計画（第一次、第二次、第三次）」

外部評価者：株式会社タック・インターナショナル 芹澤 明美
西野 宏、石本 樹里

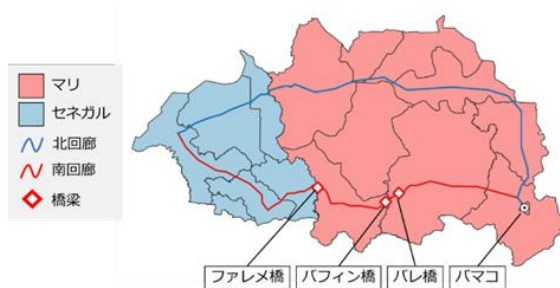
0. 要旨

本事業はセネガルとマリ首都を結ぶ南回廊道路上のマリ側に橋梁 3 本を整備することにより、南回廊道路沿道地域の円滑な交通の実現を図り、もって地域経済の発展と、二国間及び近隣諸国との交通・貿易の促進に寄与することを目的としていた。

本事業はマリ及びセネガルの開発計画、開発ニーズ、日本の援助政策に合致し、橋梁は他の道路建設事業と一体となって南回廊道路を完成させるものであったことから、妥当性・整合性は高い。事業期間は計画を若干上回ったが事業費は計画内に収まったため、効率性は高い。本事業の目的である「南回廊道路沿道地域の円滑な交通の実現」と「地域経済の発展・二国間及び近隣諸国との交通・貿易の促進に寄与」は概ね計画どおりに達成されたことから、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理はマリの方情不安を背景に財務面に一部問題があることから、本事業によって発現した効果の持続性はやや低い。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図
(調査団作成)



バフィン橋
(現地調査補助員撮影)

1.1 事業の背景

内陸国のマリにとって国際道路は対外貿易に不可欠である。コートジボワールの政治危機により、マリ主要な外港がアビジャンからセネガルのダカール港に代わり、マリとセネガルを結ぶ国際道路の必要性はより高まっていた。両国の内陸部は道路網が十分に整備されておらず、人流・物流が阻害され、社会経済発展の遅れや貧困問題の大きな要因となっていた。両国とも対外債務による慢性的に政府予算が不足しており、道路等の交通インフラ整備は外国の支援に依存していた。

セネガルの首都ダカールを起点としタンバクンダから北ルートを通りマリ首都バマコ

に至る北回廊道路は、欧州連合（European Union。以下、「EU」という。）等の支援を受け 2007 年までに全線が整備された。一方で、南回廊道路が通過する地域は、農業に適した肥沃な土壌と水源に恵まれ金鉱山や国立自然公園といった産業・観光資源もあるが、山岳地域や橋梁未整備の河川があるため道路網の整備が遅れていた。2005 年以降、日本を含む国際協調融資が実現し、南回廊道路の整備が行われた。JICA は南回廊道路上に位置するファレメ橋（セネガル・マリ国境）、バフィン橋、バレ橋の建設を支援することになった。

1.2 事業概要

セネガルとマリの首都を結ぶ南回廊道路上のマリ側に橋梁 3 本を整備することにより、南回廊道路沿道地域の円滑な交通の実現を図り、もって地域経済の発展と、二国間及び近隣諸国との交通・貿易の促進に寄与する。

供与限度額/実績額	第一次 940 百万円 / 914 百万円 第二次 1,340 百万円 / 1,321 万円 第三次 1,528 百万円 / 1,390 百万円	
交換公文締結/贈与契約締結	第一次 該当せず / 詳細設計 2008 年 1 月、本体 2008 年 5 月 第二次 詳細設計：マリ 2009 年 2 月、セネガル 2009 年 1 月、本体：マリ 2009 年 5 月、セネガル 2009 年 5 月 / 詳細設計：マリ 2009 年 2 月、セネガル 2009 年 1 月、本体：マリ 2009 年 5 月、セネガル 2009 年 5 月 第三次 2009 年 7 月 / 2009 年 7 月	
実施機関	マリ設備運輸省国家道路局（Direction Nationale des Routes (DNR), Ministère de l'Équipement et des Transports) セネガル道路建設庁（Agence Autonome des Travaux Routiers: AATR）	
事業完成	第一次 2010 年 1 月 第二次 2011 年 7 月 第三次 2011 年 11 月	
事業対象地域	マリ カイ州	
案件従事者	本体	大日本土木株式会社
	コンサルタント	株式会社片平エンジニアリング・インターナショナル
基本設計調査	基本設計調査 2006 年 5 月～2007 年 2 月	

	事業化調査（その1）2007年9月～10月、（その2）2008年3月～2009年1月 詳細設計調査（第一次）2008年2月～2009年1月、（第二次）2009年3月～9月、（第三次）2009年7月～2010年3月
関連事業	【マリ側南回廊道路整備（有償）】 ・欧州連合（EU）・ドイツ復興金融公庫（KfW）（2005年～2007年） ・イスラム開発銀行（Banque Islamique de Développement: BID）（2006年～2008年） ・アフリカ開発銀行（Banque Africaine de Développement: BAD）、西アフリカ開発銀行（Banque Ouest Africaine de Développement: BOAD）（2006年～2009年） 【セネガル側南回廊道路整備（有償）】 ・BID（2006年～2007年） ・BAD・BOAD・JBIC（2006年～2009年）。その一部としてJBIC「バマコ・ダカール間南回廊道路改良・交通促進計画」（2005年～2009年） 【JICA ダカール港第三埠頭改修計画（2017年）（無償）】

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

芹澤 明美、西野 宏、石本 樹里¹（株式会社タック・インターナショナル）

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2021年11月～2022年11月

現地調査補助員による現地調査：2022年2月～2022年7月

2.3 評価の制約

マリの政情不安と治安悪化のため、日本人は渡航せず、現地調査補助員を通じて情報収集と現地踏査を行った。

¹ 西野と石本（衛星データ分析担当）は株式会社メトリクスワークコンサルタンツに所属しており、補強として参加した。

3. 評価結果（レーティング：B²）

3.1 妥当性・整合性（レーティング：③³）

3.1.1 妥当性（レーティング：③）

3.1.1.1 開発政策との整合性

マリの中期開発政策（2002年～2006年）として策定された貧困削減戦略文書（Poverty Reduction Strategy Paper。以下、「PRSP」という。）では「産業開発促進及び経済インフラの整備」が基本戦略の一つとされ、バランスのとれた地域開発とインフラ整備、経済活性化のための運輸交通の強化、社会サービスや市場へのアクセス強化を目指していた。また「道路回廊改良事業（Projet d'Amélioration des Couloirs Routiers）」（2004年～2007年）では、南回廊道路を含む国際道路の整備を重要目標としていた。セネガルのPRSP（2003年～2005年）では「経済成長をもたらす生産セクター振興と投資促進」、「基礎的社会サービスの拡充」、「社会的弱者の生活改善」を柱とし、輸送システムの形成を具体的施策としていた。「運輸セクター計画II」（Programme Sectoriel des Transports II）（2001年～2006年）では道路整備も主要課題であった。地域政策としては、西アフリカ経済通貨同盟（Union Économique et Monétaire Uuest-africaine。以下「UEMOA」という。）は、地域活性化と貧困削減のために国際物流を円滑化するインフラ整備を重視し、南回廊道路の整備は最重要事業であった。アフリカ開発のための新パートナーシップ（New Partnership for Africa's Development: NEPAD）においても、地域統合のためのインフラ短期行動計画（Plan d'Action à Court Terme）の中で南回廊道路整備を最優先としていた。

事後評価時点のマリの「経済復興と持続可能な開発のための戦略的枠組」（Cadre Stratégique pour la Relance Economique et le Développement Durable: CREDD⁴）（2018年～2022年）は貧困と不平等の削減のため包摂的で持続可能な開発を推進することを目指し、道路など運輸インフラの改善も具体的な目標として含まれている。2021年以降の暫定政権下でもこれは維持されている。「セネガル新興計画」（Plan Sénégal Émergent⁵）（2014年～2035年）は2035年までの新興国入りを目指しており、その中期計画（2018年～2023年）では3つの柱である「経済構造の変革、成長」、「人的資本、社会保障、持続的発展」、「ガバナンス、制度、平和、安全」に沿って各セクターの活動を進めている。道路は産業開発、地域開発、社会サービスへのアクセス改善、近隣国との貿易発展の前提となる基礎インフラとして重要性が認識されている。さらにUEMOAの地域経済プログラム（Programme Economique Régional: PER⁶）（2006年～）において道路インフラの整備は重視されており、また、アフリカ連合（African

² A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

³ ④：「非常に高い」、③：「高い」、②：「やや低い」、①：「低い」

⁴ <https://www.maliapd.org/wp-content/uploads/2019/07/Version-Finale-CREDD-2019-2023.pdf>

⁵ <https://www.economie.gouv.sn/en/dossiers-publications/publications/pse>

⁶ http://www.uemoa.int/fr/system/files/per_info_no1_janvier-juin2017.pdf

Union: AU) 等による「アフリカインフラ開発プログラム」(Programme for Infrastructure Development in Africa: PIDA⁷) (2012 年～) はアフリカ地域の統合と地域経済の発展を目的とし、道路を含むインフラ整備を支援している。

以上から、事前評価時点と事後評価時点のマリ及びセネガルの国家開発計画、西アフリカの地域開発政策において、道路は経済成長や貧困削減のための基礎インフラとして重視されており、政策面で本事業の整合性は高い。

3.1.1.2 開発ニーズとの整合性

「事業の背景」の項で記載した通り、内陸国のマリにとって外港であるセネガルのダカールに至る国際道路の必要性は高い。南回廊道路沿道地域は道路網の整備が遅れていたが、マリ側南回廊道路が EU 等の支援により 2005 年から 2009 年にかけて整備され、本事業ではその道路上に 3 本の橋梁を整備した。それ以前は、橋梁建設地点で渡河が可能な車両は乾季の四輪駆動車のみなど制限があった。住民は対岸への移動に渡し船を利用しており、時間がかかる上、川への転落の危険性などもあった。

事後評価時点でもマリとセネガルを結ぶ南回廊道路の必要性は維持されている。マリとセネガルの実施機関によれば、南回廊道路は北回廊道路より約 200km 短く、また北回廊道路に経年劣化が見られたことから、2017 年から 2019 年にかけて南回廊道路の利用が増加したとのことである。セネガルの輸出相手国としてマリは金額ベースで第 1 位であり、2011 年以降マリへの輸出量は増加傾向にあった。同時に、マリの輸入相手国としてセネガルは金額ベースで第 1 位である。マリでは 2020 年 8 月と 2021 年 5 月に軍事政権によるクーデターがあり、2022 年 1 月から 7 月まで西アフリカ諸国経済共同体 (Economic Community of West African States。以下、「ECOWAS」という。) はマリに対して基本的な生活必需品以外の禁輸等の制裁を実施した。このためマリとの間の貿易量・交通量は減少していると推測されるが⁸、南回廊道路の必要性は損なわれていない。

3.1.2 整合性 (レーティング: ③)

3.1.2.1 日本の開発協力方針との整合性

事前評価時、マリと周辺国の経済発展に資するインフラ整備は、日本の同国に対する開発協力の重点分野となっていた。セネガルに対しては、「地方村落における貧困層の生活改善」と「持続的な経済成長のための基盤造り」を重点分野としていた。よって本事業はマリとセネガルに対する開発協力方針に合致していた。

3.1.2.2 内的整合性

⁷ <https://au.int/en/ie/pida>

⁸ 2022 年以降の貿易量・交通量のデータは事後評価時点では発表されていない。

アフリカ開発銀行（Banque Africaine de Développement。以下、「BAD」という。）と西アフリカ開発銀行（Banque Ouest Africaine de Développement。以下、「BOAD」という。）との協調融資で実施されたJBIC「バマコ・ダカール間南回廊道路改良・交通促進計画」（2005年～2009年）にて、セネガル側南回廊道路の一部（ケドゥグ～サラヤ間）を整備した。また、無償資金協力「ダカール港第三埠頭改修計画」（2017年）で整備した第三埠頭は主にマリ向けの貨物を取り扱っており、マリへの物流の拡大に寄与することが期待されていた。両事業とも、本事業と合わせてセネガル・マリ間の物流体制を整備するものであった。

3.1.2.3 外的整合性

南回廊道路の各部分は計画通り建設され、本事業で整備された3本の橋梁とも一体となって開通以降問題なく運用されている。持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals: SDGs）においては、運輸交通は食の安全、保健、エネルギー、経済成長、インフラ、人の生活拠点等を支え、それらに關係する開発目標の達成に横断的に貢献するものと認識されている。

表1 南回廊道路整備状況 マリ側

区間	LOT1 ファレメ～バフィン (ファレメ橋(国境) からバフィン橋まで)	LOT2 バフィン～セココト (バフィン橋・バレ橋 を経てセココトまで)	LOT3 セココト～キタ	LOT4 キタ～カティ
区間長	156.0 km	71.7 km バフィン～バレ 29.7 km バレ～セココト 34.0 km	38.0 km (バコイ橋工事含む)	162.0 km
工事費	256.63 億 CFA フラン (55.4 億円)	151.24 億 CFA フラン (32.7 億円)	67.6 億 CFA フラン (14.6 億円)	192.35 億 CFA フラン (41.5 億円)
資金源	(LOT1 及び LOT2) BAD: 391.03 億 CFA フラン BOAD: 70.0 億 CFA フラン 政府: 50.0 億 CFA フラン 合計 511.03 億 CFA フラン		BID: 59.49 億 CFA 政府: 8.11 億 CFA フ ラン	UE: 147.35 億 CFA フラン KFW: 40.0 億 CFA フラン 政府: 5.0 億 CFA フラン
施工	2008 年 1 月～2010 年 6 月	2008 年 1 月～2009 年 12 月	2006 年 10 月～2008 年 6 月	2005 年 10 月～2008 年 5 月

出所：JICA 提供資料

表2 南回廊道路整備状況 セネガル側

区間	LOT1 ケドゥグ～サラヤ	LOT2 サラヤ (PK.0km) ～PK.30km	LOT3 PK.30km～ファレメ
区間長	61.0km	30.0km	21.3km
工事費	113.0 億 CFA フラン (24.3 億円)	76.4 億 CFA フラン (16.4 億円)	57.5 億 CFA フラン (12.4 億円)
資金源	(LOT1 及び LOT3) BAD: 56.5 億 CFA フラン BOAD: 50.0 億 CFA フラン JBIC: 46.9 億 CFA フラン 政府: 17.1 億 CFA フラン 合計 170.5 億 CFA フラン		BID: 47.5 億 CFA フラン 政府: 28.9 億 CFA フラン (LOT1 に含む)
施工	2008 年 1 月～2009 年 8 月	2007 年 4 月～2008 年 4 月	2008 年 1 月～2009 年 8 月

出所：JICA 提供資料

本事業はマリ及びセネガルの開発計画、開発ニーズ、日本の対マリ及び対セネガル援助政策に合致していた。本事業によって建設された橋梁は、他の道路建設事業と一体となって南回廊道路を完成させるものであった。以上より本事業の妥当性・整合性は高い。

3.2 効率性（レーティング：③）

3.2.1 アウトプット

本事業の第一次でバレ橋（橋長 110.15m）、第二次でファレメ橋（国境）（橋長 274.30m）、第三次でバフィン橋（橋長 273.80m）を建設した。事後評価において実施機関への確認と現地踏査を通じ、アウトプットは全て計画通りに産出されたことが確認できた。



ファレメ橋
（現地調査補助員撮影）



ファレメ橋
（現地調査補助員撮影）



バレ橋
(現地調査補助員撮影)



バレ橋
(現地調査補助員撮影)

3.2.2 インプット

3.2.2.1 事業費

マリ・セネガル側負担事業費は銀行手数料のみで極めて少額であることから実績の確認は行わず、日本側負担事業費のみについて計画・実績の比較を行ったところ、第一次から第三次の事業費合計は計画内に収まった(95%)。事業実施コンサルタントによれば、日本の同じ施工会社が工事を実施し、工事期間も重複していたことで機械の使用や人の配置等を共有でき、費用を抑制できたためである。

表3 事業費計画・実績比較

			計画	実績	計画比
第一次	日本負担	詳細設計	26 百万円	26 百万円	
		本体	914 百万円	888 百万円	
		日本負担分合計	940 百万円	914 百万円	97%
	マリ負担	(銀行手数料 9.44 百万 CFA フラン=2 百万円 ⁹⁾)	2 百万円	不明	
	合計		942 百万円	(不明)	
第二次	日本負担	詳細設計 マリ	15 百万円	36 百万円	
		詳細設計 セネガル	15 百万円		
		本体 マリ	655 百万円	1,285 百万円	
		本体 セネガル	655 百万円		

⁹ 第一次 1CFA フラン=0.216 円

		日本負担分合計	1,340 百万円	1,321 百万円	86%
	マリ負担	(銀行手数料 4.85 百万 CFA フラン=1 百万円 ¹⁰)	1 百万円	不明	
	セネガル負担	(銀行手数料 4.85 百万 CFA フラン=1 百万円)	1 百万円	不明	
	合計		1,342 百万円	(不明)	
第三次	日本負担		1,528 百万円	1,390 百万円	91%
	マリ負担	(銀行手数料 11 百万 CFA フラン=3 百万円)	3 百万円	不明	
	合計		1,531 百万円	(不明)	
合計		日本負担分のみ	3,808 百万円	3,625 百万円	95%

出所：JICA 提供資料

3.2.2.2 事業期間

第一次から第三次までの事業期間実績合計は計画を少し上回った。実施コンサルタントによれば、第一次と第二次の計画事業期間について、詳細設計 G/A (E/N) 署名後のコンサルタント契約と詳細設計開始までの期間（通常 1～2 カ月）が考慮されない形で事業化調査報告書に記載されたためである。

表 4 事業期間計画・実績比較

		G/A (E/N)	計画	実績	計画比
第一次	詳細設計 (E/N)	2008 年 1 月	詳細設計・入札期間を含め 23 ヶ月	竣工 2010 年 1 月 詳細設計 E/N から 25 ヶ月	109%
	本体 (E/N)	2008 年 5 月			
第二次	詳細設計 マリ	2009 年 2 月	詳細設計・入札期間を含め約 29 ヶ月	竣工 2011 年 7 月 詳細設計セネガル分 G/A から 31 ヶ月	107%
	詳細設計 セネガル	2009 年 1 月			
	本体 マリ	2009 年 5 月			
	本体 セネガル	2009 年 5 月			
第三次		2009 年 7 月	2009 年 7 月から 2011 年 12 月 (30 ヶ月。詳細設計、入札期間含む)	竣工 2011 年 11 月 29 ヶ月	97%
合計			82 ヶ月	84 ヶ月	102%

出所：JICA 提供資料

事業のアウトプットは計画通り産出され、事業費は計画内に収まったが、事業期間は計画を若干上回った。以上により効率性は高い。

3.3 有効性・インパクト¹¹ (レーティング：③)

3.3.1 有効性

¹⁰ 第二次、第三次 1CFA フラン=0.244 円

¹¹ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

3.3.1.1 定量的効果（運用・効果指標）

設定された運用指標は橋梁の完成直後から常時達成されている。経年変化はなく、雨季・乾季による差もない。実施機関や住民によれば、開通以降、橋梁の通行に支障があった時はなかった。2022年1月から7月までマリに対し ECOWAS による制裁が実施され、国境のファレメ橋は物理的には通常通り通行可能なものの、以下のとおり運用されていた。

- ・ 国境通過は徒歩かバイクタクシーのみ。車両の通過は原則禁止されている。
- ・ 国際バスの運行が中止された。乗客は国境の手前でバスから下車し、徒歩かバイクタクシーで国境を通過し、待機している別のバスに乗車する。
- ・ 基本的な生活必需品以外は禁輸となっている。生活必需品を積んだトラックが1日1回セネガルからマリに入っている。

表5 運用指標

バレ橋 指標	基準値	目標値	実績	実績
	2006年	2010年	2010年	2022年
		事業完成年	事業完成年	事後評価時点
車両通行途絶期間	年間4ヶ月程度	ゼロ	ゼロ	ゼロ
通行可能な車種	四輪駆動車のみ（乾期中の河床渡河）	大型車両（トラック、バス）の年間通行が可能	大型車両（トラック、バス）の年間通行が可能	大型車両（トラック、バス）の年間通行が可能
横断時間（歩行者）	約20分（丸木舟利用）	約2分（歩行）	約2分（歩行）	約2分（歩行）

ファレメ橋 指標	基準値	目標値	実績	実績
	2008年	2011年	2011年	2022年
		事業完成年	事業完成年	事後評価時点
車両通行途絶期間	年間7ヶ月程度	ゼロ	ゼロ	ゼロ
通行可能な車種	四輪駆動車のみ（乾期中の河床渡河）	大型車両の年間通行が可能	大型車両の年間通行が可能	大型車両の年間通行が可能
横断時間（歩行者）	約20分（丸木舟利用）	約3分（歩行）	約3分（歩行）	約3分（歩行）

パフィン橋 指標	基準値	目標値	実績	実績
	2008年	2011年	2011年	2022年
		事業完成年	事業完成年	事後評価時点
車両通行途絶期間	通年（架橋位置）	ゼロ	ゼロ	ゼロ
通行可能な車種	大型車両の渡河不可	大型車両の年間通行が可能	大型車両の年間通行が可能	大型車両の年間通行が可能
横断時間（歩行者）	約20分（丸木舟利用）	約3分（歩行）	約3分（歩行）	約3分（歩行）

出所：JICA 提供資料、実施機関提供情報、現地踏査、住民聞き取り

「南回廊道路沿道地域の円滑な交通の実現」の効果指標として事業資料では「南回廊道路沿道地域の交通量の増加」を挙げていたが、基準値は設定されておらず、事後評価にお

いても交通量の統計や衛星データは得られなかった¹²。しかし住民は、橋梁・道路の整備による交通量の増加を認識している。2022年からのECOWAS制裁により交通量は減少していると推測される。

3.3.1.2 定性的効果（その他の効果）

事前評価表に定性的効果として記載されているものは、ロジックを整理しインパクトとして扱うこととした。「インパクト」の項を参照のこと。

3.3.2 インパクト

3.3.2.1 インパクトの発現状況

事前評価時、以下の効果が想定されていた。

- ・ 沿道地域の経済活性化
- ・ 二国間・近隣諸国との交通・貿易の促進
- ・ 児童の安全な通学路の確保、就学率・出席率の向上
- ・ 医療施設へのアクセス確保、救急搬送の件数増加
- ・ 近隣市場への輸送時間短縮

実施機関の質問票回答、橋梁付近住民の聞き取り¹³、現地踏査による観察の結果、橋梁の開通と道路の整備によって以下のとおり想定していたインパクトが発現したことを確認できた。就学率や救急搬送件数などの数値データは得られなかった。

- ・ 沿道地域の経済活性化：川の対岸や他地域との往来が容易になり、物流も増えて経済が活性化した。
- ・ 衛星データの分析から、マリ側の南回廊における「沿道地域の経済活性化」の発現が確認された。全ての補完指標（夜間光、人口、都市面積）について、マリ側の南回

¹² 先行事例を参照し、衛星データ（Sentinel-2）による大型車両の運行状況の検出を試みたが、本事後評価では困難と判断した。理由は次のとおり。公開されている論文（Fisser, H., Khorsandi, E., Wegmann, M., & Baier, F. (2022). Detecting Moving Trucks on Roads Using Sentinel-2 Data. Remote Sensing, 14(7), 1595.）では、分析対象となる国・地域で分析のパフォーマンスが大きく異なることが報告されている。また、先行事例で用いられた手法の再現を東アフリカで試みた Data Science Campus による分析記事（2021年8月）でも、頑健な結果は得られなかったと結論付けられている。このように同手法は現時点では信頼度の高い手法として確立しているとは言い難く、また実際のデータを用いた同分析のパフォーマンスを検証することも不可能であると判断した。

¹³ 住民聞き取り対象は橋梁ごとに5名程度、村落の有力者中心となった。

バレ橋近く：バリンダ（Balinda）人口約500人。男性3（農業2、村会議員1）、女性2（主婦）

ファレメ橋近く：マリ側マイナミンヌ（Mahina-Mine）人口3,000人。男性2（村長と村会議員）、女性1（村の女性会長）

セネガル側ムサラ（Moussala）人口2,000人。男性2（モスクのイマムと村会議員）

バフィン橋近く：バドゥグト右岸（Badougouto Droite）別名シタエト（Sitahéto）人口5,000人。男性2（村の長老）

バドゥグト左岸（Badougouto Gauche）人口400人。男性1（村長）

シタンディンコト（Sitandinkoto）人口3,000人。男性3（農業、仕立屋、商業）、女性1（主婦）

廊から概ね 20km 内で増加している（詳細は後述【コラム】参照）。特に南回廊から 10km 前後の地区をピークとして増加している。他方でセネガル側ではこのような指標の増加は見られなかった。

・二国間・近隣諸国との交通・貿易：事前評価時と比較して交通量は増加していた。セネガルの統計によればセネガル・マリ間の貿易量は 2011 年以降増加傾向にあったが（表 6 参照）、2022 年からの ECOWAS 制裁により貿易量は減少していると推測される。

・学校へのアクセス、就学率・出席率の変化：渡し船を利用していた頃に比べて対岸の学校へのアクセス（所要時間、安全性）が改善した。就学率は、住民の認識によれば 90%程度で相当高いが、橋梁開通の影響は不明である。

・医療施設や市場へのアクセス：普段から川の対岸にある医療施設や市場を利用している住民も多い。橋梁の開通によってアクセスが改善した。搬送・輸送時間のデータは得られなかった。

・住民の収入源、年収の変化：収入源は事業前と変わらず、商業、農業、畜産、金採掘、漁業である。年収は事業前 100 万 CFA フラン程度から、事後評価時は 100 万～300 万 CFA フラン程度と若干増えたが、インフレを考慮すると事前評価時と同程度と言える。綿花の出荷が好調なことと、女性による小規模な商業活動の増加などで住民の収入は支えられている。

表 6 セネガル・マリ間の貿易量

(単位：トン)

年	セネガルからマリへの輸出	セネガルへマリからの輸入
2010	1,906,025	2,501
2011	1,779,140	11,588
2012	1,868,491	5,797
2013	1,540,222	5,480
2014	1,607,147	7,214
2015	2,501,219	8,515
2016	2,653,844	8,112
2017	2,857,135	9,962
2018	2,721,598	4,040
2019	2,984,417	2,381
2020	2,946,232	1,452

出所：セネガル国家統計・人口庁 貿易分析¹⁴

3.3.2.2 その他、正負のインパクト

1) 自然環境へのインパクト

¹⁴ セネガル国家統計・人口庁 Agence Nationale de Statistique et de la Démographie “Note d'Analyse du Commerce Extérieur” (2014 年版～2020 年版)

http://www.ansd.sn/index.php?option=com_ansd&view=titrepublication&id=15&Itemid=289

本事業の第三次は「JICA 環境社会配慮ガイドライン」（2004年4月策定）のカテゴリ C に該当するとされた（第一次、第二次は事前評価表が無く、不明）。南回廊道路整備事業に係る環境影響評価はイスラム開発銀行（Banque Islamique de Développement: BID）支援で2002年に実施され、この補足調査をUEMOAが2005年に実施した。実施機関によれば、この結果に基づき、本事業の工事中には、粉塵対策として水まき、騒音・振動対策として工事時間の制限、土壌流出防止のため川岸に斜面整備等の環境社会配慮策が取られ、環境への負の影響は特に認められなかった。事後評価時の住民聞き取りによれば、橋梁完成後は交通量の増加により、粉塵、騒音、大気汚染等が指摘されている。

2) 住民移転・用地取得

住民移転については、事業化調査時（2007年）に第三次の工事範囲内で1件の住民移転が予定され、マリ政府は移転補償金を既に支払済であり、2009年3月末までに住居の撤去を完了させることを確約したとのことであった。事後評価時点でマリ DNR に確認したところ、移転対象は井戸1基であり、補償金35万 CFA フランは2008年2月までに支払われ、移転は2008年末までに完了したとのことである。セネガル側については、実施機関によれば住民移転は発生しなかったとのことであった。

3) ジェンダー、公平な社会参加を阻害されている人々、社会的システムや規範、人々の幸福、人権

住民からの聞き取り調査によれば、交通量の増加と人流の活発化の影響で、交通事故の増加や盗難・強盗・暴力事件の発生など治安の悪化が認められる。女性による小規模な商業活動が活発になった一方で、売春や性犯罪の増加が報告されている。

本事業のアウトカム「南回廊道路沿道地域の円滑な交通の実現」及び、期待されたインパクトである「地域経済の発展・二国間及び近隣諸国との交通・貿易の促進に寄与」は概ね計画どおりに達成された。2022年以降マリへの経済制裁のため交通量・貿易量が減少していると推測されるものの、これは外部条件と判断する。一方で、橋梁周辺では交通事故の増加、環境汚染や治安の悪化が報告されている。以上より、本事業の実施により概ね計画どおりの効果の発現がみられ、有効性・インパクトは高い。

【コラム】衛星データの活用

効果発現については、定量的・定性的な複数の情報源による検証が求められるが、特にインパクトでは定量的な指標が設定されていない、対象地域レベルの統計データが整備されていないといった状況が散見される。このような場合でも、衛星データを活用することで、評価に必要な定量データを収集できる。本事後評

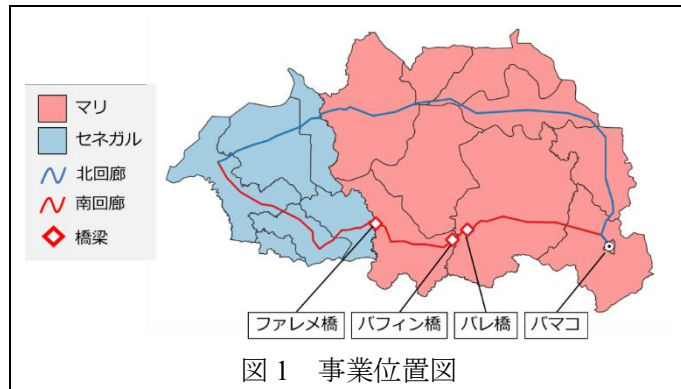


図1 事業位置図

価では、同様に無償の衛星データを活用することで、従来の方法（事業関係者や住民への聞き取り等）で得た情報を補完し、より客観的な検証が可能となった。

以下、具体的な分析対象地域、使用データ、分析手法及び結果を記述する。分析対象地域は南回廊とその周辺を含むマリ西部及びセネガル東部とした（図1）。また図1は本事業により整備された3つの橋梁の位置を示している。

使用データは、夜間光¹⁵、人口¹⁶、都市面積¹⁷である。夜間光は地域経済活動と相関関係にあることが確認されている¹⁸。しかし、夜間光は特に主産業が農産業である途上国での経済活動を反映しにくいいため、経済活性化と相関関係のある他のデータ（人口、都市面積）も収集し、複数の情報源から本事業のインパクト（沿道地域の経済活性化）の発現を検証した。

分析手法は、上記3種類の補完指標が南回廊の一定距離内でどの程度変化したかを、空間的に検証する方法を採った。具体的には南回廊から最大50kmの範囲内で、最初の事業が開始した2008年（夜間光はデータの制約により2012年）からデータが利用可能な最新年までの各指標の変化分と南回廊からの距離の関係を分析した（図2）。

図2によれば、いずれの指標もマリ側では南回廊から概ね20km内で増加している。特に南回廊の沿線10km前後の地区をピークとして増加している（図2左）。また夜間光と人口については国境のファレメ橋周辺でも増加している（図2右）。他方でセネガル側ではこのような指標の増加は見られず、南回廊からわずかに10km内で夜間光の増加が見られる程度である¹⁹。

¹⁵ Annual VNL V2 (VIIRS の annual データ) の median masked データ (2012~2021) (解像度: 約 500 m)。

¹⁶ WorldPop: Unconstrained individual countries UN adjusted (2000~2020) (解像度: 1 km)。

¹⁷ MODIS Land Cover Type Yearly Global 500 m (2001~2019) (解像度: 500 m)。

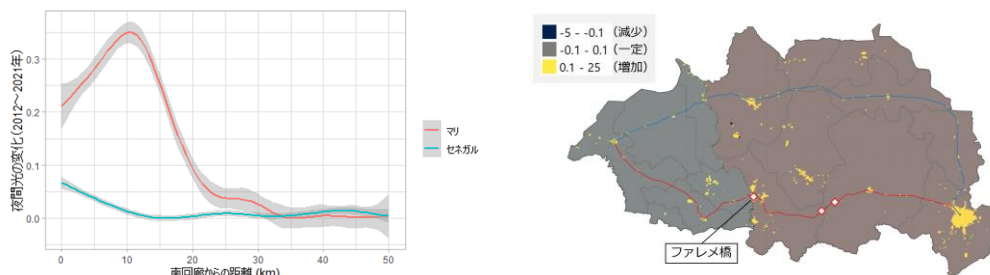
¹⁸ 例えば以下の論文を参照。

Henderson, J. V., Storeygard, A., & Weil, D. N. (2012). Measuring economic growth from outer space. *The American Economic Review*, 102(2), 994-1028.

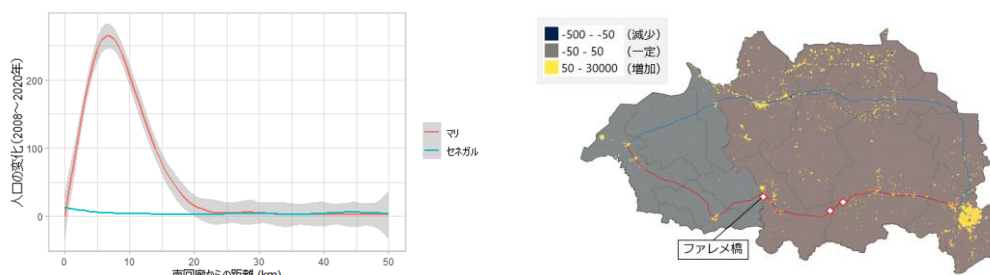
¹⁹ 上記分析に加え、回廊全体ではなく、3つの各橋梁周辺から20km内に絞った分析を行ったところ、ファレメ橋周辺で特に変化が大きかった一方で、バフィン・バレの両橋梁周辺ではほとんど変化は見られなかった。

以上の結果から、マリ側では南回廊における「沿道地域の経済活性化」が確認されたと言える。しかしセネガル側では同様の影響は観測されず、本事業のファレメ橋以西への国境を超えた波及効果は軽微であったと考えられる。

夜間光の分析結果²⁰



人口の分析結果²¹



都市化の分析結果²²

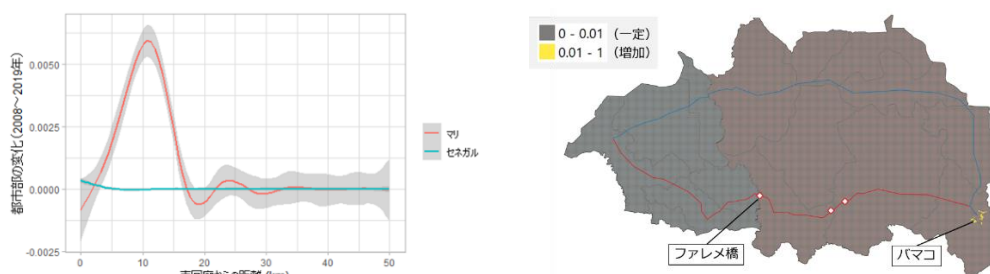


図2 各指標の変化と南回廊からの距離（左）、指標の変化の空間的分布（右）

3.4 持続性（レーティング：②）

3.4.1 政策・制度

「妥当性」の項で述べたとおり、マリとセネガルの開発政策において道路・運輸セクターは重要であり、マリの暫定政権下であっても南回廊道路の必要性は変わらない。よって政策・制度面の持続性は高い。

²⁰ グラフ縦軸は光源の明るさ（放射輝度）を示しており、最小値は-1.5、最大値は340573を取る（単位は「nanoWatts/cm2/sr」）。

²¹ グラフの縦軸は人数を示している。

²² グラフの縦軸は都市化の値（各1kmメッシュの面積のうち都市部として分類される面積の割合）を示している。最小値は0、最大値は1を取る。

3.4.2 組織・体制

マリ、セネガルともに、事業完了後に実施機関が変更された。マリの実施機関は設備運輸省国家道路局（Direction Nationale des Routes, Ministère de l'Équipement et des Transports）であったが、2021年5月のクーデターの後、暫定政府が発足した際に運輸インフラ省（Ministère des Transports et des Infrastructures）国家道路局（Direction Nationale des Routes。以下、「DNR」という。）となった。本事業で建設された橋梁は同省のカイ州地方道路局が管理していたが、2020年12月にキタ州がカイ州から分かれて以降はバフィンとバレ橋はキタ州地方道路局（Direction Régionale des Routes de Kita）の工事モニタリング管理課（Division Suivi et Contrôle des Travaux）が管理している。セネガル側の担当機関は道路建設庁（Agence Autonome des Travaux Routiers: AATR）であったが、2010年4月にこれに代わってセネガル道路公社（Agence des Travaux et de Gestion des Routes Sénégal。以下、「AGERROUTE」という。）が設立された。国境のファレメ橋については、本事業完了時にはマリのカイ州地方道路局ケニエバ支局（Subdivision des Routes de Kéniéba）とセネガル AGERROUTE タンバクンダ州支局（Antenne Régionale de Tambacounda）によって構成されている管理委員会（Comité de gestion）が管理することになっていたが、事後評価時点では管理委員会は実働しておらず、それぞれの組織が担当部分の管理を行っており、両者の連絡は必要に応じて行われている。

以上から組織・体制面の持続性は高い。

3.4.3 技術

マリ DNR キタ州地方道路局工事モニタリング管理課には技術者（エンジニア）1名と職人（テクニシャン）2名がいる。ファレメ橋のマリ側職員は、技術者2名（ケニエバ支局長含む）と総務1名の計3名である。セネガル側は州支局長と技術者3名の計4名であり、全員現職に9年以上在籍している。3か所とも点検・補修、清掃などの日常的な維持管理業務は十分に実施できており、研修や維持管理マニュアルはないが、人員体制・技術レベルに問題なく、技術面の持続性は高い。

3.4.4 財務

表7で示す通り、事業化調査時点（2007年～2008年）では、南回廊道路整備を含む道路関連事業の増加に対応し、両国とも維持管理担当機関の予算は増加していた。しかし表8で示すように、2019年以降マリ DNR の予算は大幅に減少しており、道路・橋梁の維持管理に必要とされる予算額に対して実際の支出はその20%以下にとどまる。DNR の説明によれば、本来の収入は道路使用料のみで維持管理には不足しているため、援助機関の支援を含む中央政府からの予算を獲得している。しかし近年の政治的混乱の影響で主な援助機関の支援は止まっており、ECOWAS による制裁に加え新型コロナウイルス感

感染症の影響もあり、中央政府からの予算が大幅に減少している。3 橋梁の実際の維持管理状況から、橋梁の維持管理に関し事後評価時点では予算減少の影響は特に発生していないと考えられる。しかしマリの政情から、現状では維持管理予算が以前の水準に復活する見込みは小さいため、将来的に必要な道路・橋梁等の大規模修繕を考えると財務面の持続性はやや低い。セネガル AGEROUTE に関しては事後評価時点でも十分な予算を確保していると思われる。

表 7 事業化調査時点での実施機関財務状況

(単位：百万 CFA フラン)

年	2003	2004	2005	2006	2007
DNR 事業実施予算	6,112	8,334	8,414	55,171	86,461
DNR 維持管理費予算	5,880	8,000	8,000	11,044	12,243
AATR 事業実施予算	49,263	60,223	60,000	129,340	137,978
AATR 維持管理費予算	20,000	49,000	49,960	27,846	33,242

出所：JICA 提供資料

表 8 事後評価時点のマリ DNR 財務状況

(単位：百万 CFA フラン)

年	2018	2019	2020	2021
DNR 予算	1,405,000	503,000	475,000	499,000
道路や橋梁等構造物の維持管理予算要求額	90,000	81,432	92,263	120,436
道路や橋梁等構造物の維持管理費支出実績	32,265	14,813	18,400	22,000

出所：DNR 提供情報

表 9 事後評価時点のセネガル AGEROUTE 財務状況

(単位：百万 CFA フラン)

年	2018	2019	2020
AGEROUTE 予算	495,805	495,805	354,844
うち、道路や橋梁等構造物の維持管理予算	64,361	53,381	20,374
道路や橋梁等構造物の維持管理費支出実績	41,556	26,061	28,679

出所：AGEROUTE 提供情報

3.4.5 環境社会配慮

「インパクト」の項で述べたとおりである。

3.4.6 リスクへの対応

橋梁周辺住民の聞き取りによれば、道路・橋梁の開通による人の往来と交通量・大型

車両の増加により、交通事故の増加や、強盗、窃盗、暴力、性犯罪など治安の悪化が報告されている。マリでは2020年と2021年に軍事政権によるクーデターがあり、イスラム過激派組織によるテロも頻発しており、全土で治安が悪化している。

3.4.7 運営・維持管理の状況

現地踏査で観察したところ、橋梁の状態、維持管理状況は良好で問題は見られない。マリ DNR によればバフィン橋の橋脚下部に侵食による亀裂があるため修理したいとのことだが、現地調査補助員（エンジニア）が見たところ軽微なものであり、急遽対応する必要はないとのことである。

以上より、本事業の運営・維持管理には財務に一部問題があり、改善・解決の見通しが低いと言える。本事業によって発現した効果の持続性はやや低い。

4. 結論及び提言・教訓

4.1 結論

本事業はセネガルとマリの首都を結ぶ南回廊道路上のマリ側に橋梁3本を整備することにより、南回廊道路沿道地域の円滑な交通の実現を図り、もって地域経済の発展と、二国間及び近隣諸国との交通・貿易の促進に寄与することを目的としていた。

本事業はマリ及びセネガルの開発計画、開発ニーズ、日本の援助政策に合致し、橋梁は他の道路建設事業と一体となって南回廊道路を完成させるものであったことから、妥当性・整合性は高い。事業期間は計画を若干上回ったが事業費は計画内に収まったため、効率性は高い。本事業の目的である「南回廊道路沿道地域の円滑な交通の実現」と「地域経済の発展・二国間及び近隣諸国との交通・貿易の促進に寄与」は概ね計画どおりに達成されたことから、有効性・インパクトは高い。本事業の運営・維持管理はマリの政情不安を背景に財務面に一部問題があることから、本事業によって発現した効果の持続性はやや低い。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関への提言

なし。

4.2.2 JICA への提言

なし。

4.3 教訓

なし。

5. ノンスコア項目

5.1 適応・貢献

5.1.1 客観的な観点による評価
なし。

5.2 付加価値・創造価値

なし。

以上

0. 要旨

本事業は、ニオス湖とマヌン湖のガス災害に関する日本人科学者とカメルーン国立地質鉱物資源研究所（Institute of Geological and Mining Research、以下「IRGM」という。）の科学者による国際共同研究を通じて、同国の科学者により研究活動が自立的に実施されるようになり、IRGMと市民保護局（Division of Civil Protection、以下「DPC」という。）が連携してガス災害や防災に関する研究成果を地域住民に発信することを目的に実施された。

本事業の目的は、カメルーン政府の政策上の優先度と合致し、対象湖の残存CO₂量を継続的に観測するニーズも認められ、妥当性は高い。また、本事業の目的は日本政府の対カメルーン開発協力方針と合致し、防災管理におけるJICAの他事業との連携やガス抜きパイプ設置と設置後のガス抜き効果のモニタリングにおける他の支援機関との連携がみられ、整合性も高い。事業の実施により多数の論文発表という国際共同研究としての成果は十分に発現したものの、IRGMによる分析機材の活用が十分ではなく、「カメルーン研究者による自立的な湖水爆発の研究」というプロジェクト目標の達成は限定的であった。また、ガス災害に関する研究成果を市民に発信するという社会実装は事業完了後、目立った実績がなく、有効性・インパクトはやや低い。カウンターパート資金の支出や機材の供与の遅延が、機材の活用など一部の成果の達成に影響したものの、事業期間、日本側の事業費は計画内に収まり、効率性は高いと判断した。本事業で発現した効果の持続には技術、運営維持管理状況について一部軽微な問題はあるが、2022年度に予定されている湖のガス抜きシステムと湖水モニタリング再開のための機材調達及び技術者派遣で構成されるフォローアップ協力を通じて、主要機材が活用され、湖の観測や試料の分析の再開が期待される点において改善・解決の見通しが高いといえることから、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

1. 事業の概要



事業位置図（出典：終了時評価報告書）



ニオス湖に設置されたガス抜きパイプから放出される深層湖水

（出典：
<https://www.jica.go.jp/oda/project/1000710/index.html>）

1.1 事業の背景

カメルーン北西部において、1984年にマヌン湖、1986年にニオス湖で、湖からの二酸化炭素（CO₂）の大量噴出による災害が発生し、多数の住民や家畜の命が奪われた。1984年のマヌン湖の爆発では死者37名、1986年のニオス湖の爆発では1,746名、家畜約3,000頭が死亡した。ニオス湖の周辺は居住禁止となり、近くを通る道路も通行禁止となった。このような状況のもと、カメルーン政府の要請を受け、2011年4月から2016年3月まで、IRGMをカウンターパート研究機関、東海大学を日本側研究機関代表として、「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）として技術協力プロジェクトが実施された。

1.2 事業の概要

上位目標 ¹	IRGM と災害管理を管轄する DPC との連携による IRGM の研究成果を活用したガス災害や防災に関する地域住民への情報発信	
プロジェクト目標 ²	日本とカメルーンの科学技術協力を通じて、ニオス湖及びマヌン湖におけるガス災害に関連する研究活動が、カメルーン側科学者により自立的に実施されるようになる。	
成果	成果 1	湖水爆発のメカニズムに関する理解が深まる。
	成果 2	ニオス湖、マヌン湖への CO ₂ 供給プロセスに関する理解が深まる。
	成果 3	ニオス湖、マヌン湖周辺の水理地質特性に関する理解が深まる。
	成果 4	CO ₂ 供給系における水-岩石相互作用に関する理解が深まる。
	成果 5	ニオス湖、マヌン湖における湖水爆発の監視体制が構築される。
	成果 6	マヌン湖において湖水中の CO ₂ の蓄積を防止する深層水排除のための実験システムが導入される。
	成果 7	ニオス湖、マヌン湖周辺及びその他のカメルーン火山列の噴火活動の履歴に関する理解が深まる。
	成果 8	カメルーン火山列にあるニオス湖、マヌン湖以外の湖における CO ₂ の分布に関する理解が深まる。
	成果 9	科学的なモニタリングの成果が、組織的に DPC と共有される。
日本側の事業費	420 百万円	
事業期間	2011 年 4 月～2016 年 3 月	
事業対象地域	ニオス湖及びマヌン湖	
実施機関	IRGM	
その他相手国協力機関など	経済・計画・国土整備省 (Ministry of Economy, Planning and Regional Development: MINEPAT)、地域行政・地方分権省 (Ministry of Territorial Administration : MINATD)、科学研究イノベーション省 (Ministry of Scientific Research and Innovation : MINRESI) 、DPC	
わが国協力機関	東海大学 (研究代表機関)、東京大学、大阪大学、富山大学、熊本大学、東京工業大学	

¹ 本事業では上位目標は設定されていなかったため、評価者が情報を整理し、上記を上位目標とすることを提案し、関係者の同意を得た。

² プロジェクトデザインマトリックス (PDM) のプロジェクト目標は「日本とカメルーンの科学技術協力を通じて、ニオス湖及びマヌン湖におけるガス災害に関連する研究活動と、その成果の防災への活用が、カメルーン側科学者により自立的に実施されるようになる」である。通常、SATREPS プロジェクトでは、社会実装を上位目標としている。事後評価において、評価者は PDM のプロジェクト目標の「その成果の防災への活用」は社会実装に相当するものとして解釈し、「その成果の防災への活用」をプロジェクト目標ではなく上位目標として評価することを提案し、関係者の合意を得た。

関連事業	<p>【他機関の案件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <i>Security and Socio-economic Reintegration of Lake Nyos Area</i> (UNDP、EU、2008～2013) ● <i>Natural Disaster Management and Civil Protection Project</i> (AFD) ● <i>Lake Nyos Dam Reinforcement Project</i> (EU)
------	--

1.3 終了時評価の概要

1.3.1 終了時評価時のプロジェクト目標達成見込み

プロジェクト目標はある程度達成されることが見込まれていた。5つの指標のうち、2つの指標（コミュニケーション、試料分析の外部受託による資金調達）は達成、3つの指標（指示書の作成、観測・分析機材の適切な使用、水・岩石の試料の分類管理）は一部未達成であった。

指示書に関して、簡易版ユーザー・マニュアルはほとんど整備されていたが、観測活動に関する指示書の作成は未完であった。主要分析機材に関しては、原子吸光分析器（AAS）³、同位体分析装置（Picarro）⁴、カーボンアイソトープアナライザー（13C Analyzer）⁵の使用やマルチビーム・ソナーのデータ処理が十分でないとされた。残り期間で指示書の整備と一部の分析機材の追加研修を行うことにより未達成の指標の達成が期待された。

「水と岩石試料の分類管理」は、IRGMが試料庫のデザインを準備し、日本人専門家により試料のカタログ作りに関する助言が行われた。世界銀行の資金支援により試料を保管する倉庫の改修が実施されれば当該指標が達成することが見込まれていた。

1.3.2 終了時評価時の上位目標達成見込み（他のインパクト含む）

本事業には上位目標は設定されていなかったが、インパクトの一つである社会実装に関しては、湖水爆発のメカニズムに関するプロジェクトの知見が湖付近の住民と共有されるならば、比較的高いと見込まれていた。

1.3.3 終了時評価時の提言内容

（1）事業完了まで取るべき措置

- カウンターパート資金の残額の支出：MINEPAT と財務省に対して、支出が計画の6割にとどまっていた同資金の残額の確実な支払いが強く要請された。
- 未達成の指標のフォロー：観測活動の指示書の完成と活用が限定的であった。供与

³ 水に溶けている微量の金属系陽イオンを分析する機材。地下水に含まれる有害な重金属等の分析に用いられる。カメルーンにおいては水資源の開発は重要な社会的課題であり、順調に稼働すれば多くの依頼分析が期待される。（出所：JICA 提供資料）

⁴ 水素や酸素の同位体比を分析することにより、水の起源を推定することに用いられる機材。水質調査に欠くことのできない機材であり、水資源開発を目的とする水文学的調査には必須の分析項目であり、順調に稼働すれば多くの依頼分析が期待される。（出所：JICA 提供資料）

⁵ カーボンアナライザーはCO₂の起源を推定するために使用されるもので、マグマに起源するCO₂を特定することが可能であり、火山活動の監視に必須である。（出所：JICA 提供資料）

機材の使用・維持管理の観点から、外部委託分析受注増加に加え、IRGMの技術者が主要機材の使用に関して追加の訓練を受けることが望ましいとされた。

- 投入の成果への還元：終了時評価時点では長期研修生5名のうちIRGM所属の研修生は1名であった。研究成果が湖の観測や災害リスク軽減に活用されるために、長期研修生の能力が十分に活用されるような措置を講じることが望まれた。
- 持続性の向上：活動の成果を維持するために、本事業により開発・強化された能力やネットワーク（日本人研究者とのネットワークや長期研修生とのネットワーク等）を維持・発展させることが望ましいとされた。

（2）事業終了後取るべき措置

- 事業の成果の活用：IRGMを含むカメルーン側関連機関は観測継続のための必要予算を確保し、ガス抜きのための追加手段を講じ、湖の安全性確保のために事業で得られた成果を活用することが強く推奨された。
- 組織能力の強化：移転した知識・技術の効果的活用のため、組織内で知識を共有するためのメカニズムの構築（定例セミナーの開催や指摘されている指示書の整備や、IRGM本部とラボラトリー間のミーティングの継続等）や湖の観測・データ分析のための人的・財政的資源の確保が望まれた。
- 本事業の研究メンバー間の湖の観測データの共有：湖の観測から得られたデータは本事業に関わる研究メンバーにとって価値がある。データを活用してさらなる研究成果を生み出すために、プロジェクト終了後も本事業の研究メンバー間でデータを共有することが推奨された。
- 災害リスク軽減のための枠組みの強化：災害リスクを軽減するために事業終了後、関係者間で効果的な枠組みを構築することが望ましいとされた。

2. 調査の概要

2.1 外部評価者

浜岡真紀（一般財団法人国際開発機構）

2.2 調査期間

今回の事後評価にあたっては、以下のとおり調査を実施した。

調査期間：2021年11月～2022年12月

現地調査補助員による現地調査：2022年3月～2022年7月

2.3 評価の制約

（1）2017年10月以降、ニオス湖が位置する北西州を含む英語圏で英語圏独立を掲げる分離独立派と治安当局との衝突が多発し、民間人を含めた多数の死傷者が発生していた。外国人が誘拐・殺害される事件も発生しており、事後評価時点の外務省の海外安全情報によれば

北西州への渡航は渡航中止勧告が継続中である。上記地域への渡航は、カメルーン人にとっても危険であった。そのため、現地調査補助員は実地でニオス湖の現状を確認することができなかった。また、また、ニオス湖近隣に以前居住していた住民に対する情報発信に関する調査は、元住民の多くが現在居住するバメンダ市で行ったが、実施中にプロジェクトが主催した住民対象のワークショップの参加者を探すことは困難であり、ヒアリング対象が限定的となった。

(2) マヌン湖に関しては、近隣の住民がカメルーン政府が災害対策においてニオス湖を優先しているとの認識のもと政府に不満を抱き、本事業がマヌン湖に設置した気象観測ステーションのケーブルを切断するといった行為もみられた。事後評価においても現地調査補助員によるマヌン湖への踏査や近隣住民へのヒアリングは、軍隊の護衛を得て実施したものの、住民から情報を得るのは容易ではなかった。

3. 評価結果（レーティング：B⁶）

3.1 妥当性・整合性（レーティング：③⁷）

3.1.1 妥当性（レーティング：③）

3.1.1.1 開発政策との整合性

事前評価時において、カメルーン政府は「貧困削減戦略ペーパー (*Poverty Reduction Strategy Paper*)」(2003) において、6つの軸のうち第4の軸「経済インフラと自然資源の整備」において防災に対する取り組みを明記していた。また、ニオス湖におけるガス災害を防災上の重要課題と認識し、国家政策「ニオス湖の安全と復旧に関する国家プログラム (*National Program for the Rehabilitation and Security of the Nyos Zone*)」(2008) の下で、湖水のガス抜きや被災者支援に取り組んでいた。

事業完了時においては、PRSP の後継政策である「成長と雇用のための戦略文書 (*Growth and Employment Strategy Paper*)」(2009) においてカメルーン政府の開発計画における防災やガス災害の位置づけは確認できなかったものの、上記の「ニオス湖の安全と復旧に関する国家プログラム」が継続していたことから、事業完了時においても、カメルーン政府は政策上、ガス災害への取り組みに重点を置いていたと判断する。

以上より、本事業は、事業開始時から事業完了時まで本事業が目指すガス災害の研究を通じた防災への取り組みは国家プログラムとして継続し、カメルーン政府の政策上の優先度と合致していた。

3.1.1.2 開発ニーズとの整合性

上述のとおり、多数の犠牲者を出したカメルーンのニオス湖、マヌン湖周辺地域では、事前評価時点においても避難生活を送る住民の存在や、ニオス湖周辺の環状道路の通行止めなど、地域社会・経済への影響も深刻であった。本事業は、研究やモニタ

⁶ A：「非常に高い」、B：「高い」、C：「一部課題がある」、D：「低い」

⁷ ④：「非常に高い」、③：「高い」、②：「やや低い」、①：「低い」

リングから得られる科学的知見を活かし、防災にフィードバックすることによって、火口湖ガス災害による人的・社会的被害の軽減に資する事業としてカメルーンの社会ニーズに合致していた。また、ガス災害を起こす湖は世界で3つしか発見されておらず、ガス災害は極めて特異な災害であり、過去に外国人研究者による研究が行われてきたものの、そのメカニズムは十分に解明されていなかった。さらに、外国人研究者はデータを国外に持ち出してしまい、研究やモニタリングを自立的に継続できるようなカメルーン側研究者の育成が進んでいないという課題も残されていた。火口湖へのCO₂の供給は継続しており、カメルーン国研究者による持続的、自立的な研究やモニタリングが実施できる体制を整備する必要があり、本事業を通じた人材育成はカメルーンのニーズと整合していた。

事業実施中に両湖の残存CO₂量を計測した結果、ニオス湖では2011年にガス抜きパイプを設置した後にCO₂量が急速に減少し(年間1.44 Gmol)、2013年に3本のガス抜きパイプが稼働し始めると減少量は2倍になったことが確認された。しかしながら2014年には減少量は3分の1(年間0.5 Gmol)まで低下していた。マヌン湖では、残存CO₂量が2011年から2014年にかけて増加し、2015年に減少した。このように両湖の残存CO₂量の変化は予測がつかないことから、完了時点においても定期的な観測は必要であった。

以上より、事前評価時から事業完了時まで、本事業はカメルーンの開発ニーズと整合していたと判断できる。

3.1.1.3 事業計画やアプローチ等の適切さ

本事業は案件要請当時、環境社会配慮ガイドラインは適用されていなかったが、本事業は、ガス災害によって避難を余儀なくされたニオス湖やマヌン湖周辺地域の安全確保を念頭に置いて案件を形成した点において、社会的弱者への配慮や公平性の観点に配慮した事業だったといえる。

本事業は、事業計画やアプローチの適切さにおいて以下のような課題が散見された。

- 事業実施中に使われていたPDMのプロジェクトの要約の成果とプロジェクト目標が論理的に構成されていなかった。また、プロジェクト目標と成果の指標はプロジェクトの要約で示された目標を的確に評価する指標として適切でないものが含まれ、PDMに沿って評価するのは困難であった。そのため、事後評価において上位目標、プロジェクト目標、成果の指標の見直しが行われた。
- 「3.2.2 インパクト」で後述のとおり、研究成果を防災のために活用する社会実装に関して、事後評価時点で成果は確認できなかった。中間レビューで社会実装に向けた準備不足が指摘されたにもかかわらず、その時点で詳細なコンポーネントが策定されなかった。さらに、終了時評価時点においても事業完了後に実行しうる社会実装の枠組みが構築されていなかった。このように実施中に社会実

装のための体制が構築されていなかったことが事後評価時点において社会実装の成果が発現していない要因として考えられた。

上記のような課題はみられたが、本事業は SATREPS 初期の案件であったため事業の関係者が社会実装の具体的なイメージを持っていなかった点はやむを得なかったこと、本事業は学術誌における論文発表や国際会議で発表等、国際共同研究として多くの成果を産み出したことから、計画と実施との間に非常に大きな差異があったとは判断しなかった。したがって、事業計画やアプローチの適切さは妥当性の評価判断に加味しなかった。

3.1.2 整合性（レーティング：③）

3.1.2.1 日本の開発協力方針との整合性

JICA の事業展開計画（2009 年）における対カメルーン支援の重点分野は、①人的資源開発、②経済開発、③農漁村／農村開発であった。本事業は、カメルーンの研究者の人材育成を行うとともに、ニオス湖、マヌン湖周辺の災害管理の向上を通じて地域開発・経済開発にも貢献するものとして、これら援助重点分野に合致していた。

また、日本政府は、ODA を通じた防災分野における開発途上国支援の基本方針として 2005 年 1 月に「防災協カイニシアティブ」を発表しており、同イニシアティブでは、「具体的な取組」として、火山等の危険を観測・予測する技術、及び災害リスク評価の技術等に係る人づくり支援などを挙げていた。

さらに、日本国内では科学技術に関する外交の強化や科学技術協力における ODA 活用の必要性・重要性が謳われてきていた。内閣府総合科学技術会議が取りまとめた「科学技術外交の強化に向けて」（2007 年 4 月、2008 年 5 月）や、2007 年 6 月に閣議決定された「イノベーション 25」において途上国との科学技術協力を強化する方針が打ち出された。

以上より、本事業の目的は、日本の援助政策ならびに日本政府の科学技術政策に合致していた。

3.1.2.2 内的整合性

2015 年 6 月 22 日～8 月 1 日に神戸で実施された JICA の課題別研修「コミュニティ防災」に IRGM から 1 名、DPC から 1 名が参加した。同研修で作成したアクションプランを実行する形で、上記 2 名が中心となり、2016 年 2 月、ニオス湖、マヌン湖周辺地域の住民対象としたワークショップが開催され、本事業の研究成果として湖水爆発のメカニズム、湖水爆発の予兆時に取るべき行動などが説明された。このように本事業と研修事業との相互連関が確認された。

3.1.2.3 外的整合性

カメルーン政府はニオス湖周辺の安全の確保と避難民の帰郷、そして地域の復興を

目的として、「ニオス湖安全対策・社会経済復興国家プログラム」を策定し、2008 年に UNDP と EU の協力を得て 5 年間の「ニオス湖地域の安全確保と社会経済再統合プロジェクト (*Project for Security and Socio-economic Reintegration of Lake Nyos Area*)」を立ち上げた。このプログラムの中で 2 本のガス抜きパイプの増設はニオス湖災害対策の柱であった。事前評価時点でガス抜きパイプは調達中であった。ガス抜きパイプ設置後の観測やモニタリングはこのプログラムの計画に含まれておらず、本事業の成果 5 でガス抜きパイプ設置の効果をモニタリングした。

そのほか、カメルーン山周辺地域とマヌン湖周辺地域を対象として、防災・緊急対策能力の向上を図ることを目的としたリスクゾーンの特定等のマッピング、規制制度の設計、防災計画策定をフランス政府が支援した「*Natural Disaster Management and Civil Protection Project*」や EU 支援の「*Lake Nyos Dam Reinforcement Project*」⁸など他ドナーにより様々な支援が実施されたが、これらは本事業と特段の連携はなかった。

本事業は、カメルーン政府の開発計画や開発ニーズと整合していた。整合性に関しては、本事業の目的は事前評価時の日本政府の対カメルーン支援方針と合致し、JICA の他の事業や他の援助機関との連携が確認できた。以上より、妥当性・整合性は高い。

3.2 有効性・インパクト⁹ (レーティング：②)

3.2.1 有効性

「2. 3 評価の制約」で述べたとおり、事業実施中の PDM はプロジェクトの要約のロジックや指標に関して論理的でない点があった。そのため、事後評価に際し、評価者は下図のようにインプット→成果→アウトカムのロジックを整理し、指標を見直した。

⁸ ニオス湖の縁を形作っている天然ダムの決壊を防ぐため、水位上昇時に湖水を適切に排水する施設を建設したプロジェクト。

⁹ 有効性の判断にインパクトも加味して、レーティングを行う。

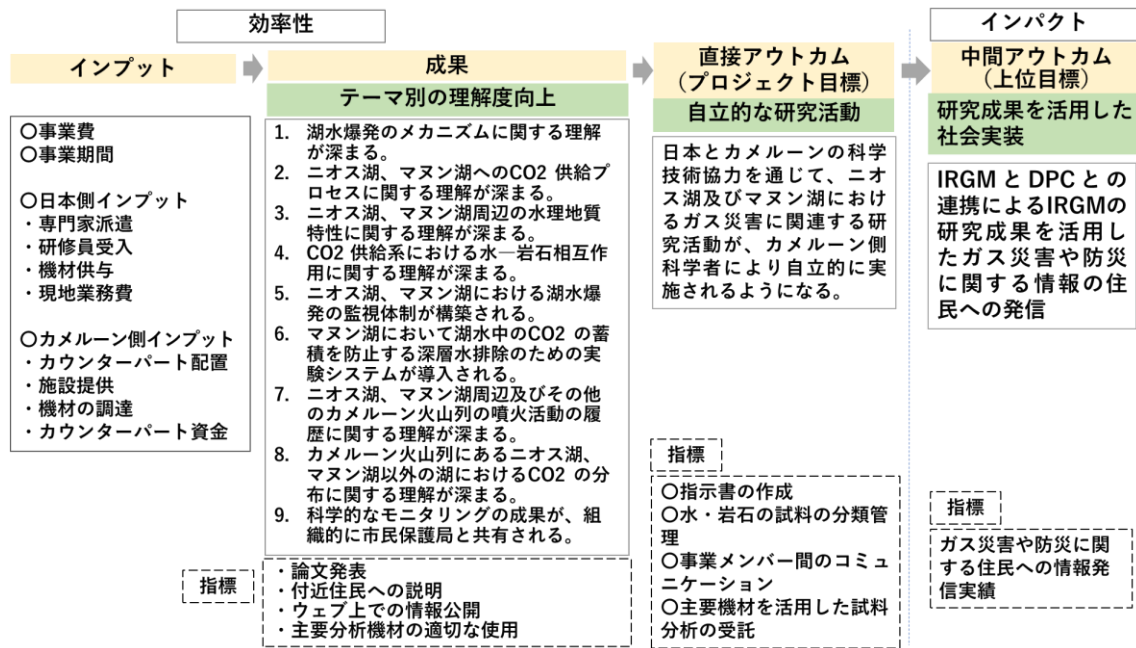


図1 事後評価において整理された本事業のロジック

出所：終了時評価報告書及び質問票回答に基づき評価者作成

3.2.1.1 成果

上述の事業のロジックの整理のとおり、当初のプロジェクト目標の指標の一つ「適切な機材の使用」は、プロジェクト目標の指標としてではなく、投入（機材供与）がアウトプット（供与された機材が適切に使用されるようになる）に転換されたかをみる指標として評価した。適切な機材の使用の評価は、本事業で供与された機材の中で特に重要とされ、外部からの試料の分析受託にも活用される主要機材4点を対象とした。4点の機材は、①イオンクロマトグラフ（IC）、②カーボンアイソトープアナライザー（13C Analyzer）、③原子吸光分析器（AAS）、④同位体分析装置（Picarro）である。

成果の達成状況を以下に示す（成果ごとの達成状況は別紙1を参照）。

- 事業完了までに日本人専門家とカメルーン研究者により31本の論文が作成された。このうちの1本はNature系列の学術誌（Scientific Report）に掲載されるなど、カメルーン人科学者の評価を高めることにも貢献した。
- これらの論文発表は、日本人専門家の派遣や本邦研修、機材供与などの投入を通じて、IRGM研究者及び技術者の湖水観測やデータ分析能力が強化され、湖水爆発のメカニズムや湖への二酸化炭素供給プロセス等に関する理解を深めた国際共同研究の賜物といえる。
- 主要分析機材に関しては、供与の遅延や供与後の故障などにより、事業完了時点において、主要機材4点のうち3点はIRGM技術者が自立的かつ適切に使用できるようになっていなかった。

表1 事業完了時点の主要機材の使用状況

機材名	状況
IC	IRGM スタッフによって問題なく活用でき、技術的な課題はなかった。
AAS	<ul style="list-style-type: none"> 2013年12月設置時にメーカー技術者がIRGM技術者に操作を指導。設置は事業開始の2年8カ月後であり遅延が認められた。 2014年10月～11月に約1カ月、東海大特定研究員がIRGMの技術者に原子吸光分析器の使用法を集中的に指導した。さらに、東海大に長期研修員として派遣されていたIRGMの研究者が日本国内のメーカーでAASの操作を習得した。 2015年に故障し6カ月間使用不能だった。終了時評価点ではカウンターパートは使用にやや不安あると回答した。
Picarro	事業開始時は問題なく運用されていた。電気系統・維持管理の問題により少なくとも2年間使用できなかった。
13C Analyzer	機材は事業開始後、3年8カ月が経過した2014年12月に供与された。この遅延に加え、分析に必要なガス試料がないため、機材は訓練を除き使用されなかった。

出所：終了時評価報告書を基に評価者作成。

3.2.1.2 プロジェクト目標達成度

事業完了時点のプロジェクト目標の達成度を表2に示す。

表2 プロジェクト目標の達成度

目標	指標	実績	達成状況 (サブ レー ティ ング) ^注
プロジェクト目標 日本とカメルーンの 科学技術協力を通じ て、ニオス湖及びマ ヌン湖におけるガス 災害に関連する研究 活動が、カメルーン 側科学者により自立 的に実施されるよう になる。	指標1 以下の項目に関する 指示書 (An operational direction) が IRGM 内 に整備されること <ul style="list-style-type: none"> 湖の観測 湖、泉、井戸、雨水 及び河川水の試料 採取 水質分析 ガス分析 機材の認証 	<p><ほぼ達成></p> <ul style="list-style-type: none"> 終了時評価時点では、主要分析機材の簡易版ユーザ ー・マニュアルはほとんど整備されていたが、湖の観 測に関する指示書は作成されていなかった。終了時 評価では、IRGM がそれまでに実施した観測活動に 沿って指示書を作成し、必要に応じて改訂すること が提言に盛り込まれた。 2020年1月に実施されたフォローアップ調査では 「SOPs」の問題は、IRGM の中には残っていなかつ たことから、同調査団は指示書のフォローは不要と 判断した。 観測活動の指示書は作成されなかったが、IRGM の 観測活動に支障はない。 知識の蓄積を目的とする指示書作成は、必要な知見 は事業実施中に研究者に蓄積され、達成したと判断 した。ただし知識移転を目的とする指示書は作成さ れていない。 	③
	指標2 水・岩石の試料の分類 管理	<p><達成度は限定的></p> <ul style="list-style-type: none"> PDM におけるこの指標の確認手段は「水や岩石試料 を GIS 情報で分類・管理するラボラトリー内の整理 棚」である。しかしながら、整理棚のみでは、達成状 況は確認できないことから、事後評価では「IRGM ス 	②

		<p>スタッフが水・岩石の試料を体系的に分類管理できるようになったか」を確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> IRGM のラボラトリーの地下に試料庫を整備するために、プロジェクトは試料庫のデザインを準備した。試料庫は世界銀行の資金支援による「<i>Projet de Renforcement des Capacités dans le Secteur Minier (Project for Capacity Building in the Mining Sector)</i>」内で改装される見込みであったが、同プロジェクトの主管は IRGM から鉱山エネルギー省に移管され、試料庫の改装は実施されなかった。 事業実施中、日本人専門家は収集した水及び岩石の試料のカタログを作り、試料を整理して地下倉庫に保管した。しかしながら、IRGM 関係者は系統だった分類管理 (Systematic Storage) についてあまり認識していなかった。また日本人研究者は助言をしたが、技術移転に関する具体的な活動記録はなく、評価者は、研究活動の自立的な実施という目標においてこの指標の達成度は限定的だったと判断した。 	
	<p>指標 3 事業メンバー間のコミュニケーション</p>	<p><達成></p> <ul style="list-style-type: none"> PDM 上の当該指標の確認方法は「インターネット上のグループウェアの活用」であった。事後評価では、指標の意図はグループウェアの活用よりも、事業メンバー間、あるいは IRGM の研究者間の情報共有や意見交換と解釈して実績を確認した¹⁰。 中間レビューは事業メンバー間のコミュニケーションの改善を提言に含んでいた。中間レビュー以降、IRGM 本部とラボラトリーの代表者、事業の業務調整員の間で月例会議が開催されるようになり、事業メンバー間の情報共有や事業に関する議論がなされるようになった。 終了時評価時点では、事業メンバー間のコミュニケーションは大きく改善されていた。グループウェアは利用されなかったが、メーリングリスト、ウェブサイト、セミナー等を通じて様々な方法でコミュニケーションの改善が図られた。 	③
	<p>指標 4¹¹ 主要機材を活用した試料分析の受託</p>	<p><達成度は限定的></p> <ul style="list-style-type: none"> 主要分析機材 4 点のうち 3 点は事業完了時までに IRGM 技術者が自立して使用できるようにはならなかった。そのため、外部から受託可能な試料の分析は限定的であった (表 3 参照)。特に、Picarro、AAS については、事業実施中の練習用の使用や他の研究プロジェクト以外に同機器を用いた分析実績がない (表 4 参照)。 	②

出所：終了時評価報告書、実施機関質問票回答、元専門家質問票回答を基に評価者作成

¹⁰ 2013 年に実施された中間レビューでは、事業における内部会議が実施されていないことが円滑な活動の実施、ひいては成果の発現を妨げた可能性が指摘された。そのため、情報共有、検討、意思決定、問題解決、フィードバックの観察のため、プロジェクトマネージャー、研究者、技術者、業務スタッフも含めたすべての事業メンバーで定期的な会議を行う必要がある。上記に加え、日本側、カメルーン側両者の代表者間のみならず、調査研究者間のコミュニケーションやネットワーキングもインターネットやメールなど効果的な手段を使って強化されるべきとの提言がなされた。これらの提言の内容を踏まえ、事後評価において評価者は当該指標を、手段を問わず事業メンバー間のコミュニケーションの改善と解釈した。

¹¹ 当初、当該指標は「主要分析・観測機器の適切な使用」であった。事後評価においては、これは成果レベルの指標として整理し、成果を通じて達成されるプロジェクト目標を外部からの試料の委託分析の受託とした。

注：④（指標は計画以上に達成された）、③（概ね計画どおりに達成された）、②（達成は限定的であった）、①（達成されなかった）

表 3 試料分析の受託件数

	←事業実施中（2011.4～2016.3）→						←事業完了後（2016.3以降）→					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
大学	51	21	7	37	128	342	366	185	218	4	38	117
SATREPS	0	0	0	0	30	72	0	0	0	0	0	0
その他	131	147	131	149	280	236	152	451	174	122	137	209
合計	182	168	138	186	438	650	518	640	392	126	175	326

出所：実施機関提供資料

表 4 機材別試料分析数

Item	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
IC	0	0	30	650	518	636	392	126	175	326
AAS	-	-	0	0	0	4	0	0	22	11
Picarro	(10)	0	0	(10)	0	0	0	0	0	0
¹³ C Analyzer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

出所：実施機関提供資料

プロジェクト目標は、4つの指標のうち2つの指標（指示書の整備、コミュニケーション）は達成もしくはほぼ達成したものの、2つの指標（水・岩石の試料の分類管理、主要機材を活用した試料分析の受託）の達成度は限定的であった。中でも、「マヌン湖とニオス湖に関するガス災害に関する自立的な研究」というプロジェクト目標に対して、重要度が相対的に高いと思われる主要機材を活用した試料分析の受託は、「3.2.1.1 成果」で述べたとおり、機材調達の遅れとラボラトリーの設備・管理の強化の遅れという投入の遅延が成果として期待された供与機材の適切な使用に影響したことから達成度が限定的であった。以上より、プロジェクト目標の達成は計画と比して一定程度しか確認できなかった。

3.2.2 インパクト

3.2.2.1 上位目標達成度

上位目標の達成度は、以下に示すとおり、限定的である。

表5 上位目標の達成度

目標	指標	実績
上位目標 IRGM と災害管理 を管轄する行政機 関 (DPC) との連携 による IRGM の研 究成果を活用した ガス災害や防災に 関する住民への情 報発信	ガス災害や防災に関 する住民への情報発 信の実績	<p><達成度は限定的></p> <p>2016年2月に対象湖のガス災害の実態や防災知識の啓発を主目的としたワークショップ「Nyos and Monoun Community Enhancement for Disaster Risk Awareness」が開催され、ゾア市（ニオス湖）で137名、クタモ市（マヌン湖）で145名が参加した。このワークショップは、2015年度 JICA 課題別研修「コミュニティ防災」に参加した2名が研修で作成したアクションプランとして実施された。参加者には、湖水爆発のメカニズムや緊急時取るべき行動などをプロジェクトがイラスト入りでわかりやすくまとめた住民の意識啓発用のリーフレットが配布された¹²。リーフレットは7000冊作成され、ワークショップ後、リーフレットの残部6500冊は、上記2名がアクションプランを継続する際に活用する計画であった。しかしながら、両名の離職・退職によりアクションプランは継続されなかった。事後評価時点で、残部6500冊はDPCに400冊、JICA カメルーン事務所に10冊、残りはIRGMに保管されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2016年のDPC局長交代以降、IRGMとDPCの連携はほとんどなくなった。 • 2022年3月、本事後評価の現地調査補助員がニオス湖近郊のバメンダ市において6名、マヌン湖近郊のクタモ市において9名、計15名の住民に聞き取りを行った。このうち4名はワークショップに参加し、ワークショップ後に村の住民集会、女性集会、家族にリーフレットの内容を説明したことが確認されたが、2016年3月の事業完了以降、IRGMやDPCによる湖水爆発に関連した情報は発信されていないようであった。

出所：実施機関からの質問票回答、現地調査補助員による現地調査結果を基に評価者作成

3.2.2.2 成果・プロジェクト目標の発現状況

表6に示すとおり様々な分野におけるIRGMと複数の日本側研究機関との共同研究は、事業完了以降も継続している。事業完了後に発表された論文は計30本に達するなど共同研究の成果は継続している。

観測湖の観測に関しては、ニオス湖、マヌン湖ともに治安上の問題から活動が困難となり、モニタリングを始め各種活動は行われていない¹³。

外部からの分析依頼はプロジェクト実施後半から増加し、2018年～2020年は減少に転じたが、2021年以降、増加しつつある（表3参照）。

¹² リーフレットの配布部数は本事業の関係者に照会したが情報は得られなかった。

¹³ マヌン湖は治安の問題がある地域ではないが、住民がニオス湖の安全対策が優先されていると認識し、政府に不満を抱き、マヌン湖におけるIRGMの観測活動を妨害していた。実際、本事後評価時の現地調査補助員による現地調査も兵士が護衛につき、落ち着いて住民にヒアリングできる状況ではなかった。

表6 事業完了後の成果の発現状況

成果	完了後～事後評価までの効果の継続状況
成果1 湖水爆発のメカニズムに関する理解が深まる。	<成果の発現は継続している> <ul style="list-style-type: none"> 2017年に日本人研究者とIRGM研究者の共著で3本論文が発表された。
成果2 ニオス湖、マヌン湖へのCO2供給プロセスに関する理解が深まる。	<成果の発現は継続している> <ul style="list-style-type: none"> 2017年に論文発表 大阪大学の研究資金により共同研究を継続 CO2モニタリング手法が防災目的で活用されている。
成果3 ニオス湖、マヌン湖周辺の水理地質特性に関する理解が深まる。	<成果の発現は継続している> <ul style="list-style-type: none"> 東京大学による国際誌への投稿 東京大学による国際学会での発表
成果4 CO2供給系における水-岩石相互作用に関する理解が深まる。	<成果の発現は継続している> <ul style="list-style-type: none"> 富山大学とIRGMの間でCO2ガス放出シミュレーションコードに関する情報交換
成果5 ニオス湖、マヌン湖における湖水爆発の監視体制が構築される。	<成果の発現は限定的> マヌン湖については事業実施中に付近の住民によってケーブルが切断されて以来、気象観測ステーションは利用されていない。ニオス湖は、北西部州の情勢不安のため、IRGMが機材の状況を確認できていない。
成果6 マヌン湖において湖水中のCO2の蓄積を防止する深層水排除のための実験システムが導入される。	<継続中> <ul style="list-style-type: none"> マヌン湖に設置された左記装置は2017年に故障したが、IRGMによって修理され、2022年現在も活用されている。 2017年に論文が1本発表された。
成果7 オク火山群のマグマ供給系の理解が深まる。(東工大)	<継続中> <ul style="list-style-type: none"> 科学研究費助成事業による科研費により共同研究を継続している。 論文は2018年に1本、2019年に1本論文が発表された。 本成果のIRGM側の研究者はプロジェクト終了後、1年間のポスドク雇用(東大地震研)を経てカメルーン帰国後は、カメルーン鉱物資源工業技術開発省にて大陸内マントルプレュームに関する研究や若手の育成を主導。2020年10月より1年間、東大地震研の客員研究員として再来日し、共同研究を継続。
成果8 カメルーン火山列にあるニオス湖、マヌン湖以外の湖におけるCO2の分布に関する理解が深まる。	<継続中> <ul style="list-style-type: none"> 熊本大学の研究資金により共同研究を継続している¹⁴。 科研費により共同研究を継続している。 東京大学地震研究所の客員研究員・客員教授制度により茨城大学准教授とIRGMの研究者が共同研究を継続している。
成果9:科学的なモニタリングの成果が、組織的に市民保護局(DPC)と共有される。	<継続していない>「3.2.2.1 上位目標達成度」参照

出所：JICA 提供資料、実施機関質問回答を基に評価者作成

以上より、事業実施により得られた科学的知見はそれぞれの分野を担当した研究機関との共同研究が継続し、共著での論文や学会発表など成果は継続している。しかしながら、研究成果を地域住民に還元するという社会実装に関しては、社会実装を実行するための実施体制や具体的な計画が事業実施中に十分に検討されていなかったことや事業完了以降、IRGMとDPCの関係が希薄になったことなどに起因し、効果は発現していなかった。以上

¹⁴ 出所：JICA 提供資料

より、上位目標の達成は計画と比して一定程度しか確認できなかった。

3.2.2.3 その他、正負のインパクト

1) 自然環境へのインパクト

本事業の案件要請当時、環境社会配慮ガイドラインは適用されていなかった。事後評価時点では自然環境へのインパクトは報告されていない。

2) 住民移転・用地取得

本事業は、住民移転・用地取得を伴わなかった。防災の観点からの住民への情報周知としては、2013年11月ウム市（ニオス湖）、クタモ市（マヌン湖）で住民説明会が実施され、2016年2月に対象湖のガス災害の実態、防災知識、緊急時の対策などの意識啓発を目的としたワークショップが開催された。

3) ジェンダー、公平な社会参加を阻害されている人々、社会的システムや規範・人々の幸福・人権、その他

特になし。

4) その他正負のインパクト

熊本大学グループの研究（カメルーン火山列の火口湖周辺における噴火活動履歴の解明）で示されたマール火山の噴火推移モデルは、現在実施中の日本の火山の総合的活動評価や防災対策プロジェクト（文部科学省 次世代火山研究・人材育成プロジェクト）に貢献している。

本事業の実施による効果発現は計画と比して一定程度しか確認できず、有効性・インパクトはやや低い。プロジェクト目標については、「自立的な研究」という目標に対して指標の中で重要度が高いと思われる「主要機材を活用した試料分析」が十分ではなく、また「試料の分類管理」も目立った成果が確認できず、達成度は限定的であった。上位目標の達成状況については、IRGMとDPCが連携して湖水爆発に関する情報を発信する体制が構築されず、研究成果の住民へ還元されていないことから発現していないと判断した。

3.3 効率性（レーティング：③）

3.3.1 投入

投入要素	計画	実績（事業完了時）
(1) 専門家派遣	長期専門家 1 名（業務調整） 短期専門家約 12 名/年次×5 年次 （チーフ・アドバイザー、地球化学、火山学、岩石学、地質学、地理学、水文学等の各分野専門家を複数回派遣）（人月の記載なし）	長期専門家：計 3 名（業務調整） 56.79M/M 短期専門家：6 分野延べ 15 名 29.93 M/M
(2) 研修員受入	学位取得、分析機器操作・保守習得など（人数の記載なし）	長期研修 5 名、 短期研修延べ 15 名
(3) 機材供与	湖水・ガス分析機器、 サンプリング・観測用機器	湖水・ガス分析機器、サンプリング・観測用機器等 119 点
(4) 在外事業強化費	記載なし	1 億 2 千万 CFA フラン （約 24.6 百万円）
日本側の事業費合計	合計 420 百万円	合計 420 百万円
相手国の事業費合計	8 億 5 千万 CFA フラン （約 175 百万円 ¹⁵ ）	5 億 5,700 万 CFA フラン （約 111.4 百万円）

3.3.1.1 投入要素

専門家派遣に関して、中間レビュー時のカウンターパートへの質問紙調査によれば、日本人研究者の派遣期間が供与分析機器の操作方法や日常的な分析作業を習得には十分ではなく、実務的な指導を受けるためにより長期の派遣を強く求める回答が約半数を占めた。さらに終了時評価の質問票調査や聞き取り調査においても、日本人専門家の派遣は回数・期間ともに限定的であったと回答したカウンターパートは少なくなかった。派遣期間が限定的であったことは、一部の主要機材の習得が十分ではなかったことの要因となった可能性はあった。

研修員受け入れに関しては、短期研修に参加した研究者・技術者は、事業で供与されたものと同じ分析機器の操作方法や維持管理の知識を講義や実習を通じて習得できたほか、日本の様々なラボラトリーの視察を通じて試料管理の重要性を認識した。このような実用的な研修で得た知識は研修後もラボラトリーで活用されていることが確認され¹⁶、短期研修は成果に結びつく投入であったといえる。

長期研修に関しては、IRGM の研究者 1 名を含む 5 名の研究者全員が 3 年以内に博士号を取得し、派遣中に質の高い論文を複数発表し、成果 3, 7, 8 の達成に大きく貢献した。論文のうちの一つは Nature 系列の学術誌 (Scientific Reports) に掲載された。長期研修生 5 名のうち派遣時に IRGM 所属であった 1 名は帰国後も IRGM で勤務を

¹⁵ 換算レートは 1 円=4.7787 フラン（2015 年 10 月 9 日）。出所：終了時評価報告書 p4

¹⁶ 出所：中間レビュー報告書 vi

継続した。残りの4名のうち2名はIRGMに雇用され、1名はIRGMの親機関であるMINRESIで研究を継続している。このように長期研修生はいずれも湖水爆発において研究成果を發揮している。

機材に関しては、湖の観測や水・岩石試料の分析に必要な機材の一部が十分に活用されていない。湖への落下や付近住民によるケーブル切断などやむを得ない理由もあるが、ラボラトリーのインフラの問題（電気系統の問題）などカメルーン側の投入に起因したものもあった。

3.3.1.2 事業費

日本側の事業費は実績額420百万円であり、計画額の100%だった。

カメルーン側は5年間で8億5,000万フラン（約1億7,500万円）のカウンターパート資金を支出することになっていたが、支出は2011年と2015年の2度のみ、合計5億5,700万フランで予定額の65.5%にとどまった。カメルーン側の説明によれば、カウンターパート資金の計画と実績の差異は、(1)管轄の経済・計画・国土整備省の業務過多による遅配と(2)緊急事態（ボコ・ハラム対策、北部地域で発生した洪水への対応）による国庫支出金の分配への影響とのことであった。カウンターパート資金の遅延により、予定されていた活動の一つ（地質図の作成）とIRGMによる現地調査が実施されなかった¹⁷。

3.3.1.3 事業期間

事業期間の実績は5年間で計画期間の100%だった。

カウンターパート資金の支出や機材の供与の遅延が、機材の活用など一部の成果の達成に影響したものの、事業期間、日本側の事業費は計画内に収まり、効率性は高い。

3.4 持続性（レーティング：③）

3.4.1 制度・政策

カメルーン政府は2022年にマヌン湖を研究対象とした総合研究プロジェクト「マヌン湖プロジェクト（Project Lac Monoun）」¹⁸を開始した。IRGMはこのプロジェクトに科学的側面でモニタリングやデータの分析を行うパイロット委員会のメンバーとして同プロジェクトに関わっている。マヌン湖プロジェクトが立ち上がったことにより、制度的にも火山湖ガスの研究が継続されることが確認された。したがって、政策・制度面の持続

¹⁷ 出所：終了時評価報告書 p20

¹⁸ プロジェクトの内容は、「マヌン湖の物理化学的性質の監視」「太陽光発電ポンプシステム2台の設置」「マヌン湖と周辺に存在する他の湖の微生物学的及び生態学的研究」「マヌン湖とその周辺の表面からのCO₂フラックスの定量化」「マヌン湖内とその周辺に気象観測ステーションとCO₂警報システムを設置」「バンケ川堰堤の設置と集水域の水質評価」「マヌン湖周辺の1:25000スケールの地質図の作成」（出所：JICA提供資料）

性は高いと判断する。

3.4.2 組織・体制

事後評価時点の IRGM の職員数は 284 名であり、そのうち研究者は 165 名、技術者は 25 名である。カメルーン政府は近年、IRGM の若手研究者を新規採用し、量的な不足はみられない¹⁹。事後評価時点において、本事業のカウンターパート 26 名のうち 14 名は IRGM に在籍、7 名が退職、5 名は MINRESI など他の関連組織に移籍した。カウンターパートの多くは火口湖ガスや火山の調査研究を継続し、若手育成を主導している。また、退職した研究者についても継続的に IRGM の研究者の指導にあたるなど、シニア研究者から若手研究者に知識・技術が継承されている。

IRMG 内のコミュニケーションに関しては、IRGM 幹部と研究者の会合は月例で開催されているほか、不定期で内部のミーティングが開催され、問題はない。また、IRGM は外部向けにオープンデーを年 1 回実施したり、不定期でセミナーを開催したりするなど研究成果の発信に努めている。

社会実装のための体制については、「3.2.2.1 上位目標達成度」で述べたとおり、IRGM と DPC の連携がみられず、湖水爆発のメカニズムに関する研究成果と防災に関する情報を発信するための仕組み・体制は構築されていない。

本事業の主目的が火口湖ガスの自立的な研究であり、事後評価ではそのための体制を重視して評価した。その結果、IRGM は今後も研究や観測を継続するための十分な人材を確保しており、コミュニケーションにも問題はなく、組織・体制面の持続性は高いと判断した。

3.4.3 技術

「3.2.2.2 成果・プロジェクト目標の発現状況」で既述のとおり、IRGM はニオス湖、マヌン湖ともに治安上の問題から観測活動、モニタリングを行っておらず、観測データを収集していない。運用可能な機材に関しても、マルチビーム・ソナーのように IRGM がさらなる技術指導を必要としている機材や、Picarro のように現在運用できず、米国のメーカー (Picarro 社) が不具合に対する調査を行い、稼働させることが必要な機材もある。このように、IRGM が中断している観測・分析を再開したり、非稼働の機材を稼働させ外部から試料の分析を受託したりするためには、分析機材や観測機器の運用・分析能力をさらに向上させる必要がある。

2020 年 1 月～2 月に本事業のフォローアップ調査が実施された。フォローアップ調査は、IRGM の技術者間で機材操作方法やデータ分析に対する理解度にばらつきが生じていたため、IRGM による機材の操作能力を向上させ、機材の維持管理体制を強化し、機材を活用した活動の持続性を担保するためのフォローアップ協力を検討することを目的

¹⁹ 出所：実施機関質問票回答

として実施された。フォローアップ調査の結果、JICA は 2022 年度にフォローアップ協力として湖のガス抜きシステムと湖水モニタリングの復旧のための機材調達及び技術者の派遣を実施することを計画している。

以上より、自立して湖の観測や試料の分析を行うための IRGM 研究者・技術者の技術力は現時点では十分ではないが、2022 年度に実施予定のフォローアップ協力を通じて技術面での持続性は改善が期待できる。

3.4.4 財務

カメルーン政府の予算配分傾向を政府の国家予算の経年データから確認したところ、2011 年度から 2015 年度までは国家予算の 0.6~0.7%が科学研究・イノベーションに充当されていた。事業完了以降この割合はやや減少してきている²⁰。また、表 7 に示すとおり、IRGM の全体予算は 2015 年度以降減少傾向にあり、予算不足によってハザードマップ、水資源マップ、土壌マップが作成できていない。カメルーン政府が北西州及び南西州における英語圏独立を求める分離独立派と治安部隊との衝突による治安悪化への対応や新型コロナウイルス対応に予算を優先的に配分していることが科学研究や IRGM の予算配分に影響していることから、事後評価においてはこの点は外部要因とした。

2022 年度予定されているフォローアップ協力後に分析機材を用いた外部からの試料の委託分析が増加すると、財務面の改善が期待できる。

表 7 IRGM 予算

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Current budget (Total)	2,170,162,029	1,746,595,000	2,607,532,788	5,439,526,811	1,861,521,663	1,460,788,109	1,379,620,804	1,581,694,657	1,323,939,576	1,393,645,147	1,887,000,430	1,125,000,000
(1) Running budget	689,876,626	686,697,000	670,000,000	555,284,378	587,408,512	600,804,484	622,047,235	688,714,701	503,695,716	552,773,513	619,909,196	500,000,000
Structure												
01 Directorate	144,520,000	139,701,000	143,733,500	132,605,262	143,132,148	134,324,484	151,510,000	151,310,000	130,950,000	165,987,000	176,898,000	177,692,000
Shared expenses	339,232,826	345,775,000	329,610,500	273,654,853	284,845,000	299,668,050	311,147,235	247,012,552	149,740,716	204,854,320	242,674,196	155,925,000
02 CRGM *	50,050,000	53,420,000	57,020,000	50,230,000	50,945,000	50,090,000	53,750,000	68,400,000	46,930,000	26,735,000	48,000,000	30,420,000
03 CRH	60,500,000	62,620,000	64,190,000	48,616,090	51,760,000	50,110,000	47,110,000	46,337,149	36,660,000	36,310,000	30,570,000	28,660,000
05 LTM	50,476,000	45,540,000	48,140,000	32,683,483	37,055,000	40,310,000	38,960,000	38,820,000	31,220,000	29,070,000	27,700,000	25,300,000
04 LRE	39,869,000	40,271,000	42,386,000	31,635,490	34,468,364	30,502,000	28,360,000	28,160,000	22,460,000	18,335,000	14,915,000	18,267,000
06 LTI	35,278,800	35,790,000	36,640,000	27,089,200	31,610,000	27,210,000	23,810,000	24,310,000	19,010,000	16,777,193	15,662,000	17,816,000
07 ARGV*	40,865,000	46,370,000	57,840,000	55,380,000	50,630,000	56,478,050	51,400,000	66,265,000	47,725,000	35,005,000	43,990,000	27,920,000
08 Tenders board	20,000,000	17,000,000	5,300,000	9,000,000	4,538,000	18,679,950	20,150,000	18,100,000	18,000,000	18,700,000	19,500,000	17,000,000
09 GESTION SOUS PROG	0	0	0	0	0	0	1,000,000	0	1,000,000	1,000,000	0	1,000,000
(2) Equipment and Investment	1,480,285,403	1,059,898,000	1,937,532,788	4,884,242,433	1,274,113,151	859,983,625	757,573,569	892,979,956	820,243,860	840,871,634	1,267,091,234	625,000,000

出所：実施機関提供資料

3.4.5 環境社会配慮

計画時から事後評価時まで、環境社会面の影響は認められなかった²¹。

²⁰出所：現地調査員収集資料

²¹出所：実施機関質問票回答

3.4.6 リスクへの対応

ニオス湖の観測・モニタリングの継続に影響している 2017 年以降の北西州及び南西州の治安悪化は、計画時に想定されていなかったリスクであり、また IRGM が対応できるリスクではない。上述のとおり、2022 年度のフォローアップ協力を通じて、少なくともマヌン湖における湖のガス抜きシステムと湖水モニタリングが再開されることにより、湖水爆発の自立的な研究という事業の成果の持続性は担保される。

3.4.7 運営維持管理の状況

事後評価時における機材の維持管理状況は、2020 年のフォローアップ調査時と同様、高額機材を中心に確認した（表 8 参照）。表 8 に記載の機材のほか、事後評価時の現地調査時には、未使用のままの段ボールに入った試薬や試験器具が確認された。

表 8 機材の運営維持管理状況

No*	機材	運用状況	備考
1	IC	稼働	
3	MK sampler-1	稼働	
4	MK sampler-2	非稼働	治安悪化のためニオス湖に配置された機材の現況を確認できない。
8	CTD logger	稼働	事業で供与されたものは湖水に落下。その後、IRGM が自己資金で調達した。
13	Picarro	非稼働	
14	Desk top pH meter	非稼働	バッテリーが液化し、故障した。
15	Pure Water Maker	n.a.	
18	Multi-beam sonar system	稼働	フォローアップ調査時同様、IRGM は使用方法に関するトレーニングを必要としている
29	CO2 flux meter	稼働	
34	Thermometer	非稼働	
43	Alumina Mortar	非稼働	フォローアップ調査時、事後評価時ともに倉庫にて段ボールに保管されたままである
86	13C Analyzer	稼働	フォローアップ調査時は、炭素の同位体比 (13C/12C) が国際基準物質に対して校正した既知の炭酸カルシウムが必要であったが IRGM で用意できなかったため、機材は活用されていなかった。事後評価時においては、炭酸カルシウムの用意はできるが試料分析依頼があまりないため活用されていない。
87	Polarization microscope	稼働	
91	AAS	稼働	
93	Graphite nebulizer for AAS	稼働	
94	Standard Water for isotope analysis	非稼働	Picarro が稼働していないため非稼働。
96	Digital Camera for Microscope	稼働	
98	Volumetric Titrator	稼働	

出所：実施機関質問票回答を基に評価者作成

*：番号は機材供与時の機材リストの番号

機材が故障した際、IRGM は交換部品を購入したり、修理を行ったりしている。本事

業で供与された機材は、高度な精密機材が多いため、部品交換や修理をすぐに行えない機材もあるが、IRGM の技術者が修理できない場合は、メーカーにオンラインで問い合わせたり、代理店に技師派遣を依頼したりするなど、適切な対応を行っている。

以上より、IRGM の技術者が機材の故障に対応できない場合でも適切な対応を講じている点について問題はないものの、分析に必要な試薬・器具が未使用のまま残っている状況から運営維持管理状況に若干の課題があると思われる。

以上より、本事業で発現した効果の持続には技術、運営維持管理状況について一部軽微な問題はあるが、2022 年度に予定されている湖のガス抜きシステムと湖水モニタリング再開のための機材調達及び技術者派遣で構成されるフォローアップ協力を通じて、主要機材が活用され、湖の観測や試料の分析の再開が期待される点において改善・解決の見通しが高いといえる。本事業によって発現した効果の持続性は高い。

4. 結論及び教訓・提言

4.1 結論

本事業は、カメルーンのニオス湖とマヌン湖のガス災害に関する日本人科学者と IRGM の科学者による国際共同研究を通じて、同国の科学者により研究活動が自立的に実施されるようになり、IRGM と DPC が連携してガス災害や防災に関する研究成果を地域住民に発信することを目的に実施された。

本事業の目的は、カメルーン政府の政策上の優先度と合致し、対象湖の残存 CO₂ 量を継続的に観測するニーズも認められ、妥当性は高い。また、本事業の目的は日本政府の対カメルーン支援方針と合致し、防災管理における JICA の他事業との連携やガス抜きパイプ設置と設置後のガス抜き効果のモニタリングにおいて他機関との連携がなされ、整合性も高い。事業の実施により多数の論文発表という国際共同研究としての成果は十分に発現したものの、IRGM による分析機材の活用が十分ではなく、「カメルーン研究者による自立的な湖水爆発の研究」というプロジェクト目標の達成は限定的であった。また、ガス災害に関する研究成果を市民に発信するという社会実装は事業完了後、目立った実績がなく、有効性・インパクトはやや低い。カウンターパート資金の支出や機材の供与の遅延が、機材の活用など一部の成果の達成に影響したものの、事業期間、日本側の事業費は計画内に収まり、効率性は高いと判断した。本事業で発現した効果の持続には技術、運営維持管理状況について一部軽微な問題はあるが、2022 年度に予定されている湖のガス抜きシステムと湖水モニタリング再開のための機材調達及び技術者派遣で構成されるフォローアップ協力を通じて、主要機材が活用され、湖の観測や試料の分析の再開が期待される点において改善・解決の見通しが高いといえることから、本事業によって発現した効果の持続性は高い。

以上より、本事業の評価は高いといえる。

4.2 提言

4.2.1 実施機関などへの提言

(1) 社会実装に向けた具体的な計画策定と実行

DPC が管轄する災害対策において、IRGM は科学的見地からの調査・研究・情報提供の役割を担うことになっている。DPC の人事異動以来、主だった連携がみられず、事業の成果の一つである火口湖ガスの発生メカニズムと災害発生時の対応に関する科学的根拠に基づく情報発信がなされていない。IRGM は早期に DPC とコミュニケーションをとる機会を持ち、2022 年度に予定されているフォローアップ協力を通じて湖のガス抜きシステムと湖水モニタリングがマヌン湖において復旧した際には、定期的に湖の現状を DPC に伝え、DPC を通じてリーフレットの残部を配布したりすることが望ましい。

(2) 水・岩石試料の分類管理の強化

事業実施中に収集された水及び岩石の試料に関しては、実施中にカタログが作成され、試料を整理して地下倉庫に保管されたものの、IRGM が自立的に系統だった分類管理 (Systematic Storage) を実現できるようになるまでには至らなかった。

2022 年度のフォローアップ協力実施時に、IRGM は日本人研究者とともに現在、ラボラトリーの地下の倉庫で整理されずに置かれている水・岩石の試料と一緒に整理し、分類管理の方法を十分に習得することが望まれる。その上で、担当者、記録や管理の方法を文書化し、分類管理を徹底させた上で収集した水・岩石の試料を今後の研究に活かすことが望まれる。

4.2.2 JICA への提言

(1) 未達成事項に対するフォロー

2022 年度に予定されているフォローアップ協力において、あるいは別スキームとして、本事後評価で達成が十分でないことが確認された「水・岩石試料の分類管理」や「社会実装 (研究成果の社会還元)」についてフォローすることが望まれる。具体的には「水・岩石試料の分類管理」に関しては、2022 年度のフォローアップ協力実施時に日本人専門家が IRGM 研究者・技術者と一緒に試料の分類管理に関するマニュアルを作成し、現在分類されていない試料を実地で一緒に分類することも一案である。

社会実装については、フォローアップ協力実施時に日本人専門家も交えて IRGM、DPC と実行可能なアクションプランを立て、その後 JICA が定期的にモニタリングすることが考えられる。

また、JICA カメルーン事務所が、ラボラトリーを訪問することで水・岩石試料の分類管理の進捗を把握することが可能と思われる。社会実装についても、カメルーン事務所が IRGM 関係者に社会実装の進捗を直接確認したり、意見交換を行ったりすることで、IRGM 関係者は外部の関心を認識し、社会実装の進展が期待できる。

4.3 教訓

(1) 技術協力における上位目標発現のための実施段階での効果的な取り組み

2010年に形成された本事業は、2008年に始まったSATREPSの初期段階に実施されたプロジェクトであった。そのため、国際共同研究プロジェクト終了後に研究成果をどのように社会に還元するかという社会実装の概念はJICA関係者の間でも定着していなかった可能性があり、研究成果の発現に重点を置く日本人研究者も社会実装の具体的な計画を立てていなかったようであった。そのため、案件開始時には社会実装の詳細な実施計画が存在せず、中間レビューにおいて社会実装への取り組みが提言に含まれたが、終了時評価時点においても日本における課題別研修に参加した2名が課題別研修のアクションプランを実行する形でプロジェクトが作成したリーフレットを配布する以外の社会実装の計画はなかった。上位目標達成に向けた計画は活動を進めていく中で具体化されることは往々にしてあるが、少なくとも事業期間の半ばごろまでに、プロジェクトチーム(実施機関、専門家)は社会実装として期待される成果・実施方法、関係組織の役割について合意し、可能であれば一度試行して事業を終えることで、事業完了後に相手国の関係機関による社会実装が可能になると思われる。例えば、JICAとプロジェクトチームは、案件開始前の勉強会、開始後のキックオフミーティング、定期的開催されるJCCなどプロジェクトの様々な機会をとらえて、上位目標の達成について十分に議論を行い、共通認識を持つことが望ましい。

(2) 柔軟性のある供与機材の技術指導計画の策定

高度な機材が供与機材に含まれる場合、技術指導期間を当初から長めに設定しておくこと、期待される技術の定着が十分ではない場合は、事業期間内に追加投入を行うなど、技術移転対象者の習熟度を見極めながら、柔軟に投入や活動を見直すことが望ましい。

5. ノンスコア項目

5.1 適応・貢献

5.1.1 客観的な観点による評価

特になし。

以上

別紙 1 : 成果の達成状況

成果	指標	完了時の達成状況 (2016 年 3 月)
成果 1 湖水爆発のメカニズムに関する理解が深まる。	指標 1-1 : 論文発表 指標 1-2 : 付近住民への説明 指標 1-3 : ウェブ上での情報公開 補完指標 1-1 : 観測・分析機材の適切な使用のための適切な記録 補完指標 1-2 : イオンクロマトグラフィー (IC) の適切な使用	<達成した> <ul style="list-style-type: none"> 指標 1-1 : 2015 年に論文が 1 本、2017 年に 1 本発表された²²。 指標 1-2 : 2013 年 11 月ニオス湖近辺のウム市、マヌン湖近辺のクタモ市で住民説明会が実施された。 指標 1-3 : 2 つのウェブサイトで情報が公開された。 補完指標 1-1 : ラボラトリーにおいて、機材を使用した日づけ・分析者・試料 ID・分析料等がノートに記録されるという目標どおり、これらはラボラトリーのノートに記録されていた。 補完指標 1-2: IRGM の研究者は IC を問題なく使用でき、技術的な課題はなかった。
成果 2 ニオス湖、マヌン湖への CO2 供給プロセスに関する理解が深まる。	指標 2-1 : 学術論文発表 指標 2-2 : 付近住民への説明 指標 2-3 : ウェブ上での情報公開 補完指標 2-1: 13C Analyzer の適切な使用	<一部未達成> <ul style="list-style-type: none"> 指標 2-1 : 2015 年に 1 本 (成果 1 と同じ)²³、2017 年に 2 本発表された²⁴。 指標 2-2 : 成果 1 に同じ。 指標 2-3 : 成果 1 に同じ 補完指標 2-1: 機材の供与の遅れに加え、ガス試料がないため、訓練時を除き未使用。
成果 3 ニオス湖、マヌン湖周辺の水理地質特性に関する理解が深まる。	指標 3-1 : 論文発表 指標 3-2 : 付近住民への説明	<達成した> <ul style="list-style-type: none"> 指標 3-1 : 学術論文 3 本が発表され、うち 1 本は Nature 系列の学術誌 (Scientific Report) に掲載された²⁵。 指標 3-2 : 成果 1 指標 1-2 に同じ。
成果 4 CO2 供給系における水-岩石相互作用に関する理解が深まる。	指標 4-1 : 論文発表 補完指標 4-1 : AAS と Picarro の適切な使用	<指標 4-1 は達成、補完指標 4-1 の達成は限定的> <ul style="list-style-type: none"> 指標 4-1 : 2015 年に論文が 1 本発表された。 補完指標 4-1 : AAS は事業開始 2 年半後の 2013 年 12 月に設置された。その際、メーカー技術者による操作指導が行われた。また、2014 年 10 月 19 日～11 月 16 日に東海大特定研究員が IRGM の技術者に使用法を集中的に指導した。さらに、東海大に留学生として来日していた IRGM 研究者が日本国内のメーカーで AAS の取り扱いを習得した。 2015 年に落雷により電圧が変動し故障、6 カ月間使用不能だった。2015 年 11 月の終了時評価点ではカウンターパートは使用にやや不安あると回答。 Picarro は、事業開始時から問題なく運用されていたが、電気系統・維持管理の問題により、少なくとも 2 年間使用できない期間があった。

²² 出所 : 終了時評価報告書 p.7 及び JICA 提供資料

²³ 出所 : 終了時評価報告書 p.8

²⁴ 出所 : JICA 提供資料

²⁵ 出所 : 終了時評価報告書 p.9 及び JICA 提供資料

<p>成果 5 ニオス湖、マヌン湖における湖水爆発の監視体制が構築される。</p>	<p>指標 5-1：学術論文発表：</p>	<p><達成度は限定的></p> <ul style="list-style-type: none"> 2015年に学術論文が1本発表された（成果1の論文と同じ）。 指標は達成されたが、マヌン湖では2014年5月に付近住民により気象観測ステーションのケーブルが切断されて以来、気象観測のデータは収集されていないことから、当該成果で目指した「湖水爆発の監視体制が構築」の達成は限定的。
<p>成果 6 マヌン湖において湖水中のCO₂の蓄積を防止する深層水排除のための実験システムが導入される。</p>	<p>指標 6-1: CO₂ 除去システムに関する技術論文発表</p>	<p><達成した></p> <ul style="list-style-type: none"> マヌン湖に太陽光発電パネルを装備した深層水くみ上げ装置を設置し、強制的なCO₂脱ガスの可能性を検討した。 指標 6-1：2010年に技術論文が1本発表された²⁶。
<p>成果 7 オク火山群のマグマ供給系の理解が深まる。</p>	<p>指標 7-1：博士論文 指標 7-2：論文発表</p>	<p><ほぼ達成した></p> <ul style="list-style-type: none"> カメルーン火山列（CVL）のオク火山群においてマールを含む火山の地球化学的調査を実施。カウンターパート資金の不足により、予定されていた「ニオス湖とマヌン湖付近の地質図の作成」は、「ニオス火山の噴火史の解明」に変更された。 指標 7-1：博士論文が2014年1本²⁷、2015年に1本発表された²⁸。 指標 7-2: 2014年に1本²⁹、2015年に1本³⁰発表された。終了時評価時点で事業完了までにさらに2本発表予定であった。
<p>成果 8 カメルーン火山列にあるニオス湖、マヌン湖以外の湖におけるCO₂の分布に関する理解が深まる。</p>	<p>指標 8-1：論文発表</p>	<p><達成></p> <ul style="list-style-type: none"> 指標 8-1：2014年に学術論文2本が発表された³¹。
<p>成果 9: 科学的なモニタリングの成果が、組織的にDPCと共有される。</p>	<p>指標 9-1：DPC とのセミナー開催 指標 9-2：第9回国際火山湖会議（CVL-9）での特別セッション</p>	<p><達成></p> <ul style="list-style-type: none"> 指標 9-1: 2015年7月、IRGM と DPC のスタッフは JICA の課題別研修「コミュニティ・ベースの災害リスク・マネジメント」に参加し、合同でアクションプランを作成した。このアクションプラン実施の一環として、2016年2月に湖の付近住民に対するワークショップが開催された。 指標 9-2：2016年3月、IRGM はカメルーン的首都ヤウンデにおいて CVL-9 を主催した。同会議は本事業の成果を世界的に周知する機会となった。

²⁶ 出所：終了時評価報告書 p.11

²⁷ 出所：終了時評価報告書 p.12

²⁸ 出所：終了時評価報告書 p.12

²⁹ 出所：終了時評価報告書 p.12

³⁰ 出所：終了時評価報告書 p.12

³¹ 出所：終了時評価報告書 p.12