

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 CO2 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	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 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 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。
	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 CO2 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的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。

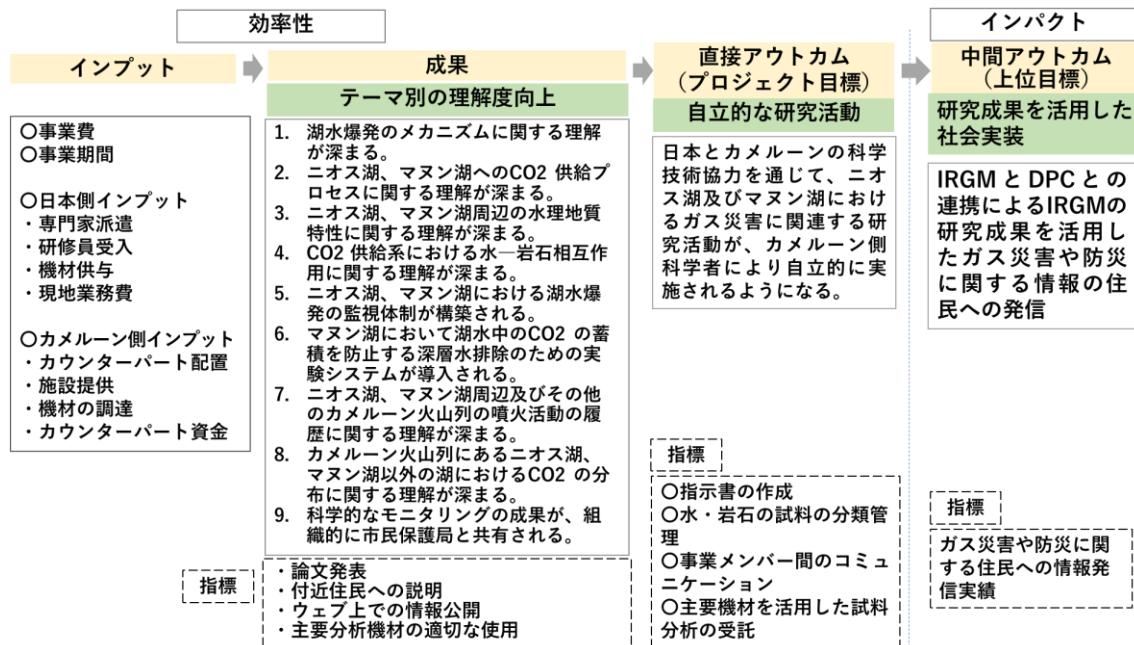


図1 事後評価において整理された本事業のロジック

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 かったことから、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」「パ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