

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

研究課題別終了時評価報告書

1. 研究課題名

カメルーン火口湖ガス災害防止の総合対策と人材育成 (2011年4月～2016年3月)

2. 研究代表者

2. 1. 日本側研究代表者：大場 武 (東海大学 教授)
2. 2. 相手側研究代表者：Joseph Victor Hell (国立地質鉱物資源研究所 (IRGM) 所長)

3. 研究概要

1980年代の半ばにカメルーンのニオス湖およびマヌン湖で CO₂ ガスが爆発的に放出され、約 1800 名の周辺住民が犠牲になった。この現象は「湖水爆発」と呼ばれている。湖水爆発の根本的な原因は、湖水に蓄積したマグマ起源の CO₂ であると判明したが、湖水爆発の起因やメカニズムの詳細については、未だ解明されていない。

本プロジェクトでは、カメルーン国立地質鉱物資源研究所 (IRGM) との共同研究により、ニオス湖・マヌン湖地域の CO₂ 流動系と噴火履歴を解明するとともに、湖水の物理量の経時的变化の観測と湖水爆発シミュレーションの結果を総合し爆発メカニズムを解明することで、湖の安全性について定量的な根拠を与え、湖の監視体制の確立や防災に向けた総合対策を提案する。この共同研究を通じて、カメルーンの研究者の人材育成を図り、両湖のガス災害を予測するための湖の観測・研究を自立的、持続的に発展できる体制の確立を目指す。

4. 評価結果

総合評価 (A-：所期の計画と同等の取組みが行われ、一定の成果は期待できる。)

カメルーンにはニオス湖とマヌン湖という CO₂ を蓄積する特異な火山湖があり、CO₂ ガスが突然噴出するという湖水爆発への対策が必要である。これまでの国際協力はガス抜きパイプの設置という、いわば対症療法が中心であった。本プロジェクトでは地球化学の基礎的研究から得られた科学的知見に基づいた対策の導入が図られた。まず、湖水の化学分析によって CO₂ ガス量の深度分布を解明し、自動観測ブイを活用した連続観測により CO₂ ガス量の時間変化をモニターする体制を確立した。これにより湖水の状況をリアルタイムで把握できる状況になった。さらにコンピュータシミュレーションから湖水爆発が発生する条件を確立し、モニタリングデータに適用することで、湖水爆発の危険度を推定することに

成功し、新たな科学的知見から湖水爆発災害軽減への道筋を得たことは課題解決に与える大きなインパクトとなっている。

相手国の湖水爆発災害防止体制への貢献としては、IRGM に湖水爆発モニタリング委員会 (LEMoC) が設置され、そこでの科学的評価が市民保護局 (DPC) に伝えられ、さらに政府、関係省庁、地方自治体を經由して地域住民に情報が伝達されるという道筋が築かれてきた。研究者育成に関しては、6名の博士(理学)を輩出し、さらに1名の博士留学生の教育を担うなど、相手国人材育成への貢献は大変優れている。

特筆すべきは、第9回国際火口湖会議がカメルーンで開催されることになったことで、本プロジェクトの活動が国際的に広く認知されていることを示している。本プロジェクトで育成された7名の研究者を中心に、カメルーン研究者からの成果発表が期待される。

4-1. 地球規模課題解決への貢献

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

ニオス湖とマヌン湖の湖水の化学分析により、CO₂ガス量の深度分布を解明し、本プロジェクトで設置した自動観測ブイを活用した連続観測により CO₂ ガス量の時間変化をモニターする体制を確立した。これにより湖水の状況をリアルタイムで把握できる状況になった。さらに新たに導入したソナーによる水中音速測定データから CO₂ 濃度を推定する方法の開発に成功している。CO₂ ガス濃度モニタリングに加えて、コンピュータシミュレーションから湖水爆発が発生する条件を求めている。これらを総合することで、湖水爆発の原因となる CO₂ の供給・溶存・拡散などのプロセスの理解が深まり、爆発的脱ガスのメカニズムに基づいた湖水爆発の危険度を推定することに成功した。このように、科学的知見から湖水爆発災害軽減への道筋を得たことは課題解決に与えるインパクトとなっている。

【国際社会における認知、活用の見通し】

これまでの湖水爆発対策としての国際協力はガス抜きパイプの設置という、いわば対症療法であったが、本プロジェクトにより初めて科学的知見に基づいた方策が導入されたことになる。現時点では国際社会における認知度が高いとは言えないが、本プロジェクト終了時にカメルーンで開かれる国際火口湖会議での成果発表を通して広く国際社会に認知されることが期待できる。活用に関しては、ニオス湖、マヌン湖のような特殊条件が重なって生じる災害であるので、他の地域での活用はあまり期待できない。

【他国、他地域への波及】

CO₂蓄積による湖水爆発災害は稀な現象であり、他国、他地域への波及はあまり期待できない。ただし、この課題で開発された音波速度測定による湖水中の CO₂ 測定法はユニークであり、簡便であることから、湖水環境調査など他の課題に活用される可能性は高い。

【国内外の類似研究と比較したレベル】

成層破壊の研究に関しては、取り扱われている内容は特殊ではあるが、一般的な扱いがなされており、他の研究と比較して遜色のあるものではない。CO₂濃度の増加による爆発の可能性解析では、圧力変化による気化等の影響を含めればさらに高いレベルに達することができたものと考えられる。音波によるCO₂濃度測定のアイディアはユニークであり、科学的見地から独創性のある研究成果としての重要性は高い。全体としては、通常の地球化学的手法を用いた湖水調査研究と比べ、様々な分野を結集した総合的な研究であり、研究レベルは比較的高い。

4-2. 相手国ニーズの充足

【課題の重要性とプロジェクトの成果が相手国ニーズの充足に与えるインパクト】

これまでのガス抜きパイプのみで湖水爆発への不安が完全に解消できていない現状では、CO₂ガスを直接測定し、その推移をリアルタイムで把握するという体制への提言は、湖水爆発発生メカニズムの解明にもとづいているという点で重要であり、相手国のニーズに与えるインパクトは極めて高いといえる。

【課題解決、社会実装の見通し】

本プロジェクトで育成した人材がIRGMに採用される見通しが立ったこともあり、この人材が定着できれば、本プロジェクトの成果に基づく監視方法、対処方法が実装され、湖水炭酸ガス暴噴という災害の解決につながる可能性は高い。ただし、科学的な知見の普及や観測結果の具体的利活用体制が現時点では不十分である。今後はDPCなどとの連携を強化し、具体的社会実装につなげることが求められる。

【継続的発展の見通し（人材育成、組織、機材の整備等）】

輩出した多くの博士課程修了者が相手国の試験機関等に定着できれば、また、設置した機材が継続的に使用される状況が継続できれば、本研究で提案した防災対処法は比較的な価でもあるので継続的発展の見通しは高い。しかし、機材の保守点検に要する経費の確保や人材の継続的育成確保が前提となり、国際火口湖会議等でその必要性にも触れておくとよい。

【成果を基とした研究・利用活動が持続的に発展していく見込み（政策等への反映、成果物の利用など）】

災害が特殊であるだけに、相手国の政策等にどの程度反映されるかの評価は困難である。しかし、湖水モニタリングに基づいて防災対策をとるという本プロジェクトの研究成果の

反映のための組織（LEMoC）ができたことは継続的発展への見込みがでてきたと考えられる。この委員会において、CO₂ ガスモニタリングデータの監視のためのマニュアルの整備及びその活用が進められることになっている。

4-3. 付随的成果

【日本政府、社会、産業への貢献】

主として本プロジェクトの社会実装を担当したサブリーダー（日下部実教授）の長年にわたる貢献に対してカメルーン政府から表彰がなされるなど、日本政府の貢献に関する認知度は上がった。一方、日本や産業への貢献に関しては、学術的・技術的に興味深い成果を上げているものの、カメルーンに存在する CO₂ 濃度の高い火山湖という特殊なケースであることから、貢献は限定的であろう。

【科学技術の発展】

CO₂ ガスによる湖水爆発に関連する基礎研究として、湖水の化学分析、湖水爆発の数値シミュレーション、マールを形成する火山活動などの研究が進展し、学術的・技術的に興味深い成果を上げているものの、特に目新しいところは見られない。一方、湖底の地形を調査する目的で実施した音波探査において、水中音速と CO₂ 濃度との対応が発見され、新たな技術として注目される。今後、特許の整備等を進めれば、本邦でも活用される可能性は高いことから、科学技術の発展に寄与できると思われる。

【世界で活躍できる日本人人材の育成（若手、グローバル化対応）】

現地における調査研究環境からして、若手研究者を長期にわたって現地に派遣したり、学生等の参加を積極的に促したりするような状況にはなかったこともあり、本プロジェクトを通して、多くの日本人人材の育成がなされたとは言いがたい。また、研究成果が基礎研究としての成果にとどまっていることから、若手研究者による論文発表等、今後の努力にかかっている。

【知財の獲得や、国際標準化の推進、生物資源へのアクセスや、データの入手】

CO₂ が豊富な中で有機物の流入で貧酸素化しているという、湖沼学の観点から見れば現象自体が極めて特殊なものであり、この意味では非常に重要なデータの入手も可能であった。また、本プロジェクトで開発された深層水揚水装置は、製作コストも高くないことから、知財につながる可能性がある。

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

研究成果を取りまとめた論文は現時点では少ないが、国際火山湖会議において多くの成

果発表が予定されていることから、かなりの数の国際標準レベルの論文が期待できる。湖水 CO₂ 濃度のモニタリングのためのマニュアルも作成される見込みである。また、長期研修者が博士学位を取得する過程で、質の高い論文を複数発表している。ただし、CO₂ の放出、成層の不安定化といった特殊な現象を扱っているにもかかわらず、これらが論文としては必ずしも十分には反映されていないところが見受けられる。

【技術および人的ネットワークの構築（相手国を含む）】

火山湖研究に地球化学だけでなく地球物理学や地質学的手法を取り込み、火山学の広い分野にネットワークを広げた点は評価できる。また、本プロジェクトにおいて若手研究者を含む人的ネットワークが構築され、湖水 CO₂ 濃度のモニタリングなどで今後も協力関係が維持できると思われる。

4-4. プロジェクトの運営

【プロジェクト推進体制の構築（他のプロジェクト、機関などとの連携も含む）】

当初は学術研究にのみに重点が置かれ、科学研究費補助金による海外学術調査研究の雰囲気が強かったため、IRGM 上層部との意思疎通が円滑に進まない場面が時々見られ、連携体制が強固とは言えないという状況がしばらく続いた。また、防災機関としての DPC との連携は弱く、効果的社会実装が危ぶまれた。しかし、状況はかなり改善され、現在では IRGM に湖水爆発モニタリング委員会が設置され、その検討結果は DPC に伝えられるという体制が整ってきた。DPC からは政府、関係省庁、地方自治体を經由し、地域住民に情報が伝達されるという流れの定着が今後の課題である。

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

研究代表者は研究に熱心なあまりに研究推進に偏重するきらいがあり、相手機関との連携及び成果の社会実装には関心が向かないという傾向がみられた。しかし、中間時点での指摘を踏まえ、社会実装推進をサブリーダーに委ねるといった改善策により、LEMoC の設立等、研究推進との分業体制がうまく機能し始め、プロジェクト管理が円滑に行われるようになった。

【成果の活用に向けた活動】

湖水爆発に関する科学的知見に関する成果から、現時点での湖水爆発危険度は低いとの判断に至っており、IRGM とこの判断を共有しているほか、住民啓発用のパンフレットの作成など、成果の活用に向けた活動もある程度行われるようになった点は評価できる。観測

機材、分析機器の操作・維持管理については、各機器に対応するマニュアルが作成され利用可能となっている。ただし、LEMoC の設立、DPC 等との連携など、成果の社会実装に向けた取り組みに関しては、現時点では十分機能する段階にあるとは言えない。

【情報発信（論文、講演、シンポジウム、セミナー、マスメディアなど）】

学会発表は盛んにおこなわれており、論文も数多く出版される見通しである。とくに、本プロジェクトメンバーの活動の成果ともいえる第9回国際火口湖会議（カメルーン的首都ヤウンデで開催）を、成果発信の好機として活用することが望まれる。一方、防災活動という点での情報発信はあまり多くなく、LEMoC 等も必ずしも十分に機能している段階にはない。

【人材、機材、予算の活用（効率、効果）】

供与された機材の有効活用に関しては、相手国スタッフへの研修が十分とはいえないこともあって、効果的であったとはいえない。研究者育成に関しては、6名の博士（理学）を輩出し、さらに1名の博士留学生の教育を担うなど、相手国への貢献は大変優れている。博士取得者6名のうちの1名は IRGM に勤務することになるようであり、大きな効果が期待できる。機材・予算に関しては、現地資金での機材の導入が予定されており継続的な活動を期待できる。

5. 今後の研究に向けての要改善点および要望事項

予定されている各種マニュアルの作成を迅速かつ着実に進める必要がある。また、日本側研究チームは、プロジェクト終了後も湖水爆発モニタリング委員会にオブザーバー参加（遠隔参加）することを検討していただきたい。第9回国際火口湖会議では多くの研究成果が発表されると思うが、カメルーン側研究者による発表を適切に考慮していただきたい（日本側研究者との共著であろうが）。本プロジェクトは特殊な現象に関する調査研究ではあるが、湖沼学では広く興味を喚起する可能性が高い。そうした分野での成果公表も新たな方向性を探し出す上で重要である。

JST成果目標シート

研究課題名	カメルーン火山湖ガス災害防止の総合対策と人材育成
研究代表者名 (所属機関)	大場 武 (東海大学 教授)
研究期間	H22採択(平成22年6月1日～平成27年3月31日)
相手国名/主要相手国研究機関	カメルーン共和国/カメルーン国科学技術省、地質調査所(IRGM)

付随的成果

日本政府、社会、産業への貢献	<ul style="list-style-type: none"> 火山防災への活用 地下CO2固定化技術(CCS)に対する貢献 安全安心の社会作り
科学技術の発展	<ul style="list-style-type: none"> 水資源の基本情報 化学分析を可能とする研究機関の確立
知財の獲得、国際標準化の推進、生物資源へのアクセス等	<ul style="list-style-type: none"> 衛星を利用した防災情報伝達 溶存CO2の評価技術 地盤強化 特殊条件下の微生物の働き
世界で活躍できる日本人材の育成	<ul style="list-style-type: none"> 国際的に活躍可能な日本側の若手研究者の育成(国際会議への指導力、レビュー付雑誌への論文掲載など)
技術及び人的ネットワークの構築	<ul style="list-style-type: none"> 在カメルーン青年海外協力隊員との連携
成果物(提言書、論文、プログラム、マニュアル、データなど)	<ul style="list-style-type: none"> ニオス・マヌ湖の水質 カメルーン火山列地域の水質情報 湖水爆発流体力学シミュレーション 水岩石相互作用

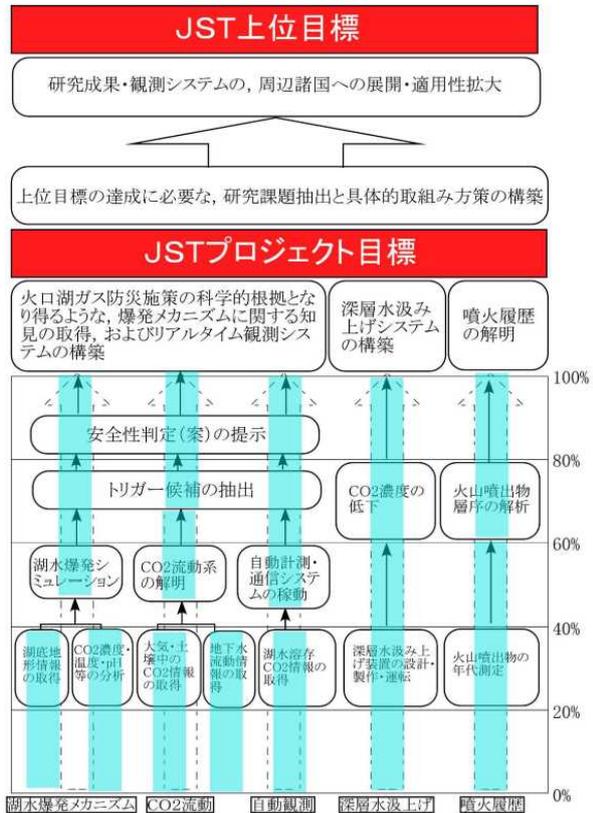


図1 成果目標シートと達成状況(2016年2月時点)