

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (SATREPS)

(防災分野「開発途上国のニーズを踏まえた防災に関する研究」領域)

「カメルーン火山湖ガス災害防止の総合対策と人材育成」

(カメルーン)

国際共同研究期間*1

平成 23 年 4 月 1 日から平成 28 年 3 月 31 日まで

JST 側研究期間*2

平成 22 年 6 月 1 日から平成 28 年 3 月 31 日まで

(正式契約移行日 平成 23 年 4 月 1 日)

*1 R/D に記載の協力期間

*2 開始日=暫定契約開始日、終了日=R/D に記載の協力期間終了日又は当該年度末

平成 26 年度実施報告書

代表者： 大場 武

所属・役職： 東海大学理学部・教授

<平成 22 年度採択>

I. 国際共同研究の内容 (公開)

1. 当初の研究計画に対する進捗状況

項目	H22年度 (10ヶ月)	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度 (ヶ月)
1. 湖水爆発メカニズム (湖水爆発グループ) ・ 数値シミュレーション ・ 安全性の評価						
2. CO ₂ 分布 (CO ₂ 分布グループ) ・ 三次元湖水観測 ・ 土壌・大気CO ₂ 観測 ・ 湖盆地形観測						
3. 水文学 (水文グループ) ・ 地下水の流動解析 ・ 地表水と地下水の相互作用 ・ ニオス湖集水域の水収支						
4. 流体-岩石相互作用 (流体岩石グループ) ・ CO ₂ -H ₂ O-岩石相互作用の室内実験						
5. ニオス・マヌン湖の監視観測 (モニタリンググループ) ・ 自動観測ブイの設置 ・ 観測用筏の設置 ・ 湖水の定期採取・分析						
6. 深層水溶存CO ₂ の強制排除 ・ 深層湖水くみ上げ実験						
7. マグマの起源 (火山地質グループ) ・ CVLの火山岩化学組成 ・ ニオス火山の噴火史						
8. ニオス・マヌン湖以外の湖のCO ₂ ・ CVLに沿った土壌CO ₂ 観測 ・ 都市に近い湖の調査 ・ CVLにある湖のデータベース						
9. IRGMとDPCの連携 ・ 観測データの共有 ・ 防災のための提言						

2. プロジェクト成果の達成状況とインパクト

(1) プロジェクト全体

1980年代の半ばにカメルーンのニオス・マヌ湖で CO₂ ガスが環境に爆発的に放出し、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、湖水爆発の引き金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、カメルーンの研究者とニオス・マヌ湖について湖水爆発に関連した共同研究を実施し、ガス災害の再発防止を目指す。その取り組みを通じてカメルーンにおける自立的、持続的な研究体制の確立をめざす。

ニオス・マヌ湖の定期観測の結果、ニオス湖では順調に CO₂ 蓄積量が低下していることが確認された。一方で、マヌ湖ではわずかながら CO₂ 蓄積量が増加していることが確認された。マヌ湖では太陽光発電を利用した深層水汲み上げ装置を設置し連続運転することにより、CO₂ 蓄積量増加の抑制に貢献している。

ニオス湖には平成 26 年 3 月に自動観測ブイが設置され、湖水温度と電気伝導度を水深、4, 120, 160, 200, 204m で一時間おきに測定し、データを衛星経由でインターネットを介して日本とカメルーンに送信し始めた。それによると、4m の浅いセンサーを除き、すべて水温と電気伝導度のゆっくりとした低下が観測され、脱ガスパイプによる深層水の汲み上げ効果が確認された。湖底から湧出する CO₂ を高濃度で含み、温度の高い水の流量が増加した場合、自動観測ブイでリアルタイムに変化を検出する手段が整備された。

マヌ湖において平成 27 年 11 月にマルチビームソナーによる詳細湖底地形の探査を行った。その結果、東の盆地において含 CO₂ 流体の放出口らしき窪地を二か所で確認した。さらにこの窪地のそばには湖内壁の崖崩れと思われる堆積地形が見つかった。このことから、マヌ湖における湖水爆発はこの窪地の直上で発生し、その影響でがけ崩れが発生したと推測された。この湖水爆発の発生シナリオは、崖崩れが湖水爆発の引き金であるとする従来の仮説を否定する。さらに、マヌ湖では 1984 年の湖水爆発以前にも別の湖水爆発が起きていた可能性が示唆される。1980 年代以前に起きていた湖水爆発を示唆する情報は今回初めて得られた。ニオス湖では平成 27 年 3 月にマルチビームソナー探査を実施し、湖底の地形図の取得に成功した。この探査はマルチビームの専門家を招へいせず、カメルーンと日本人の研究者のみで実施した。ニオス湖における探査の成功は、マルチビームソナーの使用に関する技術が移転された証拠とみなされる。

地質グループは平成 26 年 12 月から平成 27 年 1 月にかけてニオス湖で火山灰層序学的調査を実施し、ニオス湖を形成した噴火活動の概要を解明した。同調査には IRGM の研究者 5 名を同行し、調査を共同で行うことにより技術移転を行った。

カメルーンの研究人材の育成として、平成 26 年 9 月に二名の留学生 (Issa 氏, Wirmvem 氏) が東海大学から博士 (理学) の学位を授与された。平成 27 年 3 月には東海大の Chako 氏, 富山大の Brice 氏, 東工大の Asobos 氏が博士 (理学) の学位を授与された。平成 27 年 9 月には最後の留学生 1 名が富山大から博士 (理学) の学位を授与される予定となっている。留学生であった Issa 氏は IRGM の職員として現場復帰した。Wirmvem 氏は JSPS 外国人特別研究員に応募し採択され、平成 28 年 9 月まで東海大で研究を継続する。IRGM の職員である Mimba 氏は日本国政府国費留学生に応募し採択された。平成 27 年 4 月に来日し、半年の日本語研修を受けた後、東海大大学院に入学し、地球化学分野の研究を開始する。平成 27 年 3 月にヤウンデにおいて開催された JCC で IRGM の所長であるヘル氏は、カメルーンに帰国した留学生を研究所の研究員として雇用することを表明した。このことで材育成の成果がプロジェクト終了後のニオス・マヌ湖の防災に活かされる道筋が確立した。

平成 26 年 7 月に札幌で開催された AOGS (アジア大洋州地球科学連合学会) ではニオス・マヌ湖のセッションを提案し、大場と Tanyi leke 氏がコンビーナーを務めた。この会議で研究を発表するために、IRGM の Aka 氏と

Djomo 氏を日本に招聘した。平成 26 年 12 月には IRGM の Romaric 氏を2週間日本に招聘し、小園氏が湖水爆発シミュレーションに関するプログラミング技術を指導した。

(2) 研究題目 1：カメルーン火口湖ガス災害防止の総合対策と人材育成研究

① 研究題目 1 の研究のねらい

ニオス・マヌン湖の CO2 蓄積量の把握，リアルタイム観測，人材育成

東海大グループ

② 研究題目 1 の研究実施方法

ニオス・マヌン湖において湖水を深度別に採取し，陰イオン組成，陽イオン組成，安定同位体比などを測定し，湖水に残存する CO2 量を正確に見積もる。このデータは，湖水爆発シミュレーションの初期条件設定や，湖水爆発の発生可能性の判断に利用される。ニオス湖に，湖水の水温，電気伝導度，気象要素などを自動的に観測する装置を設置し，データを人工衛星およびインターネットを經由し，ほぼリアルタイムで取得するシステムを構築する。カメルーンから博士課程留学生を受け入れ，学位（博士号）を取得させ，IRGM におけるキャパシティービルディングを図る。

③ 研究題目 1 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

PDM Activity 5-1, 5-2, 5-3：ほぼ達成した。

ニオス湖：

2015 年 3 月に定期観測を実施した。図 1 に示すように深水層の温度プロファイルは着実に低下しており，3 本の脱ガスパイプにより深層水のくみ上げは順調に進行している。図 2 に CO2 蓄積量の時間変化を示す。2011 年から 2014 年にかけてほぼ直線的に蓄積量が低下しており，2015 年の量もこの直線上に乗ると予測される。

2014 年 3 月にニオス湖に設置した自動観測ブイは順調に稼働しており，欠測なくデータを送信しつづけている。図 3，4 に各進度における水温および電気伝導度の時間変化をそれぞれ示す。表層は気象の影響により大きな変動を示しているが，120m 以深の水温はなだらかな低下傾向を示しており，脱ガスパイプによる深層水のくみ上げの効果がみられる。200m, 204m の水温と電気伝導度は安定しており，湖底で湧出する温泉水の流量には大きな時間変動がないことを暗示している。1 年間の観測により静穏な状態における水温と電気伝導度の変動幅が推定するデータが取得できた。これにより，異常を判断するための基準の決定が可能となる。

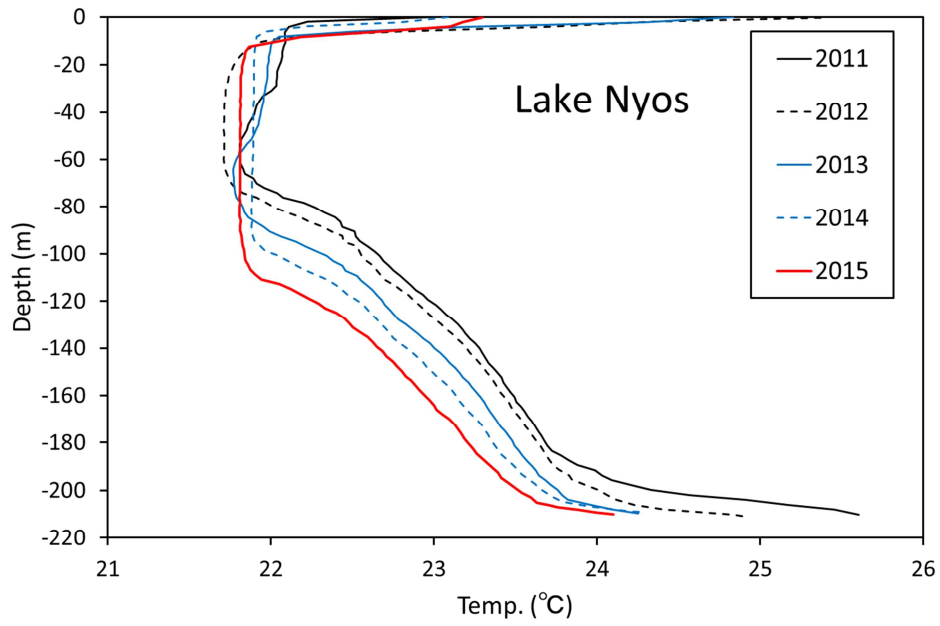


図1. ニオス湖の温度プロファイル

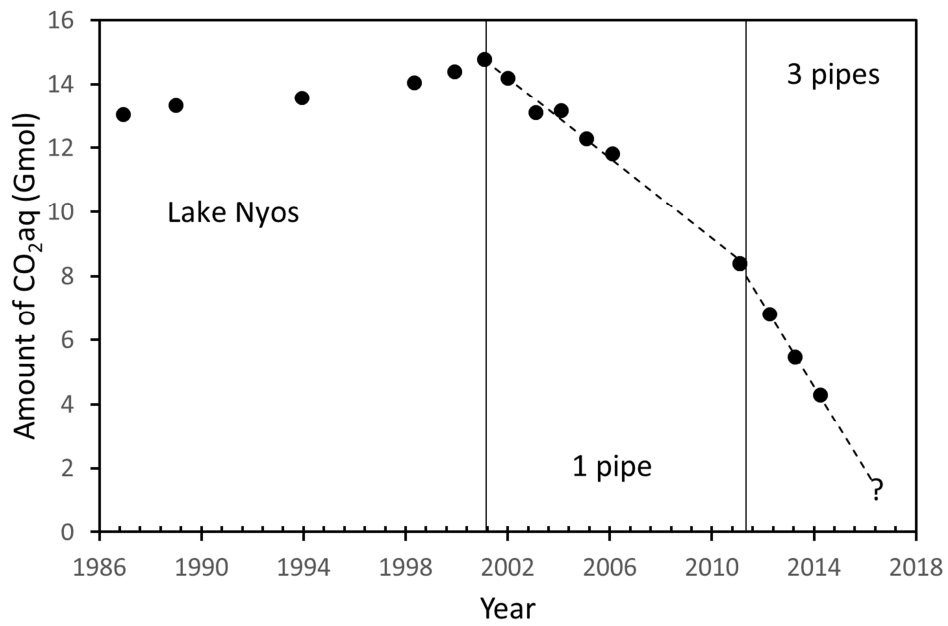


図2. ニオス湖に蓄積している CO₂ ガス量の時間変化

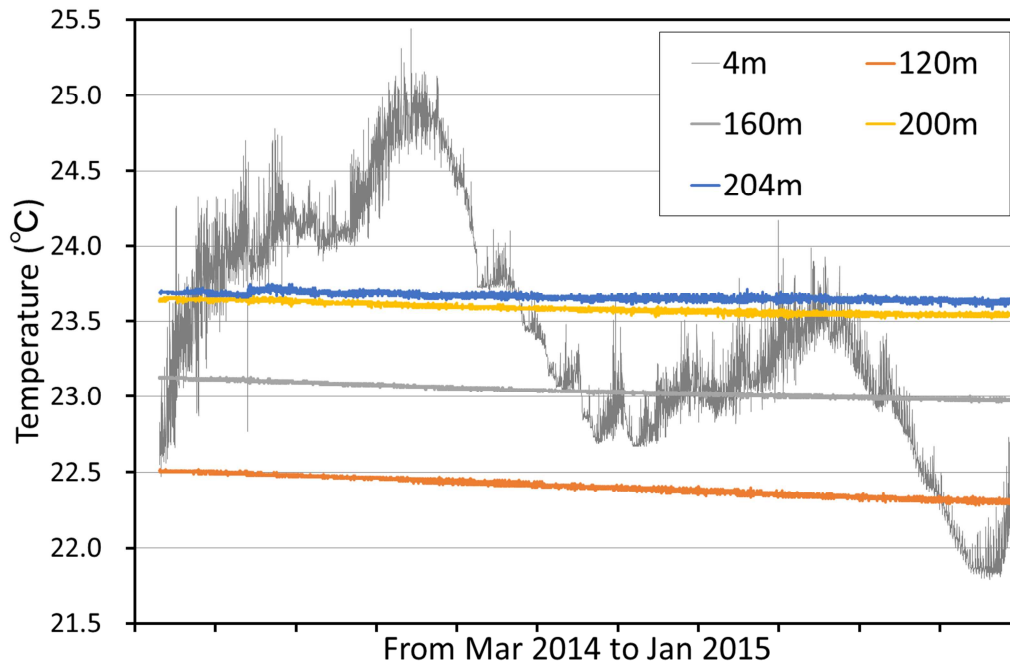


図3. ニオス湖に設置した自動観測ブイにより計測された水温の変動

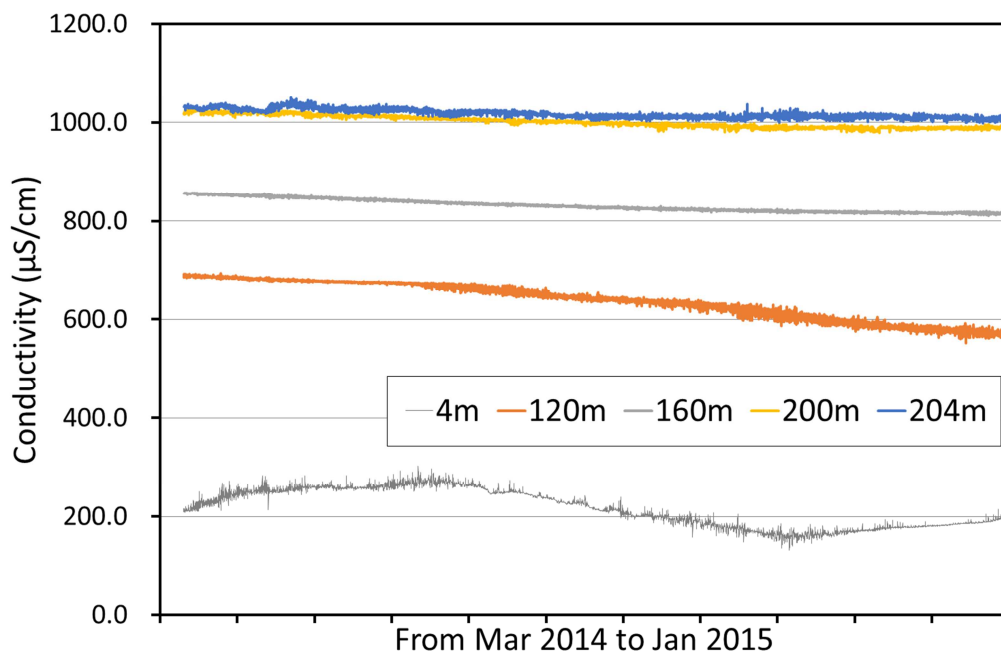


図4. ニオス湖に設置した自動観測ブイにより計測された電気伝導度の変動

マヌン湖：

2015年3月に定期観測を実施した。図5、6に示すように、2011年から2014年にかけて、深度60m付近の温度曲線の「肩」の部分の深度が徐々に浅くなり、温度の高い深部層の厚みが増す状態が継続していた。これは、マヌン湖において脱ガスパイプが機能停止しており、湖底から供給される温泉水の蓄積が起きていると解釈されてきた。しかし、2015年の調査では、この肩の高さが2012年のレベ

ルまで低下した。当プロジェクトで設置した太陽光電池を利用した深層水くみ上げ装置は2013年12月以来稼働を続けている。一見、2015年に見られた肩の深度の低下は、この装置の効果と思えた。しかし深層水くみ上げ装置の流量は72m³/dayであり、2014年と2015年を比較した際の肩の低下を説明するには530m³/dayの流量必要であると推定された。よって肩の深度の低下はくみ上げ装置の効果では説明できない。おそらく湖底から供給される温泉水の流量が自然に低下したことが原因ではないかと推測される。

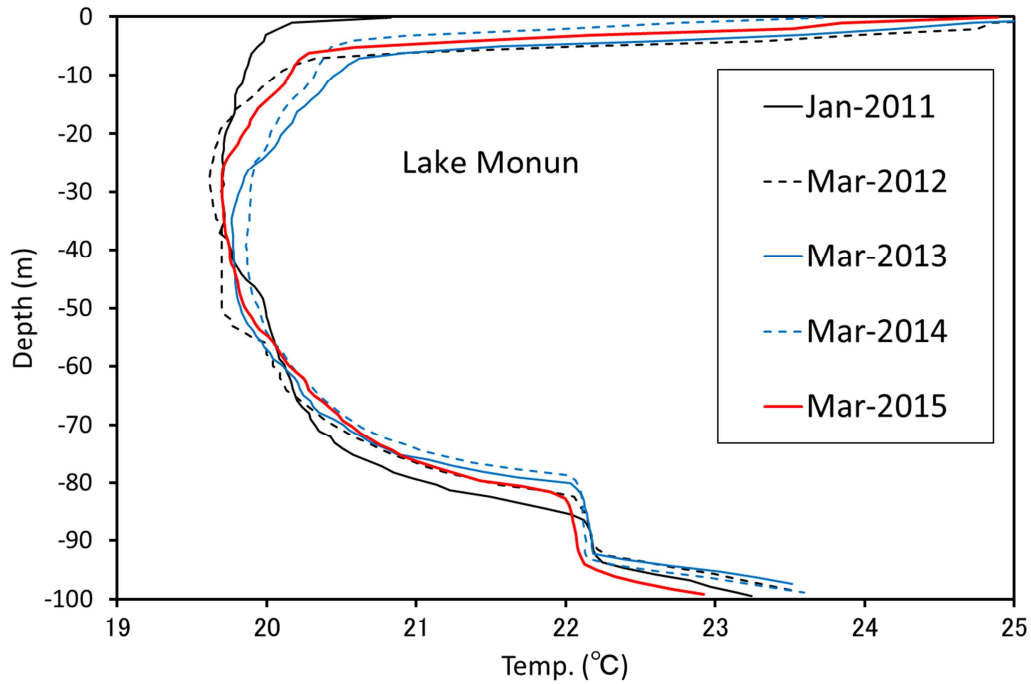


図5. マヌン湖の温度プロファイル

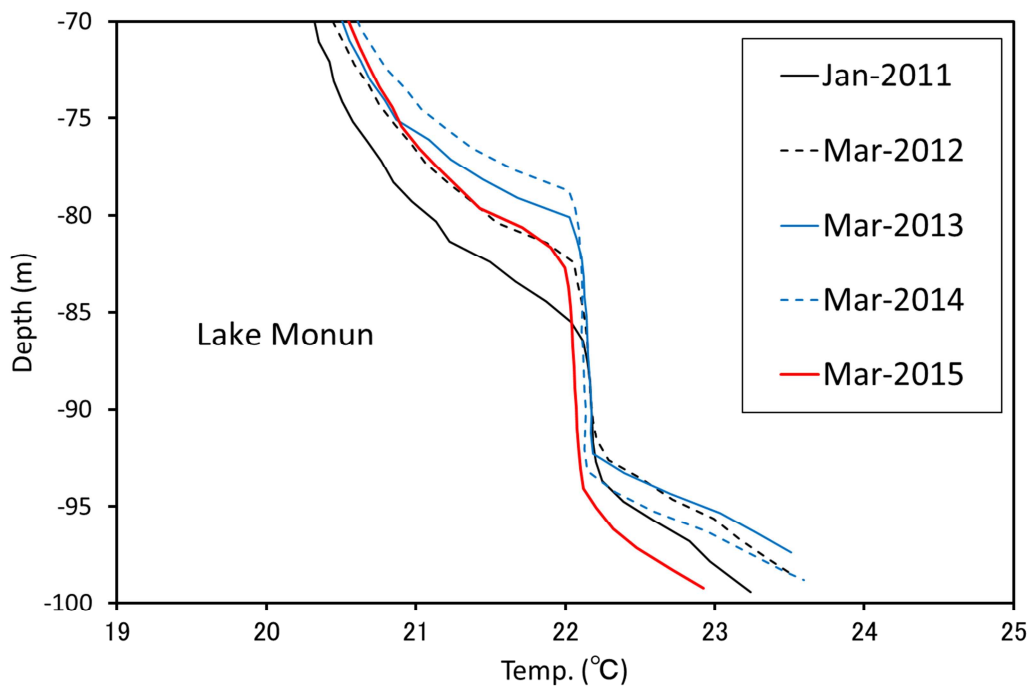


図6. マヌン湖の温度プロファイル (深部領域の拡大表示)

人材育成：

計画を予定通り実行した。5名の博士号取得者を輩出したことは IRGM およびカメルーンの学術基盤に対しインパクトを与える。IRGM の所長であるヘル氏は 2015 年 3 月に開催された JCC において、カウンターパートファンドを利用し、博士号取得後の学生を研究所の研究者として雇用することを表明した。このことは、プロジェクト終了後においてニオス・マヌン湖の監視体制が継続される可能性を高めた。

④ 研究題目 1 のカウンターパートへの技術移転の状況

PDM Activity 5-1, 5-2, 5-3：ほぼ達成した。

湖水 CO₂ 濃度現場測定法を除き、湖水の採取分析法について、技術移転を済ませた。平成 27 年度には確認作業に取り組む。

⑤ 研究題目 1 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

マヌン湖では 2014 年まで CO₂ の蓄積量の増加が進展したが、2015 年になりその傾向は低下に転じた。今後どのように進展するか予断は許されない。CO₂ 蓄積量を確実に抑えるには深層水くみ上げ装置を増設する必要がある。後に述べるように、マグマ成分を高濃度で含む温泉水の流出口の位置が特定されたので、そこに脱ガスパイプの取り入れ口を設置すれば、効率的に脱ガスが行える可能性が出てきた。

(3) 研究題目 2：CO₂-岩石反応を含む物質移動現象の解析

① 研究のねらい

この課題では、ニオス湖、マヌン湖を中心とした CO₂ ガスが問題となる可能性が高い湖及びその周辺地域の地下で起こっている物質移動現象(物質フラックス、水質変化など)を解析することを主目的としている。このため、水や岩石試料の化学分析や同位体分析結果から総合的に判断し、岩石-CO₂ 反応を評価すると共に、実験室内での単純化された岩石-CO₂ 反応試験の結果と比較して、天然での複雑な系の岩石-CO₂ 反応を評価する。

富山大グループ

② 研究実施 方法

現地での試料採取は、ニオス湖、マヌン湖を中心とし、CVL 沿いに分布する火口湖のうち、CO₂ ガスが問題となりうる地域も対象として、湖水・地下水・河川水を採取し、同位体分析(H,O,C,S,He··)や化学分析(主要成分、微量成分)を行うことによって、その地域特有の地下水理や、水質変化の原因、CO₂ 供給量の経年変化の有無及びその原因の解明を行う。また、岩石-CO₂ 水反応室内試験では、現地の岩石と CO₂ を含む水(炭酸水)をいろいろな条件で反応させて、水試料の化学組成変化を観察する。この際、岩石-CO₂ 水反応過程での鉱物の沈殿や溶解現象について、位相シフト干渉計を用いた測定法を導入する。現地では、結晶成長試験装置を湖底付近に設置して、原位置で起こっている化学反応を評価解析する。これらの結果をもとに、岩石反応地化学シミュレーションを行って、反応を規制している因子を把握し、長期的な水質変動・CO₂ フラックスなどの予測を行う。特に、岩石あるいは鉱物の溶解・沈殿現象は、湖底堆積物の変

化や水質変化に寄与することから、物質バランスを考慮しながら検討を行ってゆく。これらの結果をもとに、ニオス湖、マヌン湖の長期的な水質変動を予測し、防災への資料とする。

③ 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

PDM Activity 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 4-1:ほぼ達成した
平成 26 年度の計画と進捗状況は、次の通りである。

(1)ニオス湖を中心とした地域を対象として、水試料・ガス試料・岩石試料の採取と、それらの試料の化学分析・同位体分析

ニオス湖及びマヌン湖周辺の地下水・河川水を、平成 23 年 11 月と平成 25 年 1 月に行った。この調査により、2つの湖を中心とした集水域内の水試料をほとんど採取した。これらの試料の化学成分や同位体成分(水素・酸素)を分析し、地球化学的手法により解析を行った。また、地下水の水循環を検討するために採取した雨水試料は、約1年間分である。

その結果、ニオス湖周辺では、標高が高い地域からの降水に由来しており、周辺岩石との化学反応によって、主要成分が変化していることを見出した。この際、化学成分分析結果から、様々な鉱物の飽和指数を検討し、どの鉱物が反応に寄与しているかを検討し、炭酸塩や斜長石などの鉱物が大きく寄与していることをつきとめている。今までデータがなかった降水の $\delta^{18}\text{O}$ と δD 値について、毎月の試料採取と分析を行い、乾季と雨季での同位体組成の変化を把握し、調査地域へ供給されている降水の平均値を求めている。また、地下水中の CFCs や SF6 などの近年の人工成分の環境への寄与を利用して、平衡論をもとに、地下水の年代を推定し、調査地域の地下水の滞留期間が、21~32 年であることを推定した。また、調査地域に供給される降水の約 30%(941mm)分が地下水として涵養されていることを推測した。これらの結果を総括的に議論して、火山湖としてのニオス湖やマヌン湖周辺の地下水の特徴と今後への対策の提案を行った。特に、ニオス湖周辺の地下水は、標高 1100~1600m の降水に由来しており、高度効果は $\delta^{18}\text{O}$ で、 $-0.24\text{‰}/100\text{m}$ であった。また、ニオス湖やマヌン湖中の深部の CO_2 に富む流体は、深部から供給されており、周辺地下水との関連はないことが結論づけられた。カメルーンからの留学生である Tchakam Kamtchueng Brice 氏は、以上の2つの湖周辺の地下水系の解析結果を学位論文としてまとめ、富山大学大学院理工学教育部地球生命環境科学専攻において、博士(理学)の学位を取得した(平成 27 年3月)。

(2) 岩石- CO_2 反応試験による評価試験

平成 24 年 6 月に、ニオス湖周辺に分布するモンゾナイト花崗岩の薄片を作成し、これをニオス湖の異なる深度に3枚ずつ設置した。回収した薄片の鉱物表面の変化を、顕微鏡観察、EPMA, XRD, XRF を用いて化学成分・鉱物成分変化を観察中である。今後、 CO_2 流体との反応過程や速度を検討する予定である。

(3) ニオス・マヌン湖及び周辺地下水中のバクテリア解析

本テーマは、カメルーンからの留学生である Tiodjio Edwige Rosine 氏が行っているもので、ニオス湖及びマヌン湖の湖水中及びその周辺の地下水・河川水中のバクテリアの種類を同定し、その挙動を解析することにより、多量の CO_2 を含む湖水の生物学的挙動を把握することを目的としている。平成 23 年 11 月と平成 25 年 1 月に現地調査により試料を採取し、現地で前処理を行った後、富山大学にてバクテリア種の同定などを行っている。この調査により、 H_2 生成細菌や CH_4 生成細菌が存在することが示され、国際誌へ発表された。

④ 研究題目2のカウンターパートへの技術移転の状況

PDM Activity 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 4-1:ほぼ達成した

留学生の博士論文研究においては学生自ら分析器等を操作しデータの取得を行ってきている。この活動を通じ、技術移転が確実に行われている。

⑤ 研究題目2の当初計画では想定されていなかった新たな展開

バクテリアについては、2つの湖水で種を同定し、ニオス湖水中に独自の種が存在し、CO₂や他の元素の挙動に密接に関与していることが判明した。これらの成果は、IAVCEIやCVLなどの国際学会や論文として公表した。

(4)研究題目3：湖水爆発の数値シミュレーション

①研究題目3の研究のねらい

本研究題目では、カメルーンのニオス湖およびマヌン湖において大きな災害をもたらした湖水爆発現象について数値的な解析を行い、その現象のメカニズムを明らかにすることを目的としている。湖水爆発に関連する湖水内のCO₂挙動を数値モデル化し、また実際の観測データも使用するなどして他グループとの連携を図りつつ解析に取り組むことによって、湖水爆発の発生メカニズムをより実証的に調べる。本年度は、昨年度までの成果であるCO₂プルーム上昇モデルと湖底内CO₂蓄積過程のモデルに関する数値シミュレーションを統合することによって、本プロジェクトの観測データによって支持されている湖水爆発の発生過程をモデル化し、その詳細な解析に取り組んだ。

本プロジェクトにおける湖水観測、およびプロジェクトメンバーによる過去の観測データによると、脱ガスパイプによるCO₂除去が有効でない場合では、水に不飽和ではあるが一定の濃度を保った高CO₂層が湖底から蓄積していくことが確認されている。この蓄積が促進して飽和状態に近づいた場合に二重拡散対流などによる不安定化現象が生じると、高CO₂濃度層の一部が飽和状態に達し、CO₂プルームが出現することが予想される。これら一連の湖水爆発の発生過程は、これまでの数値解析の結果からもその可能性が支持される重要なプロセスであると考えられる。そこで本年度は、湖底からのCO₂の蓄積過程とその後のプルーム上昇過程に関する数値モデルについて詳細なパラメータ解析を行い、さらにそれらの解析結果を統合することによって、上述の湖水爆発発生過程の可能性を定量的に調べた。また、湖水からのCO₂除去に貢献している脱ガスパイプ内の混相流のダイナミクスに関する数値モデルの構築と解析に取り組み、脱ガスパイプが湖水爆発発生可能性を抑制する効果を定量的に評価することをめざした。

東北大グループ

②研究題目3の研究実施方法

本研究ではまず、湖底からの不飽和な高CO₂濃度層の蓄積・成長によってもたらされると考えられる湖水内中深部からのCO₂プルーム上昇過程について詳細な解析に取り組んだ。昨年度までに構築したWoods and Phillips (1999)による一次元プルーム上昇の数値モデルを用いて、高CO₂濃度層が湖水内中深部で飽和濃度に達した地点での深さや濃度を初期条件とし、またこれまでの観測データから推定される中深部から湖水表面までの間の湖水内のCO₂濃度分布を設定したうえで、プルーム上昇過程を計

算した。図 7 は、計算において設定した湖水内中深部からのプルーム上昇開始地点と CO_2 濃度、またその地点から湖水表面までの間に設定した CO_2 濃度分布であり、ニオス湖 (7a) とマヌン湖 (7b) についてそれぞれ示してある。湖水内の CO_2 濃度分布がそれぞれの湖で最も飽和した時点の観測データも示してあり、これらの分布を参考にして上記計算条件を設定した。また、中深部から湖水表面までの CO_2 濃度分布については、濃度が 0 になる深さ (d_c) を変化させることで、濃度変化の影響を調べた。

湖水内中深部からのプルーム上昇過程を系統的に解析した結果、その中深部でのプルーム上昇開始地点における CO_2 流量がある臨界値より高くなった場合に、プルームは十分に浮力を獲得することで湖水表面に達することがわかった。これは湖水爆発現象に相当すると考えられる。一方で流量がその臨界値より低い場合、プルームは表面に達することなく湖水内で上昇速度が 0 になる。図 8 は、このプルームが表面に達するのに必要な臨界流量 (縦軸) とプルーム上昇開始地点での上昇速度 (横軸) の関係を表す曲線であり、この曲線より上の部分でプルームが湖水表面に達することを示している。この曲線は、図 7 で示した d_c の変動に依存して変化する。図 8 に示した点線はこれまでの定期観測データによって推定されている湖底からの CO_2 供給率であり (Kusakabe et al., 2008), マヌン湖での $d_c = 27$ m の場合を除いて、プルームが湖水表面に達するための臨界流量が、その CO_2 供給率より有意に低くなることがわかった。図 9 は、プルームが湖水表面に達した場合の、プルーム上昇開始地点での CO_2 流量 (横軸) と湖水表面での CO_2 流量 (縦軸) の関係を示しており、湖水表面での CO_2 流量が上昇開始地点での CO_2 流量より高くなっていることがわかる。これは、プルームが上昇中に周囲流体の CO_2 を取り込んでいるためであり、この高流量の CO_2 を湖水表面から効率的に放出する過程は、実際の湖水爆発現象の特徴を反映している。以上の解析結果から、湖水内の CO_2 分布や湖底からの CO_2 供給率などに関する現実的な条件のもとで、湖底からの不飽和な高 CO_2 濃度層の成長とそれに伴う湖水中深部からのプルームの上昇によって、湖水爆発が十分に生じ得ることがわかった。

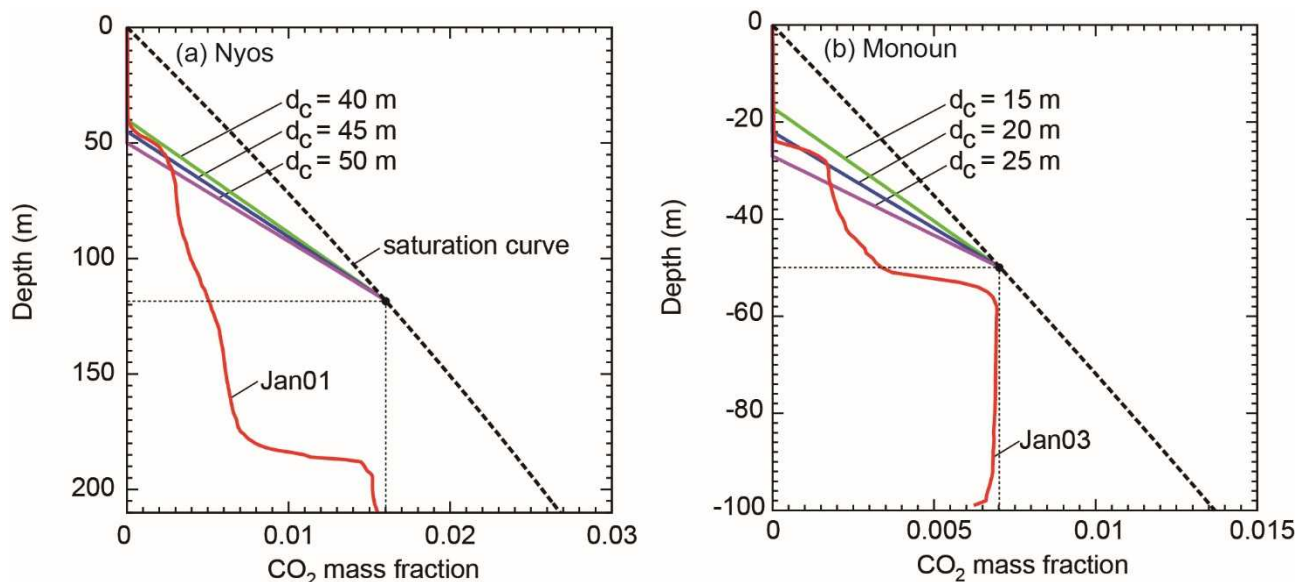


図 7: 湖水内中深部からの CO_2 プルーム上昇過程のモデリングにおいて設定した湖水内中深部からのプルーム上昇開始地点と CO_2 濃度 (黒点), またその地点から湖水表面までの間に設定した CO_2 濃度分布。点線: 飽和曲線。 d_c : 濃度が 0 になる深さ。(a) ニオス湖, (b) マヌン湖。

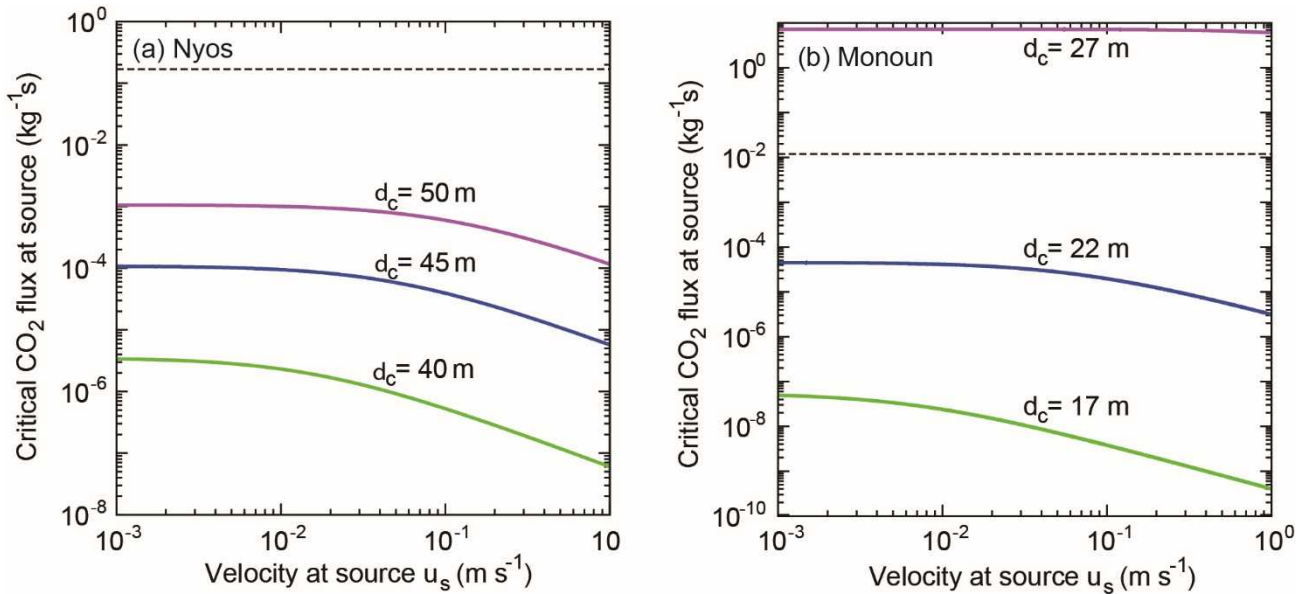


図 8 : 湖水内中深部から上昇する CO₂ プリュームが表面に達するのに必要な臨界流量とプリューム上昇開始地点での上昇速度の関係. 点線は定期観測データによって推定されている湖底からの CO₂ 供給率. (a) ニオス湖, (b) マヌン湖.

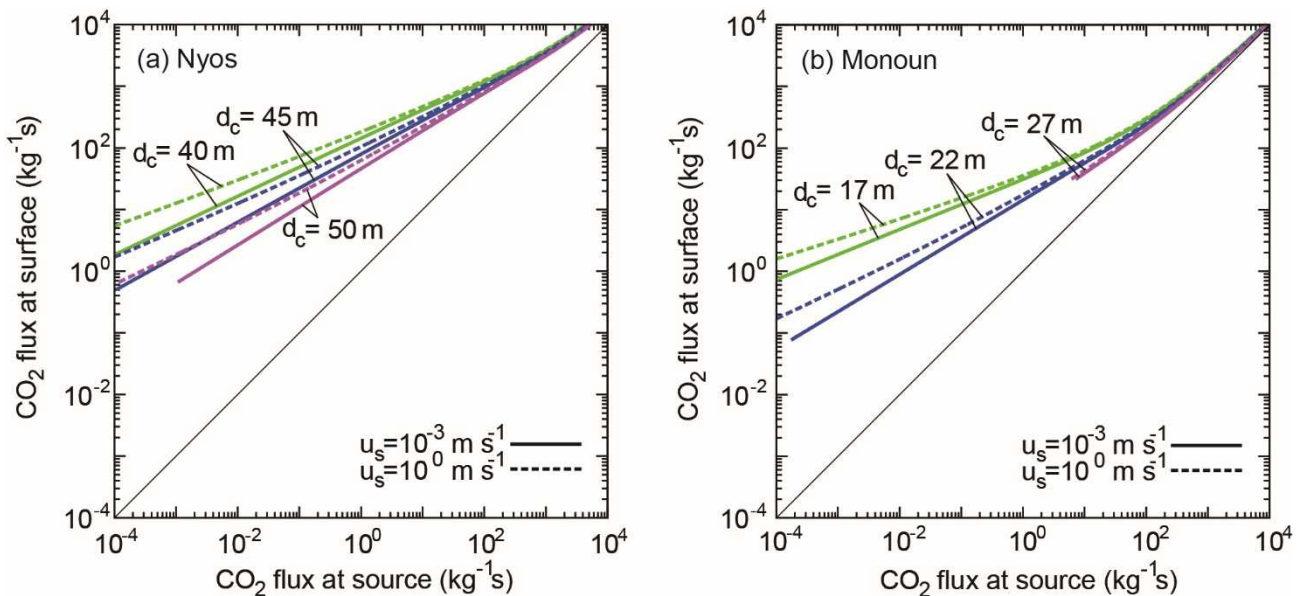


図 9 : 湖水内中深部から上昇する CO₂ プリュームが湖水表面に達した場合の、プリューム上昇開始地点での CO₂ 流量と湖水表面での CO₂ 流量の関係. u_s : プリューム上昇開始地点での上昇速度. (a) ニオス湖, (b) マヌン湖.

次に、上記のプリューム上昇開始に至るまでの湖底における高 CO₂ 濃度層の蓄積・成長過程に関するモデルの解析を行った。移流拡散方程式に基づき、湖底からの濃度一定の CO₂ 供給を仮定し、湖水内の CO₂ 濃度分布が湖水内中深部において飽和曲線に達するまでの過程を調べた。図 10 はその解析結果の一例であり、ニオス湖における最新の観測データを濃度分布の初期条件として、これまでの定期観測データで推定されている湖底からの CO₂ 供給濃度（質量分率で約 0.016）を設定している。湖底からの高

CO₂ 濃度層の成長過程が再現され、また飽和曲線（点線）に達するまでの時間スケールを明らかにすることができた。

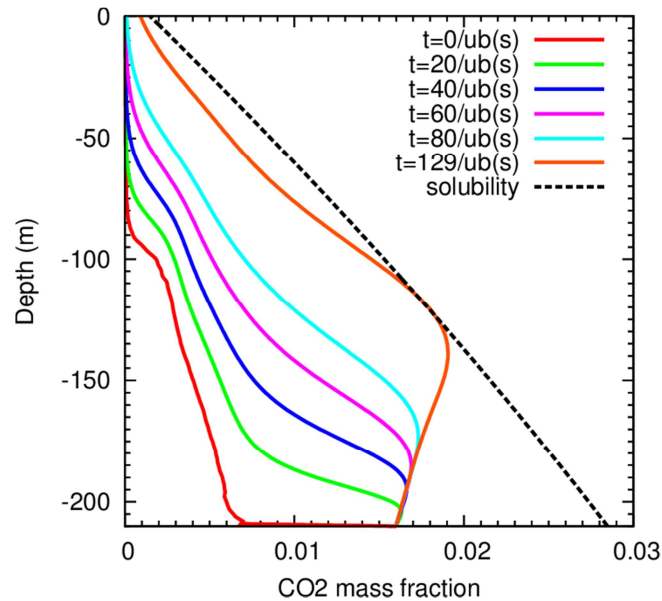


図 10：湖底からの濃度一定の CO₂ 供給によって生じる高 CO₂ 濃度層の蓄積・成長過程における CO₂ 濃度分布の時間変化。点線：飽和曲線。

ニオス湖及びマヌン湖における湖水内 CO₂ 分布に影響を与える重要な要素として、脱ガスパイプを用いた湖水からの人工的な CO₂ 除去が挙げられる。CO₂ に富む湖水が深部の層からパイプを通して引き込まれると、上昇する湖水の減圧に伴う気泡生成と膨張の効果によって、パイプ内の流れが自立して継続（自噴）し、その結果湖水表面において噴水が生じる。定期観測に基づく最新の湖水内 CO₂ 分布によると、湖底における CO₂ 濃度が急激に低下していることから、その湖底 CO₂ 濃度の変化がパイプ内流れのダイナミクスや脱ガスの程度に与える影響を調べるために、本研究では脱ガスパイプ内の湖水の流れに関する数値モデルを新たに構築し、その解析を行った。モデルの構築においては、脱ガスパイプ内の水と CO₂ 気泡による気液混相流を圧縮性流体力学に基づきモデル化し、水に対する CO₂ の溶解度則やパイプ内における流れに対する抵抗力の効果などを厳密に設定した。

図 11 に、数値解析から得られた脱ガスパイプ内の混相流の圧力 (11a)・発泡度 (11b)・速度 (11c) の分布を示しており、上昇に伴う減圧によって (11a)、パイプ中央部で発泡が開始した後に発泡度が増加し (11b)、それによって上昇速度が急増している (11c) ことがわかる。また、湖底付近に位置するパイプ入口での CO₂ 濃度 (n_0) に依存して、流れの特徴も変化している。図 12 には、この n_0 に依存したパイプ流れの特徴の系統的な変化を整理しており、またニオス湖及びマヌン湖に設置された様々なパイプの長さ (L) 及び内径 (D) の条件の効果も考慮している。 n_0 の増加とともに、パイプ出口における噴出速度 (12a)、発泡度 (12b)、圧力 (12c)、水・CO₂ の流量 (12d) が増加する様子を定量的に求めることに成功した。特に図 12d の CO₂ 流量は湖水からの脱ガスの効率を定量的に評価するうえで非常に有用である。また、図 12a で示した噴出速度を用いて、パイプ出口から形成される噴水の高度を推定することができるため、図 13 にはその噴水高度と n_0 の関係を曲線で示している。一方で噴水高度は湖水表面において容易に観測が可能であるため、その噴水高度の観測値と、観測時点での CO₂ 濃度定期観測データより推定される湖底における CO₂ 濃度、すなわち n_0 の関係を図 13 にプロットしてある。注

目すべきことに、モデル解析においてフィッティングパラメータを一切使用していないにもかかわらず、本モデルの結果は観測データと非常によく一致している。このことは、本研究で構築したモデルが脱ガスパイプのダイナミクスを正確に再現していることを示している。図 13 で示された本モデルの結果は、高頻度の観測が可能な噴煙高度から、湖水爆発の発生可能性を評価するうえで重要な湖底における CO_2 濃度を推定することができる非常に有用なものである。

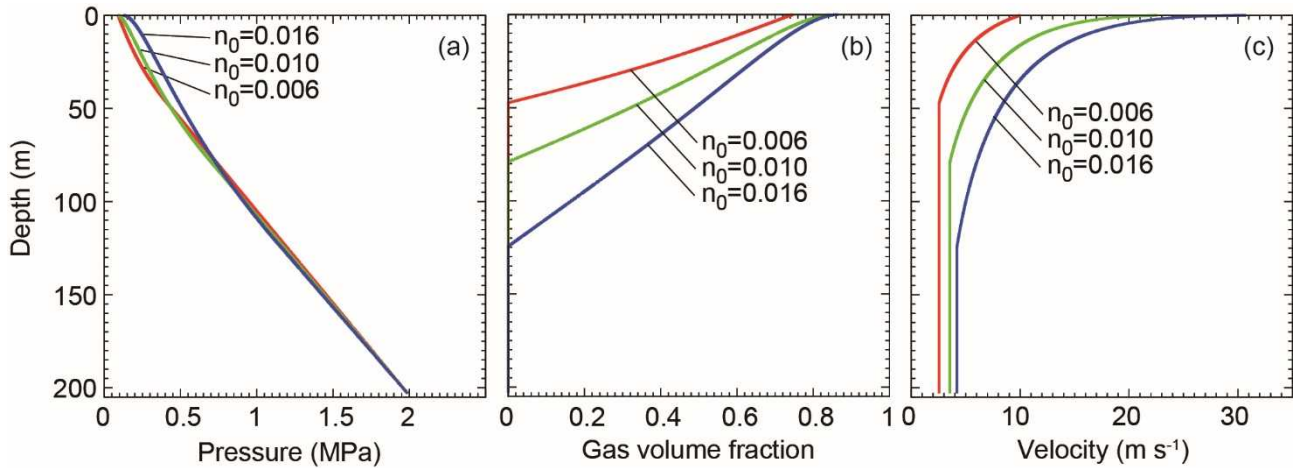


図 11：脱ガスパイプ内の混相流モデルの数値解析から得られたパイプ内の圧力 (a)，発泡度 (b)，速度 (c) の分布。 n_0 ：湖底付近に位置するパイプ入口での CO_2 濃度。

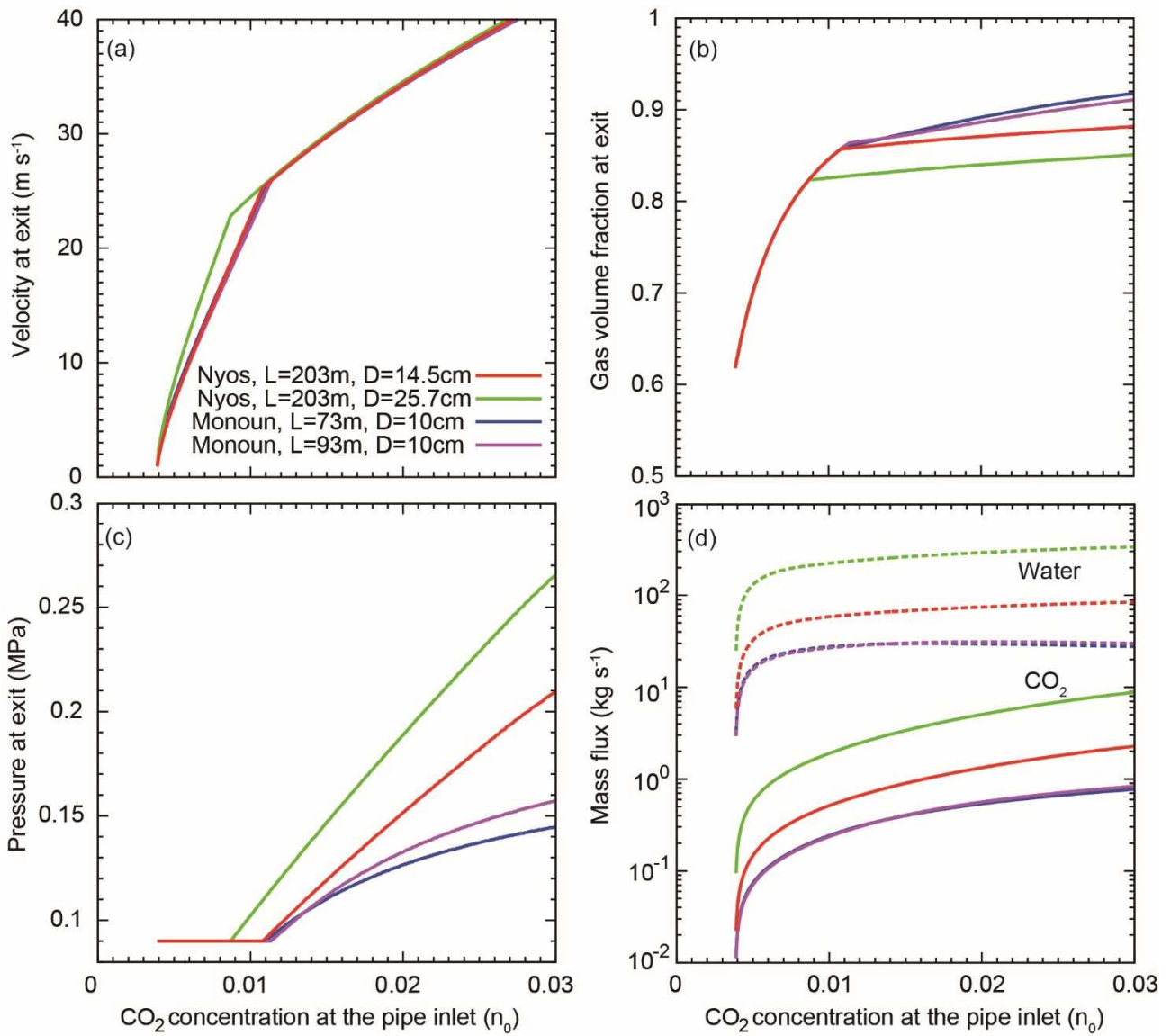


図 12 : パイプ入口における CO₂ 濃度 n_0 を変化させた場合の、パイプ出口における噴出速度 (a), 発泡度 (b), 圧力 (c), 水・CO₂ の流量 (d) の変化. ニオス湖及びマヌン湖に設置されたパイプの長さ (L) 及び内径 (D) を考慮している.

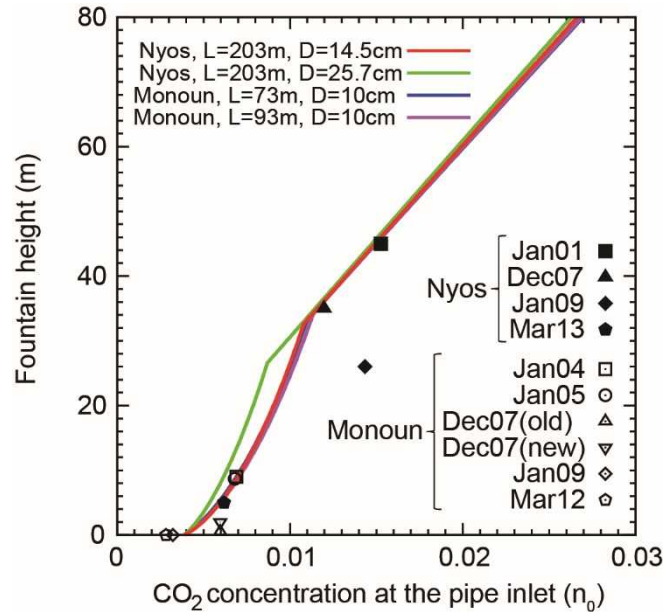


図 13：数値モデルから得られた、パイプ出口から生じる噴水の高度とパイプ入口における CO₂ 濃度の関係。観測データもプロットしている。

③研究題目 3 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

PDM Activity 1-1:達成した。

本研究題目において本年度は、Output 1.The mechanism of limnic eruption is understood と Activity 1-1. The conditions under which limnic eruption can occur are constrained through computer-simulation に関連して、数値シミュレーションに基づき、湖底からの不飽和な高 CO₂ 濃度層の成長とそれに伴う湖水中深部からのプルームの上昇によって、現実的な条件のもとで湖水爆発が生じ得ることを示し、さらにその湖水爆発が生じる臨界条件を明らかにした（図 8）。この結果は、湖水のモニタリングに基づき湖水爆発の発生可能性を評価するうえで、極めて重要なものである。また、本研究の結果は、高 CO₂ 濃度層の成長過程と、その成長層の上端部に関する詳細なモニタリングを行うことが、湖水爆発の開始を捉えるうえで非常に重要であることを指摘しており、湖水爆発開始の検知に必要なモニタリングの精度に関する情報を提供することが可能となった。また、脱ガスパイプ内の流れの数値モデリングの成功によって、脱ガスパイプが湖水爆発発生可能性の抑制に果たす役割を定量的に評価することができ、また、観測が容易な噴水高度から、湖底における CO₂ 濃度という重要な情報を得ることが可能となった。以上のことから本年度は、当初の計画通りに成果を達成することができた。

④研究題目 3 のカウンターパートへの技術移転の状況

PDM Activity 1-1:達成した

本研究題目においては、カメルーン・IRGM の Romaric Ntchantcho 氏が JICA 招へい外国人研究員（研修員）として東北大学に短期滞在し、湖水爆発現象に関する数値モデル構築、コード開発、シミュレーションの研修を実施した。具体的には、上記項目でも紹介した一次元プルームモデル、脱ガスパイプモデルのコード開発から数値シミュレーションの結果を得るまでの一連の過程に関する技術を習得してもらった。また、これらの数値シミュレーションをカメルーンにおいても実施できる数値計算環境も同時に整備した。以上によって、数値シミュレーションに関する技術移転が格段に進展した。

⑤研究題目3の当初計画では想定されていなかった新たな展開

脱ガスパイプ内の流れのモデリングに関しては、当初計画では想定していなかったが、計画以上にモデル構築と解析が進展し、湖水爆発の発生可能性評価に大きく貢献することができた。

(5)研究題目4：ニオス・マヌン湖のCO₂供給システムの解明

① 研究題目4の研究のねらい

目的は、ニオス湖・マヌン湖のCO₂供給源とその拡散経路を解明すること、および、湖水爆発の前兆をモニター可能な観測手段を開発し、観測態勢を整えることである。

大阪大グループ

②「ニオス・マヌン湖のCO₂供給システムの解明」の研究実施方法

マルチビームソナーによる湖盆地形測量、高水圧対応カメラ、温度計、水中音速測定装置などによる、溶存二酸化炭素の湖水内の三次元的観測を元にCO₂供給源を探索する。また、湖水周辺の濃度測定によりCO₂拡散経路の二次元分布を把握する。それらの知見をもとに、前兆現象を継続的に調査できる長期利用可能な観測システムを開発する。

③「ニオス・マヌン湖のCO₂供給システムの解明」の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

PDM Activity 1-2, 2-1, 2-2：達成した。

三次元湖水観測に関しては、これまでに、溶存CO₂濃度を水中音速と電気伝導度から推定する手法の開発に成功した。さらに、水中音速のみでも溶存CO₂濃度の推定ができることを確認した。26年度には、これらの測定方法の技術をカメルーン側研究者に講習し、測定装置も供与し、27年度以降カメルーン研究者のみで観測を継続できる体制を整えた。これまでの現地測定により湖水中のCO₂濃度の3次元計測データについて、ニオス湖マヌン湖ともに23年度、25年度、26年度のデータが蓄積され、CO₂濃度の水平垂直変化や年単位での変化を把握することができた（図14）。

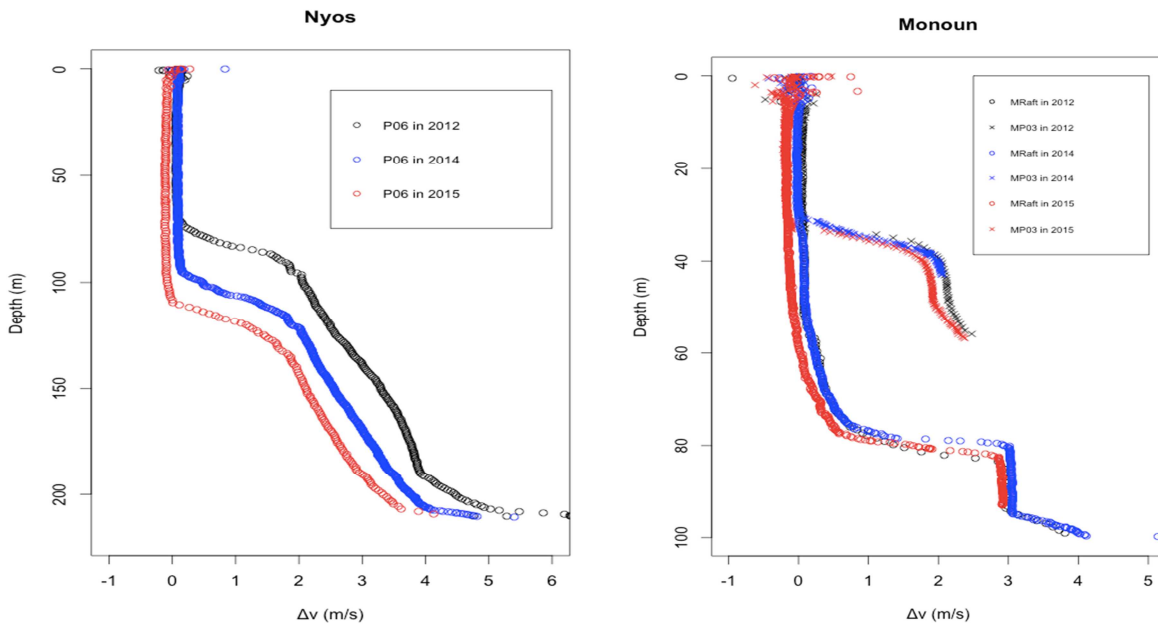


図 13：ニオス湖（左）マヌン湖（右）の水中音速度変化深度分布の代表的なデータ抜粋。音速度の変化量は溶存する CO₂ 濃度と高い相関がある。ニオス湖の CO₂ 高濃度層の厚さが年々減少していることや、マヌン湖の場所による濃度分布の違いがはっきりと現れている。

土壌・大気 CO₂ 観測に関しては、25 年度に、CO₂ センサーとマイコンボードを組み合わせて、土壌中拡散 CO₂ および大気中 CO₂ 濃度を観測できるポータブルな装置を開発した。25 年度末の予備測定で、土中 CO₂ は土中微生物の発生する CO₂ が大半を占めていることがわかった。また、空中 CO₂ 濃度は、ニオス湖では脱ガスパイプの影響がほぼ全てを占めており、ニオス湖の脱ガスパイプから離れた地域やマヌン湖周辺では、他地域の CO₂ 濃度と大差ないことがわかった。よって 26 年度は、湖水表面からの CO₂ 放出量の観測を集中して行い、放出量の分布を得ることができた。

湖盆地形観測に関しては、26 年度までにマルチビームソナーをゴムボートに搭載し観測運用できるよう搭載治具を開発し、国内で運用訓練をしながら改良を続けてきた。これらの成果を受け、26 年度にカメルーン側研究者にマルチビームソナーの供与を完了した。そして、26 年度 11 月にマヌン湖でのマルチビームソナー運用を行い、マヌン湖底の詳細地形図の作成に成功した（図 15）。26 年度 3 月にはニオス湖の湖底地形の測定を行い、ニオス湖底の詳細地形図の作成にも成功した（図 16）。詳細地形図の作成により、マヌン湖東部に二酸化炭素供給源（地下水噴出口）の疑いのある窪地を発見した。さらに、この窪地に対して電気伝導度測定や、水中音速測定を行い、地下水供給源であることを裏付けるデータを得た。

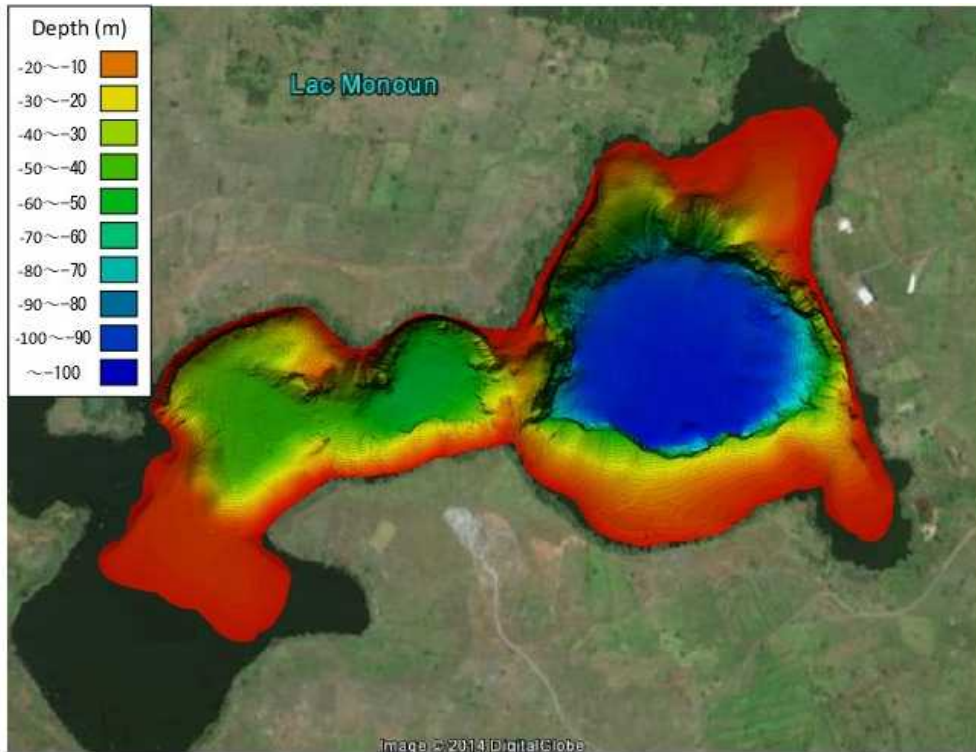


図 15. マルチビームソナーによるマヌン湖の湖盆地形

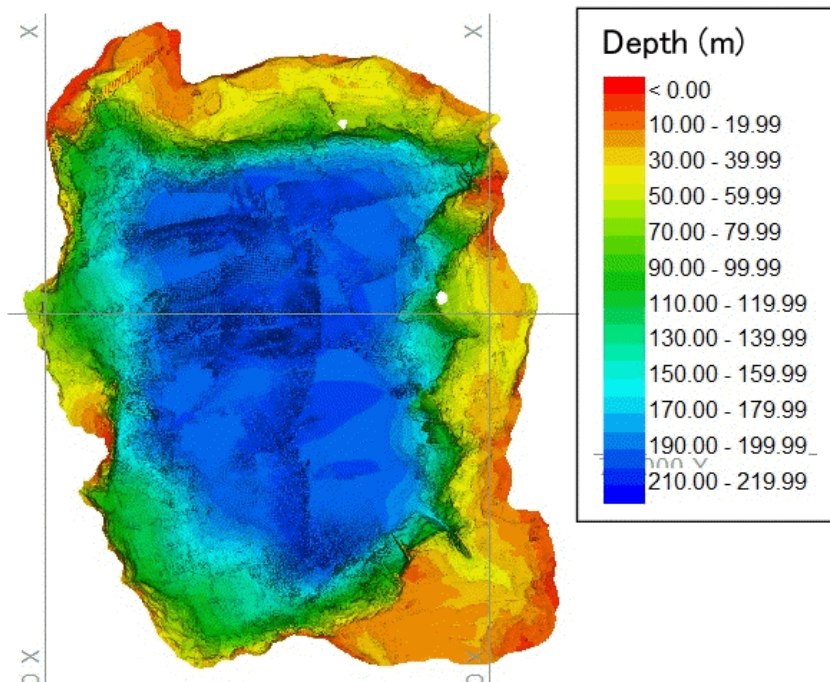


図 16. マルチビームソナーによるニオス湖の湖盆地形

また 25 年度末に完成させた耐水圧水中カメラをさらに改良し、26 年度は湖水中でのカメラの姿勢がわかる装置を開発した。これらを使って、26 年度末の調査では、マルチビームソナーで発見した地下水噴出口らしき地形の水中撮影を行った。期待した流水の存在は確認できなかったが、湖水の透明度の垂直変化のデータを得たので、両湖水の中でどのような化学反応が起こっているかを推定するデータとして役立てたい。

④「ニオス・マヌン湖の CO₂ 供給システムの解明」のカウンターパートへの技術移転の状況
PDM Activity 1-2, 2-1, 2-2 : 達成した.

マルチビームソナー、水中音速度測定装置、大気 CO₂ 濃度測定装置は、全て供与を完了した。マルチビームソナーに関しては、10 月～11 月に使用・解析講習会をヤウンデ、およびマヌン湖で実施し、技術的移転を行い、2015 年 3 月のニオス湖調査で実践訓練を行った。その他の装置に関しても、2015 年 3 月のニオス湖・マヌン湖の調査で装置使用やメンテナンス方法を指導することができた。

⑤「ニオス・マヌン湖の CO₂ 供給システムの解明」の当初計画では想定されていなかった新たな展開
水中音速による湖水中 CO₂ 濃度の測定方法の開発が想像以上にうまく進んだので、さらに安価で手軽な測定方法の検討も始めた。実用可能かどうかを 27 年度中には確定したい。

(6) 研究題目 5 : 地下水流動系の解明

① 研究題目 5 の研究のねらい

水文学的手法とリモートセンシングを統合し、地下水流動系を解明する。

東京大グループ

② 研究題目 5 の研究実施方法

マグマから放出された CO₂ ガスは主に地下水に吸収されニオス・マヌン湖に供給されると考えられる。したがって、マグマから放出された CO₂ の行方は、地下水の動きに依存している。本研究グループでは、湖に蓄積する CO₂ の収支を包括的に把握することを目的として、ニオス湖およびマヌン湖周辺領域における地下水流動を GIS ならびに地球化学的手法により解明する。また衛星リモートセンシングを用いて CO₂ の放出・移動形態を明らかにする。

③ 研究題目 5 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

PDM Activity 2-2 : 当初の計画を超えて貢献している。

(1) 衛星観測要求

日本の環境省、国立環境研究所、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が共同開発し、2009 年 1 月に打ち上げられた温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）に搭載された主センサー（TANSO-FTS）により、大気中の二酸化炭素（CO₂）とメタン（CH₄）の鉛直平均濃度（XCO₂ と XCH₄）が測定されている。通常、全球を等間隔に切ったメッシュ状の点（標準メッシュ点）について、3 日周期で観測を行っている。平成 25 年度はこの標準メッシュ点観測データの中に、ニオス湖付近のデータがあるかを調査したところ、極めて限定的ながらいくつかの観測データが見つかった。その濃度分布等を調べたところ、弱い季節変化が認められた。しかし、データ数があまりにも少なく、その絶対値が CO₂ 放出と関連があるか、あるいは、何らかの予兆を捕らえるのに有用なデータなのかの判断をすることはできなかった。

GOSAT はプロジェクトの方針として、公募研究の責任者とサイエンスチームのメンバーには、観測地点を指定する「観測要求」の権利が与えられている。当該題目の実施者は、サイエンスチームのサブリーダーとして、SATREPS に関連する観測要求の必要性の説明を行い、正

式にサイエンスチームメンバーの立場から、ニオス湖周辺の観測要求を出せることが認められた。これを受けて、2013年11月4日を初日とし、それ以降6日ごとに、ニオス湖(6.44°N, 10.30°E)とマヌン湖(5.58°N, 10.59°E)を中心に、それぞれ5地点の観測要求を提出している。その観測地点の位置を図17(a)に示す。2014年末までに、約60回(延べ600地点)の観測要求を行った。

(2) 取得データ

GOSAT搭載のセンサーは、光学センサーであるため、センサーの瞬時視野(直径10.5km)の中に少しでも雲があると有意なデータとならない。そのため、要求をした地点も含め、対象地域について、2009年4月～2014年3月までの間に延べ34地点(2013.6.13までの9日間に10地点、2014.11.29までの4日間に24地点)のデータが得られたのみである。特に、モヌン湖付近については、ほぼ常時雲があり、1回も晴天条件での観測が行われなかった。図17(b)は、視野内に雲がある場合の画像データの例である。ニオス湖付近についても、11月から2月の乾季以外では、ほとんど観測が行えていない。また、他の研究者がニオス湖の中心点について観測要求を出しているが、湖面はセンサーが用いる短波長赤外線(Shortwave Infrared)の反射率が低い(約0.1)ため、晴天時に観測が行えても、感度不足によりプロジェクト側でCO₂濃度の解析を実施していない。

加えて、2014年5月中旬に、GOSATの観測用ミラーの不具合が発生し、要求された観測が実施できない事態が発生した。その後、2015年1月末に予備のミラーの切り替えに成功し、2月7日より、これまで通りの観測を再開したが、この間のデータの質は悪く、現在、プロジェクト側でデータ処理の方法を検討中である。しかし、現時点において、データ提供できる見込みは立っていない。

上記の通り観測が行えた34地点について、その位置と標高、および、MODIS-IGBP(Hodges, 2001)による土地被覆分類を図2に示す。図から分かるように、ニオス湖を取り囲むように観測点が分布している。湖の北西側から南東側に向かって標高が高くなり、それに伴い広葉樹林からサバンナへと植生分布に違いも見られる。

(3) 解析結果

a. 地域特性

上記34データについて、CO₂濃度、CH₄濃度、および、CO₂とCH₄の濃度比を図19に示す。この図から分かるように、CO₂、CH₄ともに湖の東側から北側にかけて濃度が高い。一般に、都市や湿地などのCH₄発生源の影響を受けているかなどの指標としてCO₂/CH₄の値が参考情報として用いられるが、今回のデータについては特徴的な違いは見られなかった。

b. 標高依存性

CO₂濃度を観測地点の標高の関数としてプロットしたのが図20(a)である。まず、多くのデータが395ppmを超え、先進国の都市近郊での値に近い値を示していることが特徴的である。また、明らかに標高と濃度に逆相関が見られる。全球的に見れば、地表で正味のCO₂発生となるため、大気中のCO₂濃度は下層ほど高い。それを反映して、鉛直平均濃度(XCO₂)についても、標高が高いほど、濃度の高い下層大気が含まれない分、値は小さくなる。しかし、図20の結果では、1500mの標高差で15ppmという大きな濃度差となっている。一般的な濃度の鉛直

分布を仮定した場合の標高の違いだけで、これが説明のできるかについては、より詳細な検討が必要である。

c. 植生タイプとの関係

観測地点の土地被覆分類としては、図 18(b)に示したとおり広葉樹林（タイプ番号：2）、樹木を伴うサバンナ（タイプ番号：8）、および、サバンナ（タイプ番号：9）の3種類である。そのタイプごとのXCO₂値をプロットしたものが図 20(b)である。広葉樹林からサバンナになるに従い最高濃度が高くなり、光合成によるCO₂の取り込み量の減少に対応しているようにも見える。また、樹木を伴うサバンナにおいては、かなり低い濃度までバラツキがあるのも、植生によるCO₂の取り込みの効果と考えられる。ただ、植生タイプが標高と連動しているため、高度の効果と植生タイプの違いによる効果の分離は難しい。この点を明らかにするためには、詳細な植生情報を取り込んだCO₂輸送モデルを用いたシミュレーション解析などが必要であろう。

（4）まとめと今後の課題

今回の観測では、CO₂濃度について、湖周辺の場所による違いや、標高・植生依存性が見られた。これらが、CO₂放出とは関係のない人為や自然起源の活動、対象域外からの輸送で説明できるのか、あるいは、その説明の範囲を超えた変化が捉えられているのかの判断は難しい。特に、標高が1000m付近でXCO₂値にして395ppmを超える高い値を示している点については、同地域の平常時において、この値が妥当なのかの検討が必要である。

いずれにしても、今後の観測データの蓄積と、対象地域の地形や植生を考慮したCO₂輸送モデルによる解析により、CO₂放出に関連した事象の研究に、CO₂の衛星観測データが有用かどうかの検討を深めていく必要がある。

引用文献

Hodges, John. 2001. MODIS MOD12 Land Cover and Land Cover Dynamics Products User Guide-Introduction. Accessed February 23, 2006 at <http://www-modis.bu.edu/landcover/userguidelc/intro.html>.

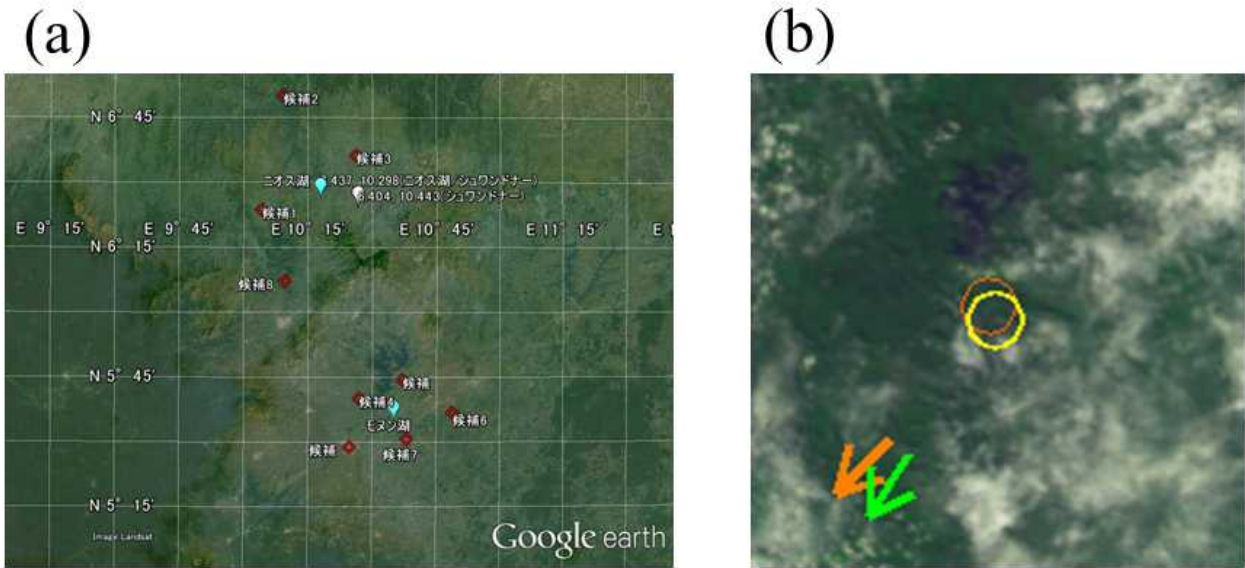


図 17 (a)ニオス湖とモヌン湖周辺での GOSAT による観測要求地点、(b)モヌン湖周辺のセンサー視野（黄丸）周辺の擬似カラー画像（GOSAT/CAI）の例（2014年3月4日）

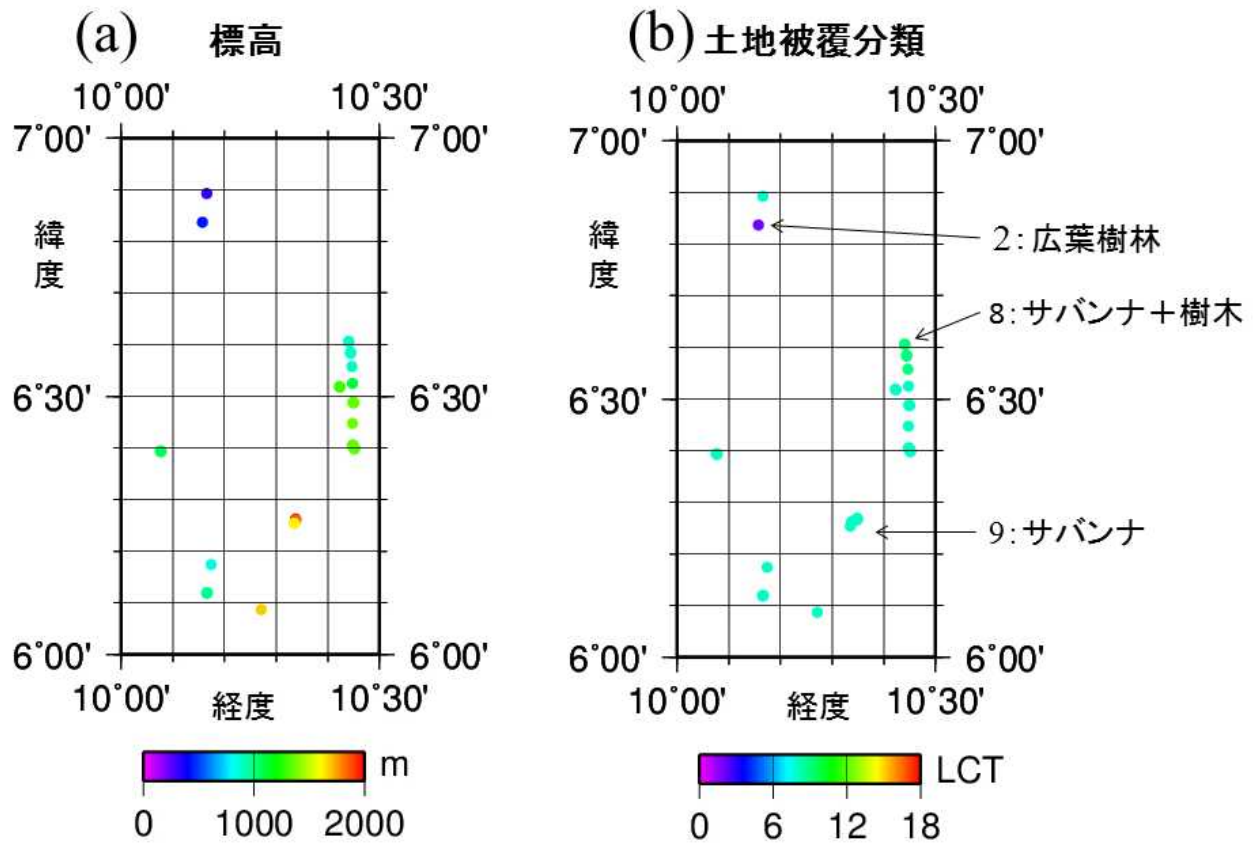


図 18 GOSAT 観測地点の(a)標高と(b)MODIS-IGBP 土地被覆分類

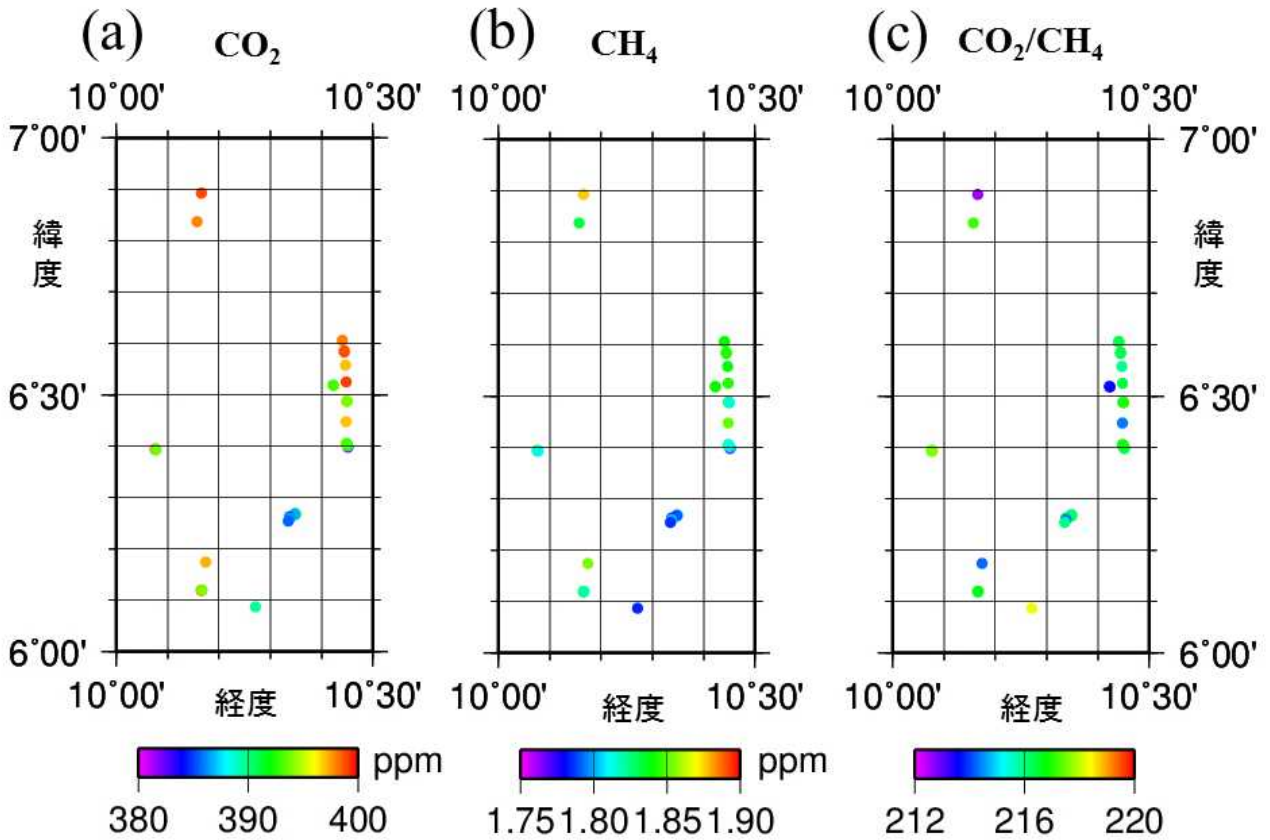


図 19 GOSAT による観測結果。(a) CO_2 鉛直平均濃度、(b) CH_4 鉛直平均濃度、および、(c) CO_2 と CH_4 の濃度比。

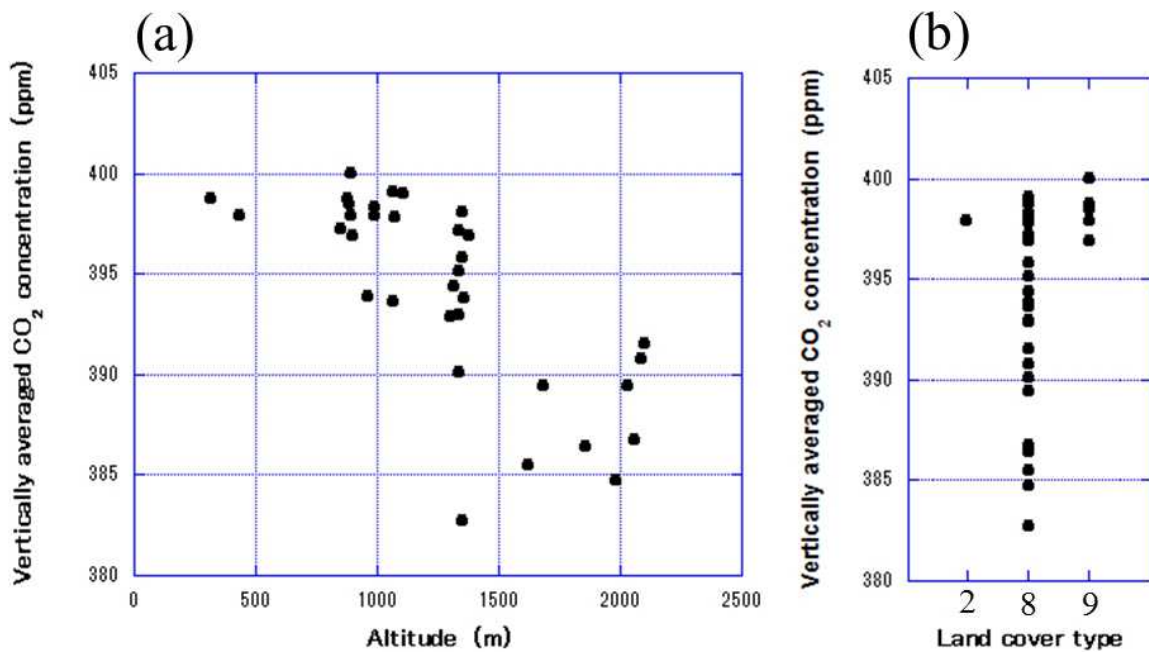


図 20 GOSAT により観測された CO_2 鉛直平均濃度。(a)標高、(b)土地被覆分類ごとの濃度。

④ 研究題目 5 のカウンターパートへの技術移転の状況

東京大グループは、ニオス・マヌン湖の周辺の地下水流動系の解明に関し、平成 27 年 3 月に学位を取得した Brice 氏の指導を富山大グループと共同で実施した。その意味において、Brice 氏が学位取得後に帰国し、IRGM に職員として採用される、あるいは客員研究員などとして研究に参画することにより技術の移転は完了する。

⑤ 研究題目 5 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

当初計画では衛星によるニオス・マヌン湖周辺における大気 CO₂ 濃度の観測は予定されていなかったが、実際にデータが取得できたことは意義がある。

(7) 研究題目 6 : カメルーン火山列の火山湖周辺における噴火活動履歴の解明

① 研究題目 6 の研究のねらい

火山ガス災害が発生したニオス湖とマヌン湖など、カメルーン火山列の火山周辺域において、カメルーン側研究者と協力して地質学的調査を実施し、それらの火山の噴火活動履歴と主な噴火の特徴を解明する。

熊本大グループ

② 研究題目 6 の研究実施方法

期間全体の研究目的を達成するために、平成 26 年度は火山ガス災害が発生したニオス湖において地質学的調査を実施して、同地域の地形地質を明らかにした。

③ 研究題目 6 の当初の計画（全体計画）に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

PDM Activity 7-2（地質図の作成から噴火史の解明に内容を変更）：達成された。

平成 26 年度の現地調査によって明らかになったニオス湖とその周辺域の地形地質の概要は次の通りである。

ニオス湖周辺域の地質概説

ニオス湖周辺の基盤岩は、先カンブリア紀の花崗岩類で構成され、これらは主に N-S 方向および N70E 方向の断層によって切られている。これら基盤岩類は、ニオス湖北岸～西岸に絶壁を構成して露出する。ニオス湖は、長径約 2 km、短径約 1.2 km の南北に伸びた輪郭を示すマールである。東北東約 1 km には底径約 700 m のスコリア丘が存在する。本研究では、ニオス湖と周縁のスコリア丘を総称してニオス火山と呼ぶ。

ニオス湖周辺域における火山地質

ニオス湖北西岸の基盤岩中に 2 枚の岩脈を発見した。貫入面はいずれも N70E 方向を示し、幅は 50 cm 前後。無斑晶質の玄武岩である。

ニオス湖北岸～北東岸では基盤岩を覆って火砕物や溶岩が認められる。これらの噴火層序は下位から、a) 爆発角礫岩、b) スコリア層、c) 溶岩、d) 火砕サージ堆積物である (図 21)。これら噴出物の間に



図 21. 基盤岩（花崗岩質岩石）を覆うニオス湖噴出物（ニオス湖北東岸）

再堆積物や土壌層などは認められない。a) 爆発角礫岩は、湖岸東側の一部で観察できる。最大層厚 3 m 以上。基質支持で角礫の石質岩片（最大径 50 cm）に富む雑多な岩相を示す。急冷縁を持つ玄武岩のほか、花崗岩、カンラン岩を含む。b) スコリア層は、最大層厚 10 m。礫支持で発泡した分級のよいスコリア（最大径 20 cm）からなる。本層には新鮮で急冷縁を持つ無斑晶質な石質岩片も含まれ、スコリアと岩質を異にする。ほかに花崗岩、カンラン岩の外来岩片も含まれる。c) 溶岩は、最大層厚 7 m。緻密で比較的斑晶の多い玄武岩である。湖岸では、おおむね東岸で堆積水準が低く、北岸で高い。これは基盤の形成する原地形を反映したものと思われる。北岸において、湖面から 20m ほどの高さにある基盤岩とスコリアを覆うことから、溶岩を供給した火口はそれよりも高所にあったと考えられる。また、ニオス湖とスコリア丘の間を流れる河床で、d) 火砕サージ堆積物に覆われる本溶岩を認めた。d) 火砕サージ堆積物は砂サイズ以下の細粒物を欠き、斜交～平行層理が発達する。北～東岸で厚く (>30 m)、西岸では比較的薄い (<10 m)。ニオス湖北西～東方の 1～2 km 以上に広がって分布する。本質物質は、発泡が悪く比較的斑晶の多い亜角～亜円礫の玄武岩が大部分を占めるが、基底部では急冷縁を持ち無斑晶質な玄武岩も認められる。遊離結晶も多量に含まれる。花崗岩、カンラン岩も多く含む。ニオス湖から北西約 2 km では、本層基底部に火山豆石を含む火山灰層が複数挟在するのが認められる。

ニオス湖東北東約 1 km に存在するスコリア丘は、大きく東西に分裂しており、東側のスコリア丘の南斜面は崩壊したような構造と断面が認められる (図 22)。崩壊物と思われるブロックも点在する。露頭が十分でないことから、詳しい噴火層序は確立できなかったが、スコリア丘の噴出物は、下位から e) スコリア層、f) 火山弾およびアグルチネート、g) 溶岩が確認できた。e) スコリア層は、ニオス湖周辺の複数の露頭で d) 火砕サージを覆う。両者の間には不明瞭ながら薄い風化帯が認められる。層厚および粒径は、スコリア丘に向かって増加し（最大層厚 >120 cm）、分布主軸は西南西である。著しく発泡のよい玄武岩からなり、花崗岩、カンラン岩の外来岩片も含まれる。f) 火山弾は、スコリア丘の西方

～南方周辺 500 m 付近に散在する。e) スコリア層を押しつぶすように定置するのが認められる。火山弾はスコリア丘の近傍で直径 1 m を超え、アグルチネートとして産する場合もある。スコリア丘を給源とする g) 溶岩は少なくとも 2 層認められる。ひとつは、スコリア丘の分裂中心から、南～南西方へ数百 m 程度流下した塊状溶岩である。斑晶が比較的多く、かんらん石や輝石の巨斑晶を含む。もうひとつは、スコリア丘から 2 km 以上を流れた溶岩で、スコリア丘の北西部に広く分布する。無斑晶質で、花崗岩、カンラン岩の捕獲岩を含む。



図 22. ニオス湖東北東 1 km に位置するスコリア丘 (左) とジュピ (Njupi) 湖 (右)

④研究題目 6 のカウンターパートへの技術移転の状況

PDM Activity 7-2 (地質図の作成から噴火史の解明に内容を変更) : 達成された。

平成 26 年度の現地調査はカメルーン国立地質調査所 (IRGM) 研究者と協力して行い、調査方法とその意義について情報を伝達した。また、共同で現地調査を行うことにより、カメルーン側研究者に地質調査方法や噴出物の解釈などについての技術指導を行った。

⑤研究題目 6 の当初計画では想定されていなかった新たな展開

とくになし

(8)研究題目 7 : カメルーン火山列 Oku Volcanic Group における火山岩の成因に関する地球化学的研究

①研究題目 7 の研究のねらい

ギニア湾から北東に連なるカメルーン火山列は、海洋地殻から大陸地殻まで連続してブルームタイプの玄武岩を産する極めて特殊な火山群である。本研究では CO₂ ガスにより多数の死者を出したニオス湖が属する Oku Volcanic Group の岩石学的成因について、火山岩の主成分・微量元素組成および放射性同位体分析に基づいて研究を行う。最終的にはニオス湖の CO₂ 発生の原因となったマグマ活動について、その起源と素過程を理解することが目的である。

東工大グループ

②研究題目 7 の研究実施方法

2013 年 11 月~2014 年 1 月に Oku Volcanic Group において採取した岩石試料の化学分析を実施する。岩石試料を粉末化し、主成分組成(80 試料)を XRF、微量元素組成(50 試料)を ICP-MS、Sr・Nd・Pb 同位体組成(30 試料)を TIMS によりそれぞれ測定する。同時にこれら試料の薄片を作成し、鉱物学的観察も行う。分析データを用いて岩石の成因について考察し、学会等で発表すると同時に、国際誌に成果を公表する。また、東工大の博士課程 3 年である Asobo N.E. ASAAH は、博士号取得を目指し、研究を完遂させる。

③研究題目 7 の当初の計画(全体計画)に対する当該年度の成果の達成状況とインパクト

PDM Activity 7-1: 達成された。

計画はほぼ予定通り遂行された。2013 年に Oku Volcanic Group において採取した岩石試料から、変質を受けていない試料約 80 点を選択し、主成分組成を XRF、微量元素組成を ICP-MS、Sr・Nd・Pb 同位体組成を TIMS によりそれぞれ測定した。この新しいデータを含む、過去 2 年間にわたる分析により得られた地球化学データの総合的解析を行い、以下に示す 3 つの主要な成果を得た。

<成果 1> Oku 火山群の 4 つの火山湖、Nyos, Elum, Wum, Oku を構築する火山岩のデータ解析を行った。主成分・微量元素組成や同位体データは Oku 火山岩が Nyos, Elum, Wum とは異なるマントルソースに由来することを示し、Oku 火山群直下のマントルには組成不均質があることが明らかとなった。これらの火山岩は MORB や OIB がつくる DMM-FOZO のトレンドから EM1 に向かう同位体的特徴を持ち、初生メルトが大陸下マントルと相互作用したことを示唆している。また、火山湖下のマグマに CO₂ が濃集する機構について、マグマの主成分組成を用いた議論を行った。本研究の内容は現在国際誌 Chemical Geology に投稿中であり、比較的軽微な修正を施せば掲載可能との査読結果を得ている。

<成果 2> Oku 火山の溶岩試料 35 点に関し、データ解析を行った。その結果、Oku 火山岩にカメルーン火山列の中で最も高い ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 比を持つ HIMU 的な試料が存在することを発見した(図 23)。従来、カメルーン火山列における HIMU 的な試料はその両端である Biu Plateau および Mt. Cameroon 周辺に限られると考えられてきたが、今回中央部の Oku 火山で見つかったことにより、そのような同位体的特徴を作る機構がカメルーン火山列直下に普遍的に存在する可能性が浮上した。HIMU 的な特徴はアセノスフェア由来の初生メルトがメタソマティズムにより高い U/Pb 比を獲得した大陸下マントルと相互作用した結果であると考えられる。HIMU のように極めて特異な同位体組成が Oku Volcanic Group から発見されたことは非常に意義深く、マントルの化学進化に関する研究において新たな方向性を与える点で、そのインパクトは大きい。本研究の成果は現在投稿準備中である。

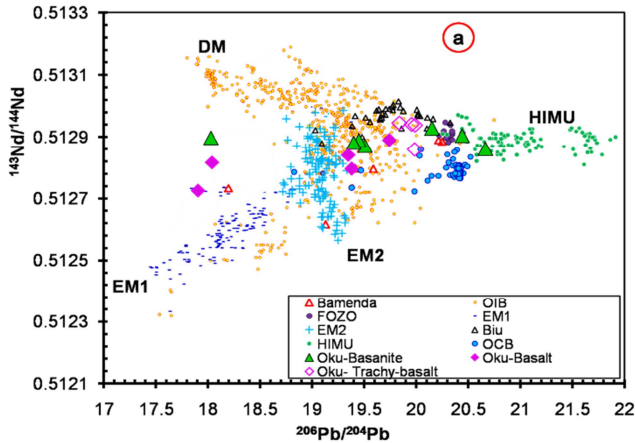


図 23. Oku 火山岩の Nd, Pb 同位体比

<成果3> Oku 火山群に産する塩基性貫入岩のデータ解析を行った。これら貫入岩の形成年代はカメルーン火山列の活動時期より古く、カメルーン火山列が活発化する前後の化学進化を知る上で重要な研究対象である。化学分析とデータ解析の結果、貫入岩とカメルーン火山列の試料は極めて類似した同位体的特徴を持ち、両者は共通のマントルプルームに由来することが明らかとなった。本研究の成果は現在投稿準備中である。

④研究題目7のカウンターパートへの技術移転の状況

PDM Activity 7-1: 達成された

留学生の博士論文研究においては学生自ら分析器等を操作しデータの取得を行っている。この活動を通じ、技術移転が確実に行われている。

⑤研究題目7の当初計画では想定されていなかった新たな展開

該当せず

II. 今後のプロジェクトの進め方、および成果達成の見通し（公開）

平成 27 年度はプロジェクト最終年度に当たり、活動は主にこれまでの成果を取りまとめ、学会発表、論文投稿などが主となるが、以下の現地調査・活動等を実施する。

研究成果の発表・論文出版

5 月の日本地球惑星科学連合学会、10 月の火山学会等でプロジェクトの研究成果を発表する。9 月頃に東海大でプロジェクト成果報告会を開催する。Geological Society London のモノグラフに論文を出版する。

湖水 CO2 濃度現場測定法の指導

カウンターパートである IRGM (地質鉱物資源研究所) がプロジェクト終了後も湖水の観測を継続されるように吉田裕氏が現場で正確に湖水の CO2 濃度を測る方法を IRGM 所員に技術指導する。

化学分析技術の確認

同一の湖水試料を、IRGM と東海大学で独立して分析し、結果が一致することを確認する。これにより IRGM が化学分析に関する技術を正しく獲得したことを認定する。

短期研修員の受入れ

カウンターパートによるニオス湖の火山灰層序の研究を推進するために、IRGM の若手職員を 1 名、3 週間程度日本に招聘し、火山地質学の研修を受けさせる。

観測機材・分析機器マニュアルの整備・研究資料の保管

供与機材が有効に利用されるように IRGM に対し、機材ごとの使用マニュアルを作成させる。プロジェクトの野外調査で入手した資料が散逸することなく、将来の研究に利用されるよう、整理して保管させる。

ニオス湖・マヌン湖の観測体制と危機管理マニュアルの確立

現在ニオス湖には自動観測ブイが設置され、ほぼリアルタイムで湖水温度と電気伝導度のデータが入手できるようになった。IRGM に対し、このデータを生かし、ニオス湖の監視体制を確立し、異変を感知した場合の危機管理マニュアルを作成させる。

JICAによる最終評価

11 月頃に JICA による最終評価を現地で受ける。これに先立ち PDM, PO を IRGM と共同で見直し、最大限の成果達成を目指す。

国際火山湖会議の開催

IRGM は 2016 年 3 月にカメルーンの首都ヤウンデにおいて第 9 回国際火山湖会議を主催する。本会議はプロジェクトの成果を世界的に周知する絶好の機会であり、できるだけ多くの研究者が参加できるように協力する。日本人研究者については、現時点で 5 名の派遣を予定している。さらに日本人研究者の参加を促すために、日本学術振興会 (JSPS) の二国間協力事業 (セミナー) に応募した。この応募が採択された場合、さらに 5 名の日本人研究者の派遣が可能になる。

Ⅲ. 国際共同研究実施上の課題とそれを克服するための工夫、教訓など (公開)

(1) プロジェクト全体

大きな問題として、IRGM に対しカメルーン政府から研究費が支給されていない状況が平成 24 年から継続していたが、平成 27 年 3 月に約 5000 万円の資金が IRGM に対し支給された。この資金を利用し、供与分析器の保守、試料保管棚の整備等の課題が解決されると期待できる。一方で、研究面では注目すべき成果が生まれつつある。人材育成は極めて順調であり 6 名の留学生全員が博士号を取得する見込みである。3 名の留学生には学位取得後の職が確保されていない問題があったが、平成 27 年 3 月の JCC において IRGM がこれらの学生を雇用することが表明され問題の解決に至った。

IRGM に供与した分析器が長期間にわたり、有効に利用されるように、日本人研究者が平成 26 年 10 月～11 月の期間、機器の操作や保守方法について現地で技術指導を行った。この後分析器等が順調に使用

されるようになった。

プロジェクト終了後に IIRGM はニオス・マヌン湖調査のための研究費を確保する必要がある。政府から至急される研究費だけでなく、依頼分析を受注するなどして、独自の研究費を生み出す努力が必要である。

カメルーンでは身分の上下関係がはっきりとしており、研究に対する意欲を持つ若手の研究者が思う存分活躍するような体制ができていない。所内で意欲のある研究者を支援する体制が必要である。

(2) 研究題目 1 : カメルーン火口湖ガス災害防止の総合対策と人材育成研究

東海大グループ

PDM 成果-5. ニオス・マヌン湖の観測

活動-5. 1. 湖水自動観測システムをニオス湖に設置する。気象観測ステーションをニオス湖とマヌン湖に設置する。(これらの活動はすでに完了した。)

活動-5. 2. 湖水観測のための作業筏を作成し、ニオス・マヌン湖に設置する。(これらの活動はすでに完了した。)

活動-5. 3. ニオス・マヌン湖を少なくとも 1 年に一回以上観測し、物理的・化学的手法により溶存する CO₂ 量を見積もる。(これらの活動は完了した)

研究題目 1 の目標達成指標は論文出版であり、平成 27 年度内に達成が見込まれる。

カウンターパートがプロジェクトの資金を確保できない場合があるので、あらかじめ対応策を考えておく必要がある。

(3) 研究題目 2 : CO₂-岩石反応を含む物質移動現象の解析

富山大グループ

PDM 成果-4. 岩石と CO₂ に富む流体との相互作用が解明される

活動-4. 1. 岩石と湖水の現場反応実験 (この実験はすでに実行されている)。

研究題目 2 の目標達成指標が論文出版であり、平成 27 年度内に達成が見込まれる。

(4) 研究題目 3 : 湖水爆発の数値シミュレーション

東北大グループ

PDM 成果-1. 湖水爆発のメカニズムが解明される

活動-1. 1. コンピューターシミュレーションの結果から湖水爆発が起きる条件が制限される。(この条件はいくつかすでに求められている)

活動-1. 2. ソナー探査により湖底の詳細地形図を作成し、CO₂ に富む流体の湧出地点を特定する。(マヌン湖については、すでに地形図が得られ、二つの窪みを発見した。これが流体の放出口であることを平成 27 年 3 月の調査で確認した。ニオス湖の湖底地形は平成 27 年 3 月のソナー調査で取得した)

研究題目 3 の目標達成指標が論文出版，地域住民への情報提供，HP での情報公開であり，平成 27 年度内に達成が見込まれる。

(5) 研究題目 4：ニオス・マヌン湖の CO2 供給システムの解明

大阪大グループ

PDM 成果-2. ニオス・マヌン湖の CO2 供給系が解明される

活動-2. 1. ニオス・マヌン湖の湖水に含まれる CO2 濃度の三次元分布観測（この観測は部分的に完了している。平成 27 年 3 月に追加の調査を行う）

活動-2. 2. ニオス・マヌン湖の湖面からの CO2 放出量の観測および湖周辺土壌からの CO2 放出量観測（湖面からの放出量はすでに観測されている。ニオス・マヌン湖周辺土壌からの放出観測は植物起源の CO2 が妨害し，困難であることが判明した）

この項目の目標達成指標が論文出版，地域住民への情報提供，HP での情報公開であり，平成 27 年度内に達成が見込まれる。

(6) 研究題目 5：地下水流動系の解明

富山大グループ，東京大グループ

PDM 成果-3. ニオス・マヌン湖周辺の水流動系が解明される

活動-3. 1. ニオス・マヌン湖周辺の地下水の流れを解明する（両湖周辺の湧水調査は実施されており，それに基づき地下水流動図を研究期間内に作成する。）

活動-3. 2. 地表水と地下水の相互作用（両湖周辺の湧水調査は実施されており，それに基づき水質マップを研究期間内に作成する。）

活動-3. 3. ニオス盆地の水収支（この課題については定量的な見積もりがすでに与えられている）

活動-3. 4. ニオス・マヌン湖の湖水に関する生物学的調査（すでに調査は行われ，新種のバクテリアを発見した）

研究題目 5 の目標達成指標が論文出版，地域住民への情報提供であり，平成 27 年度内に達成が見込まれる。

(7) 研究題目 6：カメルーン火口列の火口湖周辺における噴火活動履歴の解明

熊本大グループ

PDM 成果-7. オク火山群の火成活動

活動-7. 2. ニオス・マヌン湖周辺の地質図作成（この活動はプロジェクト期間内に完了しない可能性があり，別の活動に変更する必要がある。具体的な活動としては，ニオス湖におけるマールの形成史解明が挙げられる。ニオスにおける噴火史解明は地域防災に貢献する。当該 PDM 項目の変更については平成 27 年 3 月の JCC において全員一致で承認された）

活動-7. 3. バロンビンゴ湖の噴火形成史が解明される（この活動はすでに完了した）

研究題目 6 の目標達成指標が論文出版であり，平成 27 年度内に達成が見込まれる。

(8) 研究題目7: カメルーン火口列の火口湖周辺における噴火活動履歴の解明
東工大グループ

PDM 成果-7. オク火山群の火成活動

活動-7.1. オク火山群の岩石学的・地球化学的探査 (この活動はすでに完了した)

研究題目7の目標達成指標が論文出版でありすでに達成されている。

(9) 研究題目8: マヌン湖におけるCO₂再蓄積を防止するための試験的実験
東海大グループ

PDM 成果-6. 深層湖水くみ上げ装置の試作

活動-6.1. 深層湖水くみ上げ装置のマヌン湖設置 (この活動は完了し、装置は継続して稼働している)

研究題目8の目標達成指標が深層水くみ上げ装置に関する技術論文の作成であり、平成27年度内に達成が見込まれる。

IV. 社会実装 (研究成果の社会還元) (公開)

(1) 成果展開事例

ニオス湖に設置した自動観測ブイから得られる湖のリアルタイムデータは、湖の監視活動の基礎として利用され、湖水爆発の防災システムに貢献する。

(2) 社会実装に向けた取り組み

本プロジェクトの成果等はインターネット (URL: <http://www.satrebs.u-tokai.ac.jp/index.html>) で公開し、一般に情報提供している。

V. 日本のプレゼンスの向上 (公開)

マヌン湖の湖水に蓄積するCO₂の量が増大していることは共同通信が記事を配信した。

カメルーン政府は当プロジェクトのカウンターパートであるIRGMに対し、大統領表彰を行った。これはニオス・マヌン湖の防災に対する取り組みを評価したためである。

カメルーンの新聞やTVはしばしばカメルーン火口湖のプロジェクトについて報道している。

当プロジェクトではすでに5名のカメルーン留学生に対し博士号を取得させた。半年後には最後の1名の留学生が博士号を取得する。彼らが将来カメルーンの学術社会で活躍することにより、カメルーンと日本の間の学術交流が盛んになると期待できる。

VI. 成果発表等 (公開)

VII. 投入実績 (非公開)

VIII. その他 (公開)

VI(1)(公開)論文発表等

	国内	国際
原著論文 本プロジェクト期間累積件数	3	26

①原著論文(相手側研究チームとの共著論文)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表日 ・出版日	特記事項 (分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記)
Issa, Ohba, T., Chako Tchamabé, B., Padrón, E., Hernández, P., Eneke Takem, E.G., Barrancos, J., Sighomnoun, D., Ooki, S., Sigha Nkamdjou., Kusakabe, M., Yoshida, Y. (2014b) "Gas emission from some Diffuse Diffusion Structures (DDSs) of the Cameroon Volcanic Line (CVL): Implication for the prevention of CO2 related hazards". J. Volcanol. Geotherm. 2014, 82-93.	10.1016/j.volgeores.2014.07.001	国際誌	出版済み	
Issa, Fantong W. Y., Aka, F. T., Ohba, T., Chako Tchamabé, B., Rouwet, D., Yoshida, Y., Gbetnkoum Moulioni A., Sighomnoun D., Sigha Nkamdjou, Kusakabe, M., Tanyileke G., Hell J.V. " δ 18O and δ D variation in some volcanic lakes along the Cameroon Volcanic Line (West-Africa): Generating an isotopic baseline data for volcanoes monitoring/surveillance in Cameroon". 2014. J. Limnol.	10.1016/j.volgeores.2014.07.001	国際誌	出版済み	
Kamtchueng, B.T., Fantong, W.Y., Ueda, A., Tiodjio, E.R., Anazawa, K., Wirmvem, M.J., Mvondo, J.O., Nkamdjou, L.S., Kusakabe, M., Ohba, T., Tanyileke, G., & Hell, J.V. "Assessment of shallow groundwater in Lake Nyos catchment (Cameroon, Central-Africa): implications for hydrogeochemical controls and uses". Environmental Earth Science, 2014, 72 (9): 3663-3678	10.1007/s12665-014-3278-6.	国際誌	出版済み	
Kamtchueng, B.T., Fantong, W.Y., Wirmvem, M.J., Tiodjio E.R., Takounjou, A.F., Djomou, S.L.B., Asai, K., Kusakabe, M., Ohba, T., Tanyileke, G., Hell, J.V., & Ueda, A. "A multi-tracer approach for assessing the origin, apparent age and recharge mechanism of shallow groundwater in the Lake Nyos catchment, Northwest, Cameroon". Journal of Hydrology, 2015, pp. 790-803.	10.1016/j.hydrol.2015.02.008	国際誌	出版済み	
Kamtchueng, B.T., Onana, V.L., Fantong, W.Y., Ueda, A., Ntoulala, R.F.D., Wongolo, M.H.D., Ndongo, G.B., Ngo' o Ze, A., Kamgang, V.K.B., & Ondoa, J.M. "Geotechnical, chemical and mineralogical evaluation of lateritic soils in humid tropical area (Mfou, Central-Cameroon): Implications for road construction". International Journal of Geo-Engineering, 2015, Vol. 6:1	10.1186/s40703-014-0001-0.	国際誌	出版済み	
Wilson Y. Fantong, Brice T. Kamtchueng, Kohei Yamaguchi, Akira Ueda, Issa, Romaric Ntchantcho, Mengnjo J. Wirmvem, Minoru Kusakabe, Takeshi Ohba, Jing Zhang, Festus T. Aka, Gregory Tanyileke, Joseph V. Hell, "Characteristics of Chemical weathering and water-rock interaction in Lake Nyos dam (Cameroon): Implications for vulnerability to failure and re-enforcement". Journal of African Earth Sciences, 2015, 101:42-55		国際誌	出版済み	
Chako Tchamabé B., Ohba T., Issa, Ooki S., Youmen D., Owona S., Tanyileke G., Hell J.V. "Temporal evolution of the Barombi Mbo Maar, a polygenetic maar-diatreme volcano of the Cameroon Volcanic Line". International Journal of Geosciences, 2014, Vol. 5 (11) 1315-1323	10.4236/ijg.2014.511108	国際誌	出版済み	

Asaah, A.N.E., Yokoyama, T., Aka, F.T., Usui, T., Wirmvem, M.J., Tchamabe, B.C., Ohba, T., Tanyileke, G., Hell, J.V. A comparative review of petrogenetic processes beneath the Cameroon Volcanic Line: Geochemical constraints. Geoscience Frontiers, 2014,	http://dx.doi.org/10.1016/j.gsf.2014.04.012	国際誌	出版済み	
Kamtchueng, B.T., Laurent V. Onana, Wilson Y. Fantong, Akira Ueda, Roger F.D. Ntoulala, Michel H.D. Wongolo, Verde G. Bekon, Arnaud E. Ngo'o Ze, Veronique K.B. Kabeyene, Joseph O. Mvondo Geotechnical, chemical and mineralogical evaluation of lateritic soils in humid tropical area (Mfou, Central-Cameroon): Implications for road construction. Journal of Geo-Engineering, 2015		国際誌	in press	
Tiodjio RE, Sakatoku A, Nakamura A, Tanaka D, Fantong WY, Tchakam KB, Tanyileke G, Ohba T, Hell VJ, Kusakabe M, Nakamura S, and Ueda A. "Bacterial and archaeal communities in Lake Nyos (Cameroon, Central Africa)". Scientific Reports, 2014	doi:10.1038/srep06151	国際誌	出版済み	
Wirmvem, M.J., Ohba, T., Fantong, W.Y., Ayonghe, S.N., Hogarh J.N., Suila, J.Y., Asaah, A.N.E., Tanyileke, G., Hell, J.V. Origin of major ions in monthly rainfall events at the Bamenda Highlands, North West Cameroon. Journal of Environmental Sciences, 2014, 26, 801-809		国際誌	出版済み	
Wirmvem, M.J., Ohba, T., Suila, J.Y., Fantong, W.Y., Bate, N.O., Seigo, O., Wotany, E.R., Asaah, A.N.E., Ayonghe, S.N., Tanyileke, G., Hell, J.V. "Hydrochemical and isotopic characteristics of groundwater in the Ndop plain, North West Cameroon: Resilience to seasonal climatic changes". Environmental Earth Sciences, 2014,	10.1007/s12665-014-3265-y	国際誌	出版済み	
Wirmvem, M, Mimba, M.E., Kamtchueng, B.T., Wotany, E.R, Bafon, T.G., Asaah, A.N.E , Fantong, F.Y., Ayonghe, S.N, Ohba, T. "Shallow groundwater recharge mechanism and apparent age 3 in the Ndop plain, northwest Cameroon". Applied Water Sci.2015	10.1007/s13201-015-0268-0	国際誌	出版済み	

論文数 13 件
うち国内誌 0 件
うち国際誌 13 件
公開すべきでない論文 件

②原著論文(相手側研究チームとの共著でない論文)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	DOIコード	国内誌/ 国際誌の別	発表日 ・出版日	特記事項 (分野トップレベル雑誌への掲載など、特筆すべき論文の場合、ここに明記)

論文数 0 件

うち国内誌 0 件
 うち国際誌 0 件
 公開すべきでない論文 0 件

	国内	国際
その他の著作物 本プロジェクト期間累積件数	0	0

③その他の著作物(相手側研究チームとの共著のみ)(総説、書籍など)

著者名,タイトル,掲載誌名,巻数,号数,頁,年	出版物の種類	発表日・出版日	特記事項

著作物数 0 件
 公開すべきでない著作物 0 件

④その他の著作物(相手側研究チームとの共著でないもの)(総説、書籍など)

著者名,論文名,掲載誌名,出版年,巻数,号数,はじめ-おわりのページ	出版物の種類	発表日・出版日	特記事項

著作物数 0 件
 公開すべきでない著作物 0 件

⑤研修コースや開発されたマニュアル等

研修コース概要(コース目的、対象、参加資格等)、研修実施数と修了者数	開発したテキスト・マニュアル類	特記事項

VI(2)(公開)学会発表

	国内	国際
招待講演 本プロジェクト期間累積件数	2	6
口頭発表 本プロジェクト期間累積件数	19	36
ポスター発表 本プロジェクト期間累積件数	7	10

①学会発表(相手側研究チームと連名のもののみ)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演	口頭発表	ポスター発表
26	国内学会	長谷川健, 宮縁育夫, 小林哲夫, F T Aka, K Boniface, 金子克也, 大場武, 日下部実, G Tanyileke, J V Hell, "カメルーン北西部, ニオス火山の噴火史(序章)", 日本火山学会秋季大会, 11月2日		○	
26	国内学会	大場武, イッサ, 佐々木由香, 日下部実, 吉田裕, 上田晃, 穴澤活郎, 佐伯和人, 金子克哉, 宮縁育夫, F T アカ, G タニレケ, J V ヘル, "カメルーン, マヌン湖の溶存CO2 量の経時変化", 日本地球惑星科学連合学会大会, 横浜, 4月29日		○	
26	国内学会	網代卓也, 大木誠吾, Chako Tchamabe Boris, 大場武, "He コリジョン型ICP-四重極質量分析計による岩石組成の定量分析法", 日本地球惑星科学連合学会大会, 横浜, 5月2日			○
26	国際学会	Asaah, A.N.E., Yokoyama, T., Aka., F.T., Usui, T., Kuritani, T., Wirmvem, M.J., Ohba, T. Nature of enriched mantle components beneath the Oku Volcanic Group (OVG) along the Cameroon Volcanic Line (CVL), West Africa. Goldschmidt Conference, June 8-13, 2014, San Francisco, USA			○
26	国際学会	Asaah, A.N.E., Yokoyama, T., Aka., F.T., Usui, T., Kuritani, T., Wirmvem, M.J., Ohba, T., Tanyileke, G., Hell, J.V. Geochemistry of volcanic rocks from the surroundings of Lakes Nyos and Monoun, including other lakes of the Oku Volcanic Group (OVG) on the Cameroon Volcanic Line. Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) Conference, July 28-Aug 1, 2014, Sapporo, Japan		○	
26	国際学会	Chako Tchamabé B., Ohba T., Kereszturi G., Issa, Németh K., Ooki S., Tanyiléké G., Hell J.V. 2014. Temporal evolution and growth of the Barombi Mbo Maar (Cameroon): Constraint from juvenile pyroclasts. 5th International Maar Conference, Mexico, 17-21 November 2014.		○	

26	国際学会	Miyabuchi, Y., Kobayashi, T., Hasegawa, T., Kaneko, K., Aka, F.T., Ohba, T., Kusakabe, M., Tanyileke, G. and Hell, J.V. (2014) Pyroclastic sequence in and around Lake Nyos, northwestern Cameroon. AOGS 11th Annual Meeting 2014 Abstract. IG25-A007.		○	
26	国際学会	Saiki, K Kaneko, K., Sanemasa, M., Ohba, T., Kusakabe, M., Tanyileke, G. and Hell, J.V. Development of the Measuring Method of Dissolved CO2 Concentration in Cameroonian Volcanic Lakes Using Sound Velocity of Lake Water”, 11th Anual meeting of Asia Oceania Geosciences Society, July 2014, Sapporo, Japan.			○
26	国際学会	Wirmvem, M.J., Ohba, T., Fantong, W.Y., Ayonghe, S.N., Suila, J.Y., Asaah, A.N.E., Asai, K., Tanyileke, G., Hell, J.V. (2013). Origin, recharge mechanism and residence time of shallow groundwater in the Ndop plain, Northwest Cameroon. 8th International Symposium on Managed Aquifer Recharge (ISMAR8). October 15–19. Beijing, China.		○	
26	国際学会	Wirmvem, M.J., Ohba, T., Fantong, W.Y., Suila, J.Y., Ooki, S., Wotany, E.R., Asaah, A.N.E., Ayonghe, S.N., Tanyileke, G., Hell, J.V. (2014). Hydrochemical and isotopic characteristics of groundwater in the Ndop plain, North West Cameroon: Resilience to seasonal climatic changes. Asia Oceania and Geosciences Society (AOGS) 11th Annual Meeting. July 28–August 01. Sapporo, Japan.		○	
26	国際学会	Wirmvem, M. J., Ohba, T., Suila, J.Y., Fantong, W.Y., Asaah, A.N.E., Hogarh, J.N., Ayonghe, S.N., Tanyileke, G., Hell, J. V. (2014). Stable isotopes ($\delta^{18}O$ and δ^2D) characteristics of monthly rainfall events at the Bamenda Highlands of Cameroon: Regional Meteoric Water Line. 3rd Young Earth Scientists (YES) Congress. August 11–14., Dar es Salaam, Tanzania.		○	
26	国際学会	Wirmvem, M. J., Ohba, T., Fantong, W.Y., Asaah, A.N.E., Mimba, M.E., Bafon, T.G., Ayonghe, S.N., Tanyileke, G., Hell, J.V. (2014). Shallow groundwater origin and recharge mechanism in the Ndop plain, North West Cameroon. The 25th Colloquium of African Geology (CAG25). August 14–16., Dar es Salaam, Tanzania.		○	
26	国際学会	M Kusakabe “Measures to prevent the recurrence of limnic eruptions at Lake Nyos and Monoun (Cameroon), AOGS, Sapporo, 1th Aug.	○		
26	国際学会	F T Aka, B W Gaston, Issa, W Y Fantong, T Ohba, M Kusakabe, G Tanyileke, J V Hell “Preventing limnic eruptions in Lake Nyos and Monoun within the framework of disaster governance, resilience and preparedness in Cameroon, AOGS, Sapporo, 1th Aug.	○		

26	国際学会	T Ohba, Issa, M Kusakabe, Y Yoshida, Y Miyabuchi, F T Aka, W Y Fantong, G Tanyileke, J V Hell "Temporal variation (2011-2013) of the amount of CO2 dissolved in Lakes Nyos and Monoun, Cameroon, AOGS, Sapporo, 1th Aug.		○	
26	国際学会	Issa, T Ohba, W Y Fantong, P Eleazar, F T Aka, S Ooki, Y Yoshida, P Hernandez, K Doris, F Alain, M Kusakabe, B ChakoTchamabe, S Daniel, G Tanyileke, S Nkamdjou, " Geochemistry of soil gas from Mount Manenguba Caldera, Cameroon Volcanic Line (CVL), AOGS, Sapporo, 1th Aug.		○	
			2	11	3 件

②学会発表(相手側研究チームと連名でないもの)(国際会議発表及び主要な国内学会発表)

年度	国内/ 国際の	発表者(所属)、タイトル、学会名、場所、月日等	招待講演	口頭発表	ポスター発表
			0	0	0 件

VI(3) (特許出願した発明件数のみを公開し、他は非公開)特許出願

①国内出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する外国出願※
記載例	2012-123456	2012/4/1	○○○○						戦略太郎	○○大学 ◎◎研究 科△△専	PCT/JP2012/123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する外国出願があれば、その出願番号を記入ください。

国内特許出願数
公開すべきでない特許出願数

②外国出願

	出願番号	出願日	発明の名称	出願人	知的財産権の種類、出願国等	相手国側研究メンバーの共同発明者への参加の有無	その他 (出願取り下げ等についても、こちらに記載して下さい)	関連する論文のDOI	発明者	発明者 所属機関	関連する国内出願※
記載例	PCT/JP2012/123456	2012/9/20	○○○○						戦略太郎	○○大学 ◎◎研究 科△△専	特願2010-123456
No.1											
No.2											
No.3											
No.4											
No.5											
No.6											
No.7											
No.8											
No.9											
No.10											

※関連する国内出願があれば、その出願番号を記入ください。

外国特許出願数
公開すべきでない特許出願数

VI(5) (公開)ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等の活動

①ワークショップ・セミナー・シンポジウム・アウトリーチ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
		(開催国)	(相手国からの招聘者数)	
平成26年10月23日	火口湖シンポジウム(非公開)	日本	なし	各研究グループの研究成果を発表し、情報の共有を図った。

②合同調整委員会開催記録(開催日、出席者、議題、協議概要等)

年月日	出席者	議題	概要
平成27年3月18日	日本側: JICA現地事務所長, 日本大使館一等書記官, 大場, 日下部, 他研究者 カメルーン側: 科学技術省事務次官, IRGM所長, 国土経財相事務官, 財務省事務官, 市民保護局事務官, 他研究者	1. 研究活動報告, 2. カウンターパートファンドの執行について, 3. 帰国留学生の処遇について, 4. 今年度の活動計画について, 5. 研究成果の社会還元について	約5000万円の研究資金がIRGMに支給されることが確認された。IRGMの所長は帰国留学生を研究所で雇用することを約束した。研究成果を社会還元するために、IRGMがDPC(市民保護局)と定期的に会合を持ち連携することが表明された。

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
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

JST上位目標

研究成果・観測システムの、周辺諸国への展開・適用性拡大

上位目標の達成に必要な、研究課題抽出と具体的取組み方策の構築

JSTプロジェクト目標

火口湖ガス防災施策の科学的根拠となり得るような、爆発メカニズムに関する知見の取得, およびリアルタイム観測システムの構築

深層水汲み上げシステムの構築

噴火履歴の解明

