

地球規模課題対応国際科学技術協力

(防災研究分野「開発途上国のニーズを踏まえた防災科学技術」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)

平成 23 年度実施報告書

代表者：大場 武

東海大学 理学部・教授

<平成 22 年度採択>

1. プロジェクト全体の実施の概要

1980年代の半ばにカメルーンのニオス・マヌーン湖でCO₂ガスが爆発的に放出し、約1800名の周辺住民が犠牲になった。湖水はあたかも火山噴火のようにCO₂ガスを吹き上げたと推定されている。この現象は「湖水爆発」と呼ばれている。湖水爆発の直接的な原因は、湖水に蓄積したマグマ起源のCO₂であるが、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・マヌーン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。

プロジェクトでは以下の研究課題を実施する。1) 湖水爆発のメカニズム、2) ニオス・マヌーン湖へのCO₂供給プロセス、3) 両湖周辺の水理地質特性、4) CO₂供給系における水-岩石相互作用、5) 両湖のリアルタイムモニタリング、6) マヌーン湖深層水強制排除実験、7) 両湖周辺及びその他のカメルーン火山列(CVL)の噴火活動史、8) 両湖以外のCVLに沿う湖におけるCO₂の分布。さらに科学的なモニタリングの結果が、組織的にカメルーン国の市民保護局(DPC)と共有されるように働きかける。

平成23年度の活動として、6月と12月に日本への留学生を決定するために留学希望者との面接をカメルーン国のヤウンデ市で実施し、その結果4名の留学候補者を決定した。9月には鹿児島県の指宿市池田湖でマルチビームソナーの使用訓練を行った。この訓練にはカメルーンの研究者が2名参加した。12月にはニオス湖の現地調査を再度実施した。内容は、湖水の地球化学、水文学、火山地質学である。年度を通じてカメルーン国地質調査所に供与する研究機材を本邦で選定・調達し12月に輸出した。2012年3月には、ニオス・マヌーン湖の現地調査を再度実施し、湖水の深度別観測と試料の採取を行った。ニオス湖では、脱ガスパイプの増設による効果で、CO₂濃度の低下が確認された。一方マヌーン湖では脱ガスパイプがほとんど働いておらず、CO₂濃度は停滞していることが判明した。マヌーン湖では自発的な脱ガスは困難であり、強制的な脱ガスシステムを設置することが必要であることが示唆される。2012年3月19日にヤウンデ市の科学技術省においてJCCが開催された。ニオス・マヌーン湖地域の知事らも参加しプロジェクトの実施内容について議論が交わされた。知事からは、ニオス・マヌーン湖地域の大学に災害防止を目的とした学科を創設することを国に要望したいとの意見が披露された。

2. 研究グループ別の実施内容

2.1. 研究題目:カメルーン火口湖ガス災害防止の総合対策と人材育成

研究機関・研究代表者:東海大学理学部化学科・大場武

①研究のねらい

ニオス・マヌーン湖水を定期的に採取・分析し、湖水に溶存するCO₂量の正確な推定を行う。さらに自動観測装置による湖水の状態をリアルタイムにモニタリングし、湖周辺の安全確保に寄与する。マヌーン湖の深層水に溶存しているCO₂ガスを汲みあげて脱ガスさせる試行実験を行う。カメルーンとの共同研究、研究機材の供与、留学生の受け入れを通じてカメルーンにおける研究人材を育成する。

②研究実施方法

ニオス・マヌーン湖において毎年1回、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

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として利用され、湖水爆発の発生可能性の判断に利用される。ニオス・マヌーン湖に、湖水の水温、電気伝導度、気象要素などを自動的に観測し、データを人工衛星およびインターネットを経由し、ほぼリアルタイムで取得するシステムを構築し安全宣言の必要条件を整える。日本国内で採取可能な炭酸泉水をニオス・マヌーン湖で湧出する温泉水の代替物とみなし、採取・分析法の開発に利用する。湖水の陽イオン組成は地殻を構成する岩石に由来すると考えられる。湖水の陽イオン組成の1起源を解明するためにニオス・マヌーン湖地域に分布する岩石の化学分析を行う。マヌーン湖ではすでに脱ガスパイプによりCO₂の大半が除去されているが、依然として深層水にはCO₂ガスが高濃度で溶存している。この深層水を動力ポンプで汲みあげて脱ガスさせる試行実験を行う。カメルーンから留学生を東海大学で受け入れ研究人材を育成する。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

6月と12月に日本への留学希望者と面接を実施した。面接官は日本人研究者3名と IRGM 研究者3名で構成された。留学希望者はこれまで行ってきた研究内容と今後日本に留学した場合の研究計画について発表を行い、面接官が採点・順位付けし、6月の面接で2名、12月の面接で2名を候補者として決定した。その内の1名は東海大学大学院の入試を経て10月から研究を開始した。残りの3名も全て入試を突破し2012年4月から、東海大学、富山大学、東京工業大学の大学院博士課程に入学する。

2011年12月と2012年3月に相手国研究者と共同し、ニオス・マヌーン湖の現地調査を実施した。その結果、湖水に溶存するCO₂濃度が2009年の値に比べて低下していることが確認された(Fig. 1)。これはニオス湖においては現在のガス抜きパイプから放出されるCO₂流量が湖底に供給されるCO₂流量を上回っていることを意味している。

湖水の陰イオン組成を分析するためのイオンクロマトグラフと、岩石の化学分析の前処理を行うためのマイクロウェーブ分解装置、水の安定同位体比測定装置、原子吸光分析器を購入し、東海大学に設置した。

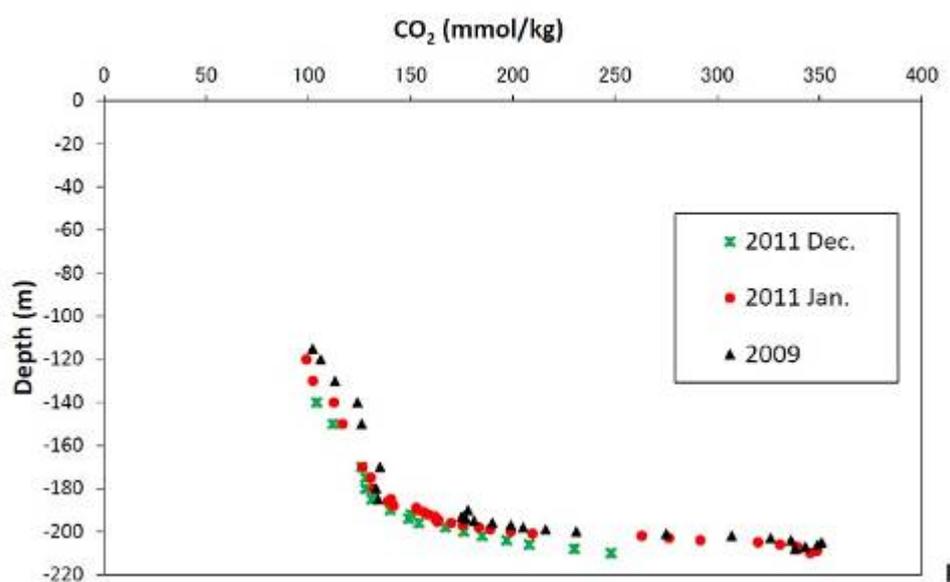


Fig. 1 ニオス湖に溶存するCO₂ガス濃度と深度の相関(2009年と2011年の比較)

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

1月にニオス・マヌーン湖で実施した湖水の温度，電気伝導度の深度プロファイルを日本側研究者とカメルーン側研究者の間で共有した (Fig. 2).

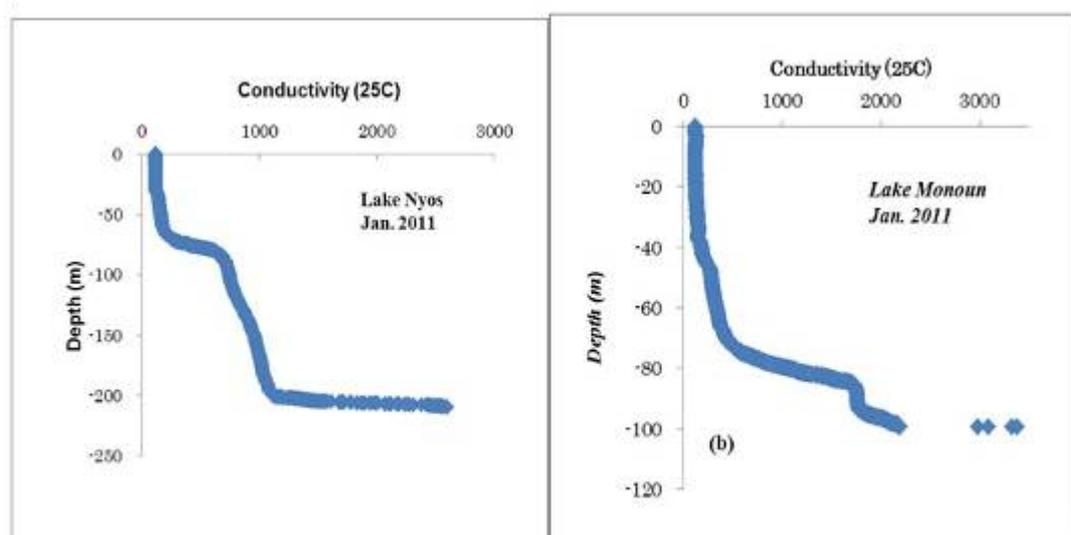


Fig. 2 ニオス湖水 (左) マヌーン湖水 (右) の電気伝導率と深度の相関

⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合，その内容と展開状況 (あれば)

カメルーン国立ブエア大学の学生が日本大使館の募集する国費留学生公募に合格し，東海大に博士課程学生として留学を希望した。大場がその学生を受け入れカメルーン火山地帯における水文学的研究を指導することにした。当該研究は，プロジェクトの目的と合致するので，学生をプロジェクトの一員に加えた。

研究題目: CO₂-岩石反応を含む物質移動現象の解析

研究機関名・研究代表者: 富山大学理学部生物圏環境科学科・上田晃

①研究のねらい

ニオス湖、マヌーン湖を中心とした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する。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。

②研究実施方法

現地での試料採取は、ニオス湖、マヌーン湖を中心とし、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、マヌー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

平成 23 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

現地での試料採取のうち、地下水・河川水については、平成 23 年 12 月調査時に行い、現在化学成分や同位体成分を分析中である(Fig.3)。地下水調査では、現地でpH、EC(電気伝導度)、ORP(酸化還元電位)を測定した。ECは、ニオス湖水は、15mS/mであるが、周辺地下水や河川水の値は、10mS/m以下であり、2mS/mと低い値を示すものも存在した(Fig.4)。このことから、一部の地域を除いて、地下水にはCO₂に富むニオス湖水の影響が少ないことが判明した。

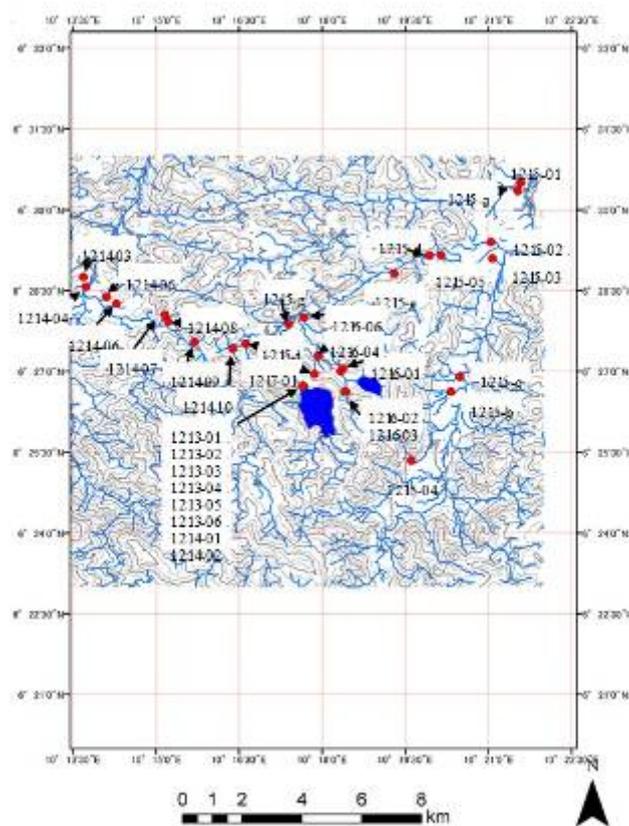


Fig.3 ニオス湖周辺地下水・河川水の採取地点

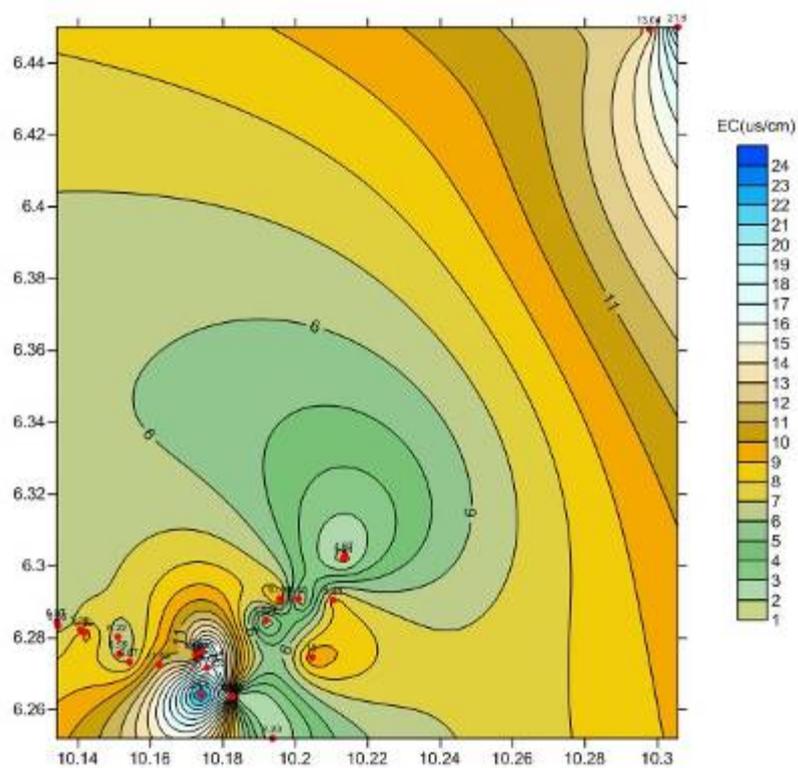


Fig.4 ニオス湖周辺地下水・河川水の電気伝導度(EC)

脱 CO₂ 用の孔井から吹き上げる湖水の高さを測定したところ、Fountain 2001 (Fig.5 の中央)では、28m、Fountain 2011 C-1 (Fig.5 の左)では、22.4m、Fountain 2011 C-2 (Fig.5 の右)では、26.4m であった。



Fig.5 3つの脱CO₂孔井 (2011年12月7日撮影)

(2) 岩石-CO₂反応試験による評価試験

実験室内での岩石-CO₂反応試験は、バッチ式あるいは流通式反応容器を用いた試験を行う計画であり、その試験試料となる岩石や水試料の採取を現地調査期間中に行った。採取した岩石を試験用として粉砕・整粒する必要があり、現在その準備中である。他に、ニオス湖水のいくつかの深度に、2種類(AセメントとGセメント)のセメントコア試料(15mmφ×30mmL)を設置し、湖水と反応させる試験を行い、新規建設が予定されているニオスダムにセメント材の耐CO₂性を評価する試験を行った。コア試料は、約3カ月間反応を行い、今年3月に回収した。現在、試料の分析中である。さらに、ニオス湖周辺に分布する花崗岩から作成した岩石薄片を、現在湖水の3深度に設置しており、1年毎に薄片を回収して、その鉱物組成変化を検討することにより、ニオス湖で起こっている現象を解明する予定である。



Fig.6 ニオス湖水(深度200m)と3カ月間反応したセメントコア
(左:Aセメント、右:Gセメント)

(3) シデライト結晶成長試験

ニオス湖水の底部にはシデライト(FeCO₃)が存在することが知られており、岩石とCO₂水との反応によるものと推定される。本年度は、シデライトの沈殿速度を、ナノ技術を用いて測定した。その方法は、シデライトあるいは方解石(CaCO₃)の結晶表面の一部を被覆し、これを湖水と反応させて、反応前後の高さ変化を、位相シフト干渉計装置(VSI)を用いて測定した。その結果、深度が増加するにつれて、シデライトの沈殿速度も増加したが、最深部(210m)の高CO₂濃度域より10m上部で高い沈殿速度(0.29μm/年)が測定され、それより以深ではむしろ減少することが判明した(Fig.7)。また、深度50mでは、シデライトは不飽和状態にあり、溶解することが判明した。今回の試験では、シデライト結晶と湖水との反応は、わずか2日間であったため、沈殿量が少なくVSIによる測定が困難を極めた。このため、次年度以降の調査では、長期間(半年)の試験を計画している。

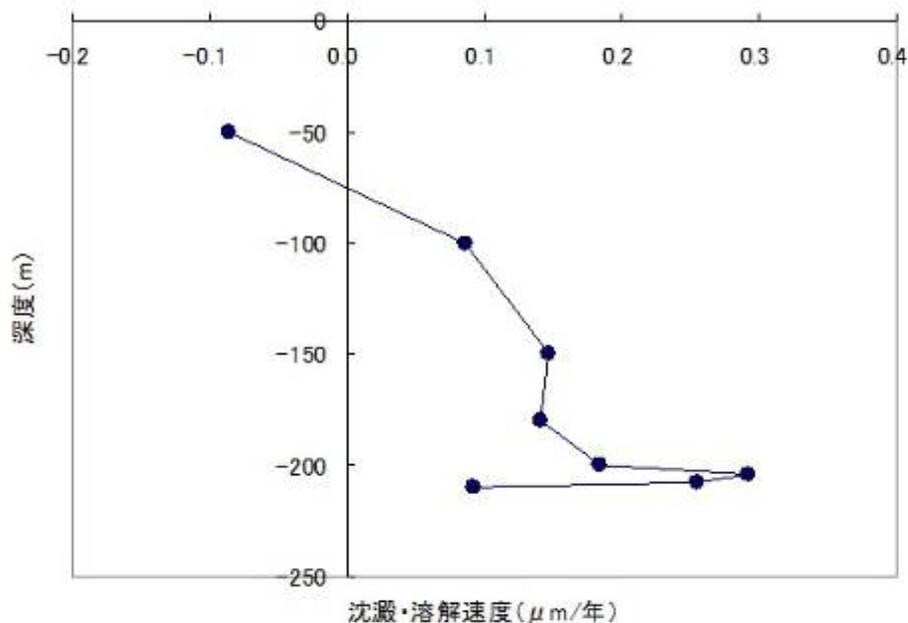


Fig.7 ニオス湖水からのシデライト沈澱/溶解の速度測定結果

2011年12月にニオス湖において、深部湖水の採取をおこなった(Fig.8)。深部湖水の採取は、耐圧容器の内部圧力を正確に制御し、外圧より若干低下させることによりフィルターを介して深部湖水を採取した。この採取方法は溶存CO₂ガスをまったく失わずに採取する点において画期的な方法である。

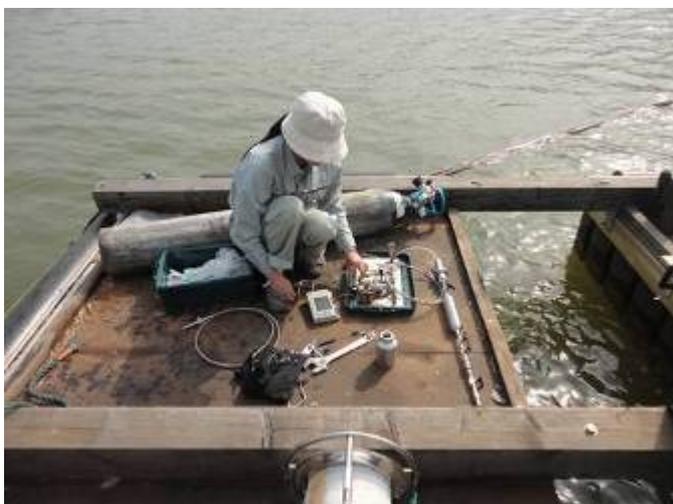


Fig. 8 深層湖水の採取実験

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

現地調査を行う際には、地下水のアルカリ度や鉄濃度を現場測定しており、その分析方法や試薬などについての技術移管を行っている。また、岩石(セメント) - CO₂水反応試験では、試料の取り扱いや試験方法についての情報を提供した。

- ⑤当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)特になし

2. 3. 研究題目:湖水爆発の数値シミュレーション

研究機関名・研究代表者:防災科学技術研究所火山防災研究部・小園誠史

①研究のねらい

本研究グループでは、カメルーンのニオス湖およびマヌー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シミュレーションを実施し、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。本年度は特に、これまでに提案されている湖水爆発現象の物理モデルについて、最新の現地観測結果も含めた現実的な湖水条件を設定したうえでの詳細なパラメータ数値解析に取り組むことで、ニオス湖における湖水内のCO₂濃度などの条件がどのような状態のときに湖水爆発が生じ得るのか(湖水爆発条件)を明らかにすることを主な目的とした。また、湖水内の現象を空間的に一次元化している既存の物理モデルの近似を取り除き、単純な形状の容器内におけるCO₂流体の二次元の流れに関する数値モデルの構築に着手した。

②研究実施方法

湖水爆発現象に関する数値シミュレーションにおいて、本年度はその第一段階としてCO₂気泡を含むプリュームが湖底から周囲の湖水に溶け込んでいるCO₂を取り込みながら上昇する過程をモデル化した Woods and Philips (1999)のモデル(以下、WPモデルとよぶ)に関する解析を行った。先行研究では単純化されすぎたCO₂濃度分布を仮定していたことから、本研究では本プロジェクトの湖水観測グループのメンバーが 1986 年の湖水爆発以後継続的に測定してきたデータ(Kusakabe et al., 2008)や、本プロジェクトによる現地観測で得られた最新のデータに基づき、実際のCO₂濃度分布を反映したより詳細なパラメータ解析を行っていった。

本研究では、湖底からのCO₂供給などによって湖水内のCO₂濃度が飽和濃度に近づいていく効果が湖水爆発条件に与える影響を系統的に調べるために、Saturation factor (f) というパラメータを定義した。Fig.9 は、WPモデルの解析から得られた湖水内におけるCO₂プリュームの上昇速度変化の計算例を示しており、fが増加してCO₂濃度が飽和濃度に近づくにつれて、湖水爆発なしの状態からCO₂プリュームが 10m/s以上の速度で湖面に達する湖水爆発ありの状態に変化していることがわかる。また、湖底からのCO₂プリュームの噴出流量の変化も、湖水爆発の有無に影響を与えることがわかった。そこで本研究では、これらのSaturation factorとCO₂噴出流量に依存して、湖水爆発の発生条件がどのように変化するかを系統的に調べた。Fig.10 は系統的なパラメータ解析から得られた湖水爆発が発生しうるSaturation factorとCO₂噴出流量のパラメータ領域(曲線より右上の領域)を示しており、過去 16 回の湖水内CO₂濃度分布の観測データに基づいて、各々について湖水爆発条件を求めている。f=0 の場合、つまり観測時における実際の濃度分布では、湖水爆発発生のためには非常に高いCO₂流量が必要となる。一方でfが増加して湖水内濃度が飽和濃度に近づくにつれて、湖水爆発が発生しうるパラメータ領域が拡大していく。また、観測時毎のCO₂濃度分布の違いに依存して、湖水爆発発生条件も系統的に変化することがわかった。

本研究ではさらに、CO₂濃度分布に依存して湖水爆発発生条件が変化する原因を明らかにするために、湖水爆発が生じる臨界CO₂プルーム流量と、湖水内のある深さにおけるCO₂濃度分布の関係を系統的に調べた。その結果、深さ約 190mにおけるCO₂濃度が高いほど、より低いCO₂流量で湖水爆発が起こりうることがわかった (Fig.11)。この深さ 190mにおける濃度分布の違いは、湖底近くにおける高濃度層の厚さの変化によって生じていることから、この湖底近くにおける高濃度層の状態を監視することが、湖水爆発の発生を予測するうえで非常に重要であると考えられる。

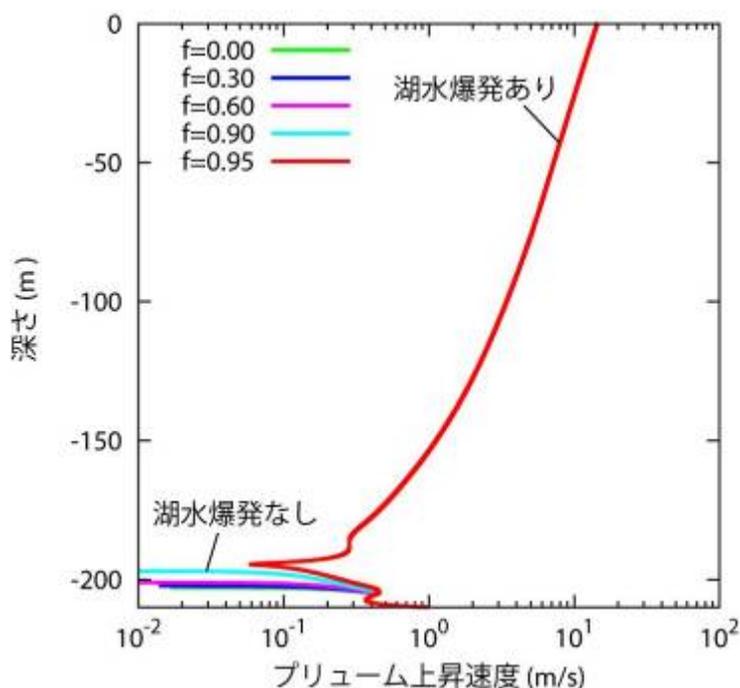


Fig.9:CO₂プルームの上昇速度変化

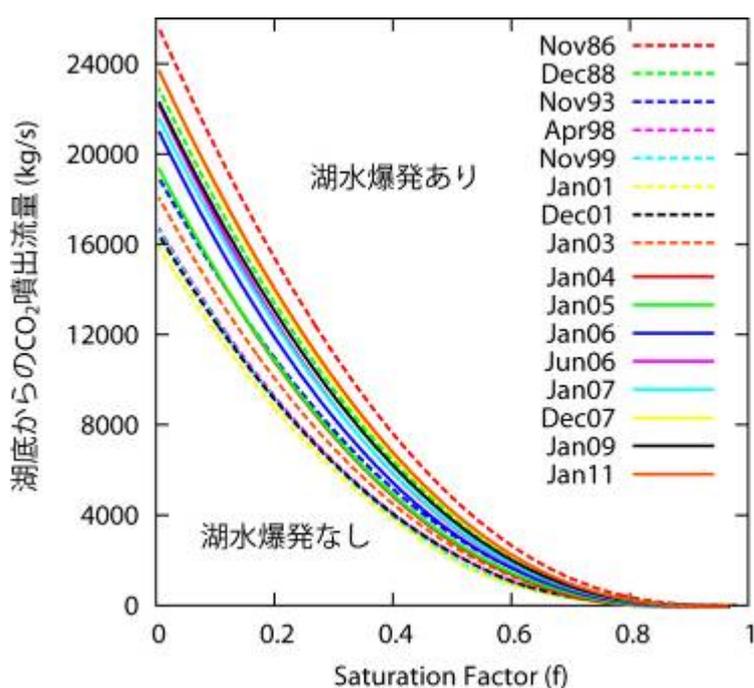


Fig. 10 :湖水爆発発生臨界条件

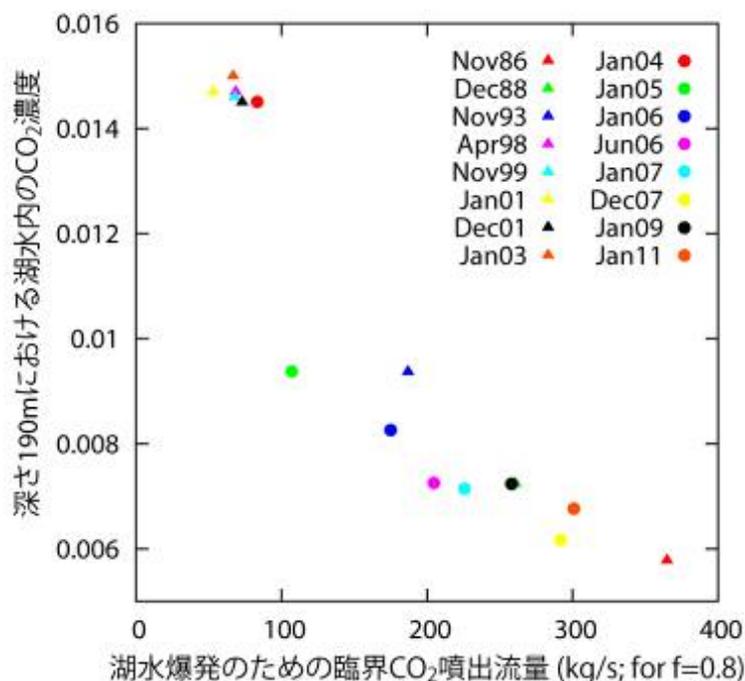


Fig.11: 湖水爆発の臨界CO₂噴出流量と湖水内CO₂濃度の関係

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

本グループの全体計画においては、様々な種類・レベルの数値モデルに対する解析に基づいて湖水爆発発生のメカニズムや条件を段階的に明らかにしていくことを目標としているが、本年度は既存の一次元物理モデルに実際のCO₂濃度分布の観測データを厳密に組み込んだ詳細なパラメータ解析という、重要な基礎解析の部分を当初の予定通りに進めることができた。この基礎解析の結果は、より複雑なモデルの構築や解析を今後行う際にその妥当性を評価するうえで非常に有用となる。また、観測データを数値計算条件に組み込む際の定式化も本年の解析中に行うことができたため、これも今後の解析に活用される予定である。さらに、水中でのCO₂気泡の流入過程に関する有限要素法に基づく二次元の数値モデルの構築に成功し、これについては本年度の当初の計画以上に進展した。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

本グループに関しては、数値計算という研究手法の性質上、カメルーンにおける現地調査等のカウンターパートとの連携は現在のところ行われていないが、本年度実施した湖水爆発の一次元物理モデルの解析は将来的に現地でも進められるように技術移転することを目的として、GUIベースでCO₂プルームモデルの数値解析が可能なアプリケーションソフトを開発した。

2. 4. 研究題目: ニオス・マヌーン湖のCO₂供給システムの解明

研究機関名・研究代表者: 大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻・佐伯和人

1) 研究のねらい

本グループの全期間を通しての目的は、ニオス・マヌーン湖の 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自動化を取り入れた観測態勢を整えることである。

2) 研究の実施方法

具体的には、マルチビームソナーによる湖盆地形測量、ハイドロフォン、温度計、溶存二酸化炭素計による湖水内の三次元的観測を元に CO₂ 供給源を特定し、湖水周辺の濃度測定により CO₂ 拡散経路を把握する。そして、それらの知見をもとに、前兆現象を継続的に調査できる自律航法観測ボートなど現地の環境に適したモニターシステムを開発提供することを計画している。

3) 当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

23 年度は、観測ボートおよび、湖底地形を測量するためのソナーを購入し、カメルーンでの使用の前に日本の火山湖(池田湖、鹿児島県)にて科学データを採取する訓練を行った(Fig.12)。ボートへのソナーの取り付け方法や、運用方法に関して、現地で使用するボートや、現地の船着き場、湖の浅瀬やロープなどの障害物といった現地の状況にあわせた事前調整が当初の想定以上に必要であることがわかった。従って、24 年度も国内での運用訓練を行い、測定システムを完全なものとする。

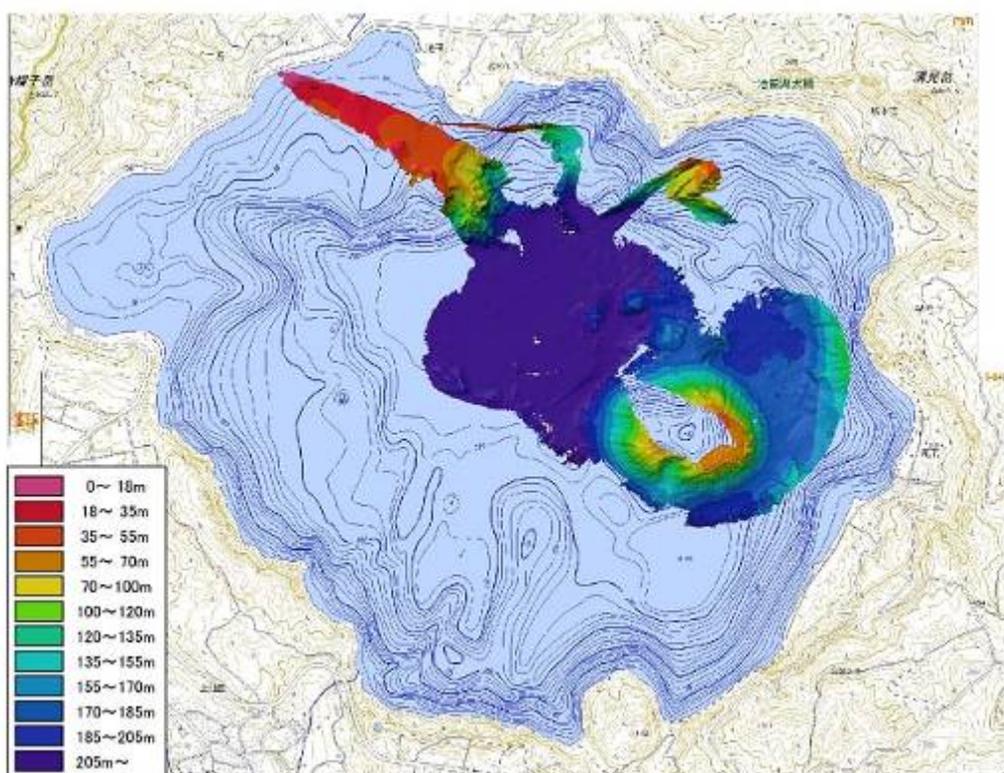


Fig. 12 池田湖の部分的な詳細湖盆地形

当初は溶存二酸化炭素測定装置を無人観測ボートから上げ下ろしするモニター方法を考えていたが、水中音速度の変化をモニターするという方式であれば、修理がままならない現地でも維持しやすいセンサーができるはずだというアイデアのもと、今年度はこの測定方法の実用性を検証することにした。ソナーの校正

用データを取るための水中音速度測定装置に温度センサーを付加し、圧力、温度、音速度が測定できるものに改良した。二酸化炭素が溶け込むと水中の音速度が速くなるので、温度や溶存イオンの影響を取り除けば、二酸化炭素モニターになるというアイデアである。琵琶湖にて音速度センサーの運用訓練を行った後、カメルーンのニオス湖、マヌーン湖で水中音速度垂直プロファイルを測定した。Fig.13 にニオス湖の測定点、Fig.14 にマヌーン湖の測定点を示す。

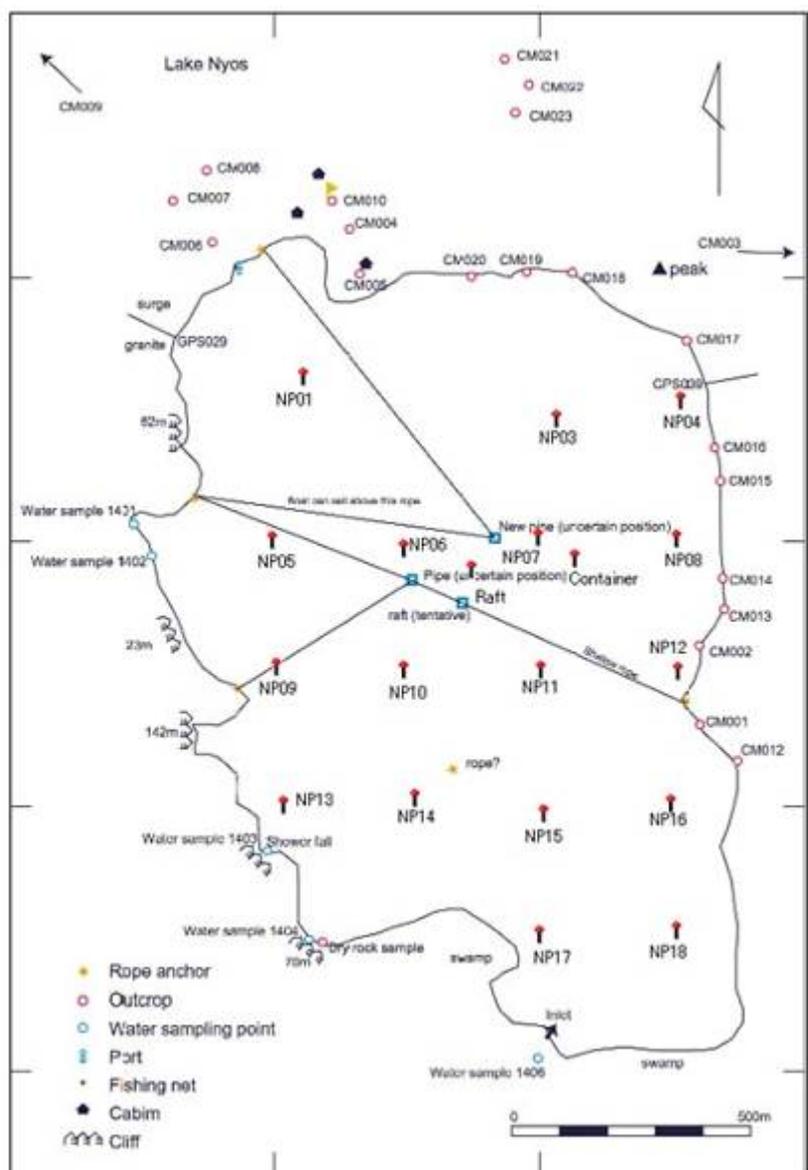


Fig.13 ニオス湖の音速度垂直プロファイル測定点(赤ピン) 22年に作成したニオス湖外周図に23年度の測定点をプロットした。

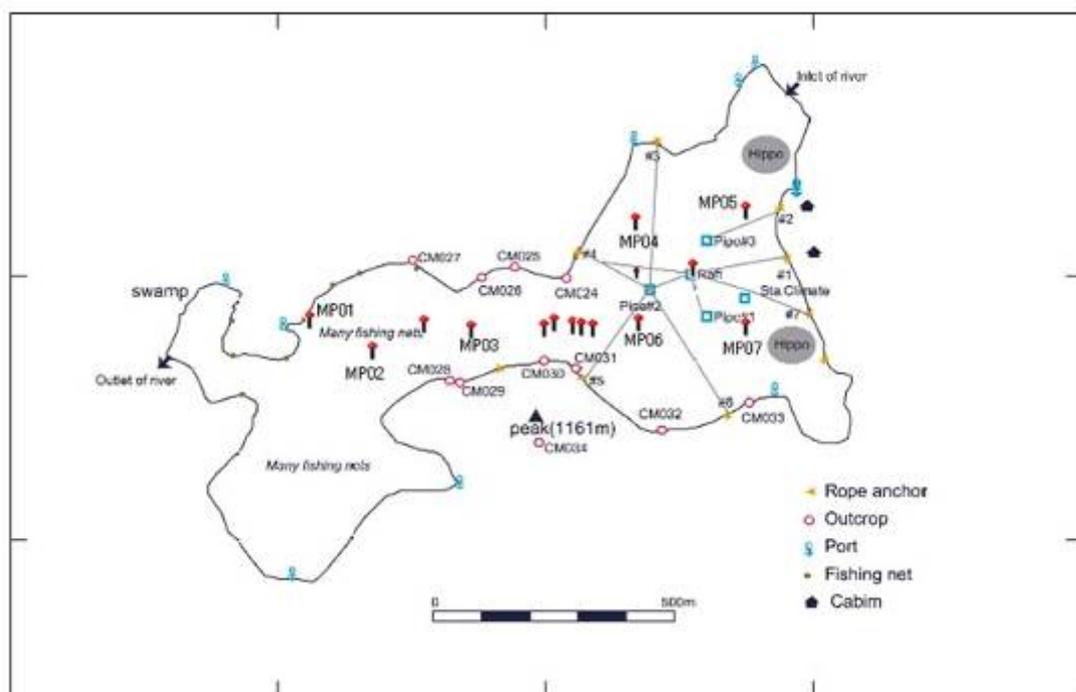


Fig.14 マヌーン湖音速度垂直プロファイル測定点(赤ピン)22年に作成したマヌーン湖外周図に23年度の測定点をプロットした。

測定の結果、ニオス湖は、場所による音速度プロファイルの違いはなく、また、日変化もないことがわかった。すなわち、ニオス湖の湖水は大変安定した成層構造をなしていることが示唆された。一方で、マヌーン湖は、音速プロファイルが東側の湖と西側の湖で異なることがわかった。このことから、東側の湖はガス抜きパイプによって溶存二酸化炭素濃度が下がっているが、西側の湖では依然として大量の二酸化炭素が溶け込んだままである可能性が高いことが示唆された。音速度から正確な溶存二酸化炭素濃度を推定するには、さらなる基礎研究が必要であるが、23年度の実験で湖水の状況を3次元的にモニターする際に、音速度分布が有効に使えることが確認できた。一方で、湖面直上の空中二酸化炭素濃度を測定する装置も現地使用を開始し、測定実験を行った。結果、ニオス湖の各所で高濃度の二酸化炭素を観測したが、それらは全て、ガス抜きパイプから発生した二酸化炭素が風下に流れて来ているものであることがわかった。23年度の測定では、バックグラウンドレベルの二酸化炭素濃度を確認することができた。

4) カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

日本国内におけるソナーの運用訓練は、IRGMスタッフの2名も一緒に行った。また、3月の現地調査では、ニオス湖とマヌーン湖にて、音速測定装置をボートから上げ下ろして水中音速の3次元分布を測定する実験、および湖水面直上の空中二酸化炭素濃度を測定する実験をIRGMスタッフと一緒にを行い、測定方法やその意義についての情報を伝えた。

5) 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況

ソナーとは、音波の反射を利用して湖底の地形を測量する装置であるが、地形の再現精度をあげるためには音速の垂直分布をあらかじめ調べておく必要がある。もともとその音速分布を調べる装置がソナーシス

テムには組み込まれていたのであるが、水中音速そのものが溶存二酸化炭素量のモニターに使えるはずであるというアイデアの元、このセンサーに温度センサーを追加して、温度・圧力・音速度を同時に測定できるものに改良し、ニオス湖、マヌーン湖で測定を行った。成果については、上述の通りである。音速度の変化を元に溶存二酸化炭素量を測定する方式であれば、構造が簡単で安価なセンサーを開発することができ、センサーを上げ下ろしして水深方向の変化を測定するという複雑な運用をしなくても、最初から深度を変えた複数のセンサーを常設することも可能である。そこで、音速度を積極的に利用する形のセンサーの開発をはじめた。新しいセンサーの開発試験や、水中音速と溶存二酸化炭素量の関係を詳細に調べるためには、野外で取得するデータだけでは限界があるので、実験室で、圧力、溶存二酸化炭素量、溶存イオン量などを制御しつつ音速を測定する実験を行う必要が出てきた。この実験のために 10 気圧までの実験が可能な圧力水槽を設計し、室内実験システムが完成させた。

2. 5. 研究題目: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

研究機関名・研究代表者:熊本大学教育学部理科教育・宮縁育夫

①研究のねらい

火山ガス災害が発生したニオス湖とマヌーン湖など、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。

②研究実施方法

期間全体の研究目的を達成するために、まず平成 23 年度は火山ガス災害が発生したニオス湖およびマヌーン湖地域に関する既往の研究成果のレビューやカメルーン側研究者が保有するデータや情報収集を行うとともに、現地において地質学的調査を実施して、同地域の地形地質の概要を明らかにする。

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

ニオス湖およびマヌーン湖地域の噴火活動史解明に向けて、初年度は既往の研究成果などから同地域の地形地質の概要把握に努めた。

2011 年 1 月と 12 月に主にニオス湖周辺で噴出物の露頭観察や岩石試料の採取を行った。火砕堆積層のなかから 14C 年代測定に利用することが可能と考えられる試料を採取して 14C 年代測定を行った(Fig.15)。その結果、上位の試料が約 1200 年前、下位の試料が 500 年前となり、これは層序関係と矛盾するものであった。その原因として、試料の炭素含有量が低いために、測定された年代は真の年代とかけ離れたものになっていると考えられ、今後十分な大きさの炭化木片などを採取して年代を再測定する必要があるだろう。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に

交換された技術情報を含む)

今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。

⑤ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況(あれば)

特になし

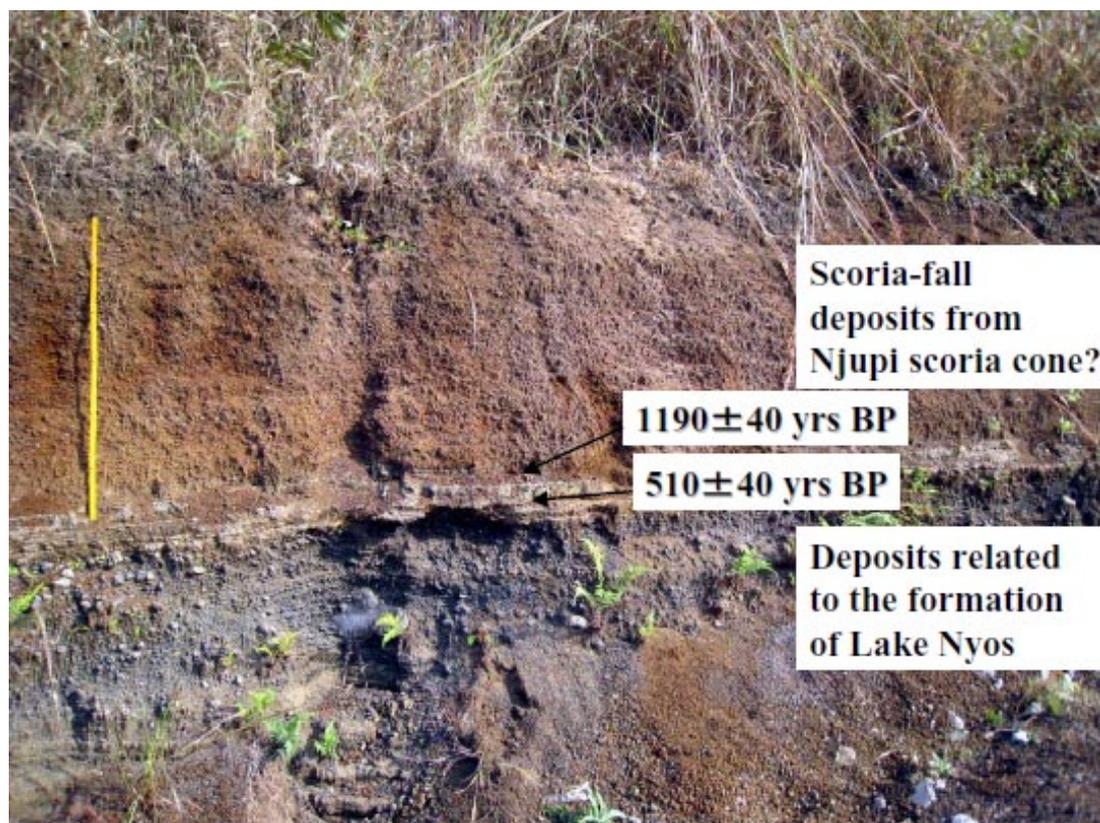


Fig. 15 ニオス湖周辺における露頭

2. 6. 研究題目:地下水流動系の解明

研究機関名・研究代表者:東京大学大学院新領域創成科学研究科自然環境学専攻・穴澤活郎

①研究のねらい

ニオス湖ならびにマヌーン湖の地下水流動を GIS・リモートセンシングならびに地球化学的手法を用いて解明する。

②研究実施方法

(1) 地形解析: 衛星画像や航空写真と現地踏査により地形を把握する

(2) 地球化学的手法: 湧水・井戸水・表流水・湖水を採取し化学成分や同位体比を求める

③当初の計画(全体計画)に対する現在の進捗状況

(1) 地球探査衛星のステレオ画像から DEM データを発生させ、GIS ソフトを用いてニオス湖周辺の地形図を作成した(Fig.16)。また、1960 年代に撮影された調査地域の航空写真を入手、整理した。

ニオス湖周辺の詳細地形図によるとニオス湖周辺の基盤は北西に傾く構造があり、南東から北西に地下水の流動が暗示される。

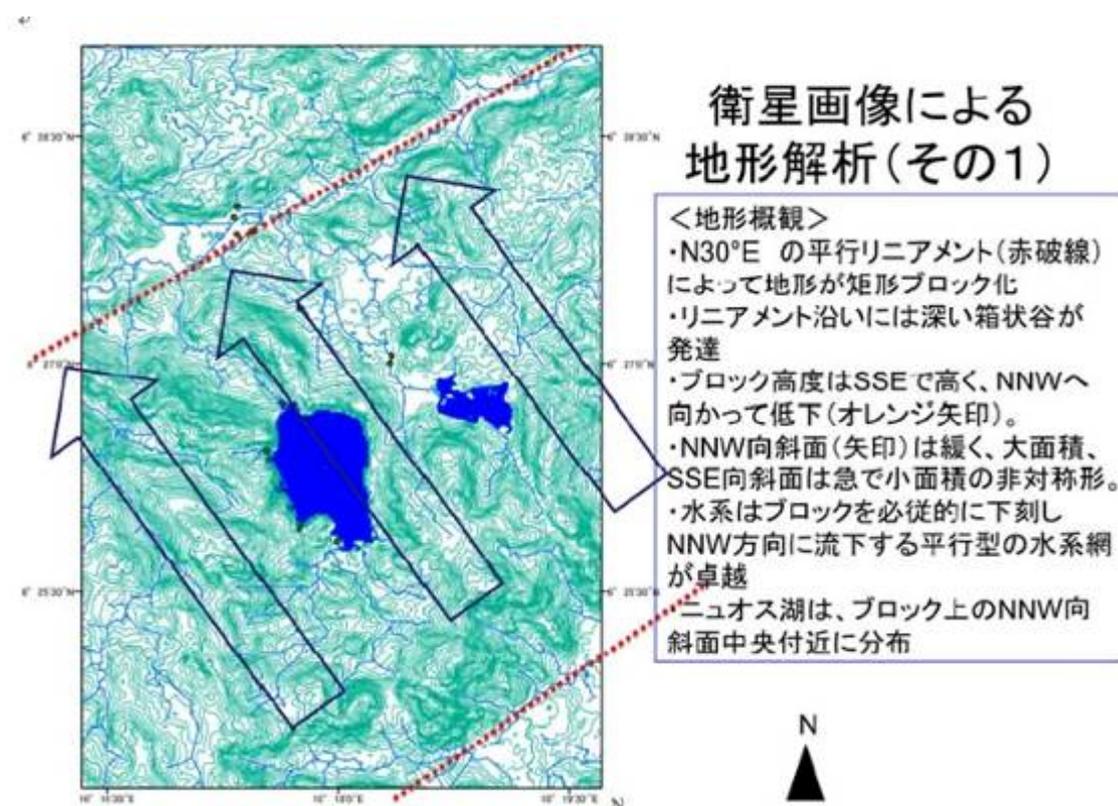


Fig. 16 ニオス湖周辺の地形構造

(2)ニオス湖ならびに湖周辺において2011年中に2回の調査を実施した。現地では、湖沼・井戸・河川・湧水の約60地点においてpH・EC・ORPや重炭酸イオンの現地測定を実施し、計50の水試料を採取した。また、これら水試料は日本に持ち帰り、主要成分と重金属類について定量分析を行った。

④カウンターパートへの技術移転の状況(日本側および相手国側と相互に交換された技術情報を含む)

現地調査はカウンターパートであるIRGMの研究者とともに実施し、現地での水質分析法の教育訓練を実施した。また、地化学データのGISによる提示方法についての指導を行った。

3.成果発表等

(1) 原著論文発表

- ①本年度発表総数(国内 1件、国際 0件)
- ②本プロジェクト期間累積件数 (国内1件、国際1件)
- ③論文詳細情報(著者名、発表論文タイトル、掲載誌)

Y. YOSHIDA, ISSA, M. KUSAKABE, H. SATAKE and T. OHBA

An efficient method for measuring CO₂ concentration in gassy lakes: Application to Lakes Nyos and Monoun, Cameroon, *Geochemical Journal*, Vol. 44, pp. 441 to 448, 2010

大場武, カメルーン火山湖ガス災害防止の総合対策と人材育成, 日本地震学会ニュースレター, 23, 4,p23-25 (2011)

(2) 特許出願

- ① 本年度特許出願内訳 該当なし
- ② 本プロジェクト期間累積件数 該当なし

4. プロジェクト実施体制

(1)「モニタリング」グループ(研究題目:カメルーン火山湖ガス災害防止の総合対策と人材育成)

①研究者グループリーダー名: 大場武 (東海大学・教授)

②研究項目

ニオス・マヌーン湖の定期的採取および自動観測ブイによりモニタリングを実施し, 湖に残存するCO₂ の量の時間変化を把握する. これらの情報と推定される湖水爆発の条件を総合し, カメルーン政府が湖の安全宣言を出すために必要な情報を提供する. 脱ガスパイプでは排除できない深層湖水に溶存したCO₂ を排除するために, 湖水を動力ポンプで汲み上げ脱ガスさせる試行実験をマヌーン湖で行う. プロジェクト終了後も湖の研究がカメルーン国内で継続されるように留学生を東海大学で受け入れ研究人材を育成する.

(2)「CO₂-岩石反応」グループ(研究題目:CO₂-岩石反応を含む物質移動現象の解析)

①研究者グループリーダー名: 上田晃 (富山大学・教授)

②研究項目

CO₂-岩石反応を実験的に検証し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・マヌーン湖の長期的な水質変動を予測し防災に寄与する. プロジェクト終了後も湖の研究がカメルーン国内で継続されるように留学生を富山大学で受け入れ研究人材を育成する.

(3)「シミュレーション」グループ(研究題目:湖水爆発の数値シミュレーション)

①研究者グループリーダー名: 小園誠史 (防災科学研究所・研究員)

②研究項目

湖水爆発を数値シミュレーションにより再現する. シミュレーションでは本プロジェクトの観測データを活用して境界条件を設定する. シミュレーションでは湖水内におけるCO₂ 濃度分布, 湖面からのCO₂ 放出量などのパラメータと湖水爆発現象の有無の関係を定量的に調べる. これにより湖水爆発が生じる条件を解明できると期待される.

(4)「CO₂ 供給系」グループ(研究題目:ニオス・マヌーン湖のCO₂ 供給システムの解明)

①研究者グループリーダー名: 佐伯和人 (大阪大学・准教授)

②研究項目

ニオス・マヌーン湖の下部に存在するマグマは定常的にCO₂ ガスを放出している。放出されたCO₂ は地殻内を上昇し、一部が地下水に吸収され熱水を形成し湖底に到達すると考えられる。地下水に吸収されないCO₂は土壌ガスとして大気に放出されていると考えられる。本研究ではさまざまな手法を適用しマグマから湖水あるいは大気へ移動するCO₂ ガスの動きを総合的に捉える。

(5)「噴火履歴」グループ(研究題目: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)

①研究者グループリーダー名: 宮縁育夫 (熊本大学・准教授)

②研究項目

ニオス湖やマヌーン湖をはじめとするカメルーン火口列火山において地質学的調査を実施し、噴出物の層序的・岩石学的特徴を明らかにする。火山ガス災害が発生したニオス湖とマヌーン湖においては、周辺における火山噴出物の分布状況等に関する調査を行って、それらの火口湖を形成した噴火の特徴を明らかにする。

(6)「地下水」グループ(研究題目:地下水流動系の解明)

①研究者グループリーダー名: 穴澤活郎 (東京大学・准教授)

②研究項目

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・マヌーン湖に供給されていると考えられる。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。本研究ではニオス・マヌーン湖周辺領域における地下水流動をGIS・リモートセンシングならびに地球化学的手法を用いて解明し湖に蓄積するCO₂ の収支を包括的に把握する。

以上