

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：10106

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23710206

研究課題名(和文)カルデラ湖における深層崩壊，地すべりと湖水氾濫の総合的調査研究

研究課題名(英文)Studies for subaqueous and submerged landslides and their relation to tsunamis in caldera areas

研究代表者

山崎 新太郎 (Yamasaki, Shintaro)

北見工業大学・工学部・助教

研究者番号：40584602

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：カルデラの周辺で海域や水域に地すべり移動体が突入した例に注目しその地質構造調査を行うと共に地形調査を行った。重要な結果は主に3つである。1つめは北海道東部のカルデラ湖屈斜路湖における多数の地すべり地形の発見と、その底質の分析とシミュレーションの結果からそれが1938年屈斜路地震時に発生した津波と関連している可能性が高いことを示したことである。2つ目は、神奈川県根府川のカルデラ外輪山の一部が地震によって崩壊し、それが海域に突入した例を調査し、その形状と被災範囲を確定した。3つは、湖のような狭く浅い水域における魚群探知機を利用した地形・底質調査装置の開発であり、以上の調査を通じて開発できた。

研究成果の概要(英文)：Subaqueous landslides and submerged landslides in caldera areas and their outer rims were investigated to know geologic structures and topographies for them. The important results are following three: First, many sublake landslides in Caldera lake Kussharo, east part of Hokkaido were found, and the high possibility that a landslide related to the tsunami disaster of the 1923 Kussharo earthquake was showed by topographic and bottom material analyses and its combined numerical simulation. Second, an example of collapsed outer rims submerging to the sea, the Nebukawa landslide which induced by the 1923 Kanto great earthquake was investigated, and the affected area of landslide and the shape of landslide body that has been scarcely reported was clarified. Third, the newly acoustic investigating method was developed through these above investigations. This method consists of leisure-use fish finders and side-scan sonar, and it can be introduced in narrow and shallow water.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：自然災害科学

キーワード：カルデラ 湖底地すべり 海底地すべり 魚群探知機 サイドスキャンソナー

## 1. 研究開始当初の背景

世界各地において、カルデラ湖の過去の破局的な氾濫の地形痕跡や堆積物報告されてきた。筆者は、この大規模氾濫・決壊の可能性がある地形（大規模氾濫が発生した可能性あるU字型の谷、過去の高い湖水面を示す段丘など）を北海道の4つのカルデラ湖においても発見した。いずれも氾濫・決壊の原因については明らかではない。しかし、現地調査、空中写真、国土地理院測量成果の湖沼図を解析した結果、調査した全ての外輪山や隣接火山体には大規模深層崩壊の滑落崖が認められ、各湖の湖底には不自然な局所的な凹凸地形が多数認められた。これらの凹凸は、その大きさや形状と周囲の火山の地形を比較しても直接の火山噴出物とは考えにくく、巨大深層崩壊堆積物の表面に頻繁に認められる流れ山に酷似しており、申請者はこの地形を深層崩壊もしくは地すべりの堆積物と断定した。そして、それらが複数認められる事実から「カルデラ外輪山では頻繁に深層崩壊や地すべりが発生し、それが湖水に突入して氾濫を発生させ、大規模なものはカルデラ湖の決壊につながった」という仮説を申請者に想起させた。従来から火山地域は、大規模かつ急速になだれ状に土砂が流下する深層崩壊、大規模な土塊が一挙に移動する地すべりが多発する地域であることが知られている。それは火山灰と軽石が十分な水分と強震動に対して極めて脆弱であること、火山地域の地質構造は透水非透水の互層構造であり、山体に多量の水を抱えることが理由にあることが報告されている。これは同様の構造、物質からなるカルデラ外輪山も同じであり、そこで深層崩壊や地すべりが発生しやすいことは疑いようがない。我が国では未だカルデラ湖の湖底で、詳細な地形や表層地質データが得られていないため、前述のようにカルデラ湖の地形の歴史の解明に重点をおいた危険性の分析は困難であった。

## 2. 研究の目的

以上の研究の背景に鑑み、筆者はカルデラの周辺で海域や水域に地すべり移動体が突入した例に注目しその地質構造調査を行うと共に地形調査を行った。特に北海道東部の屈斜路湖では1938年にマグニチュード6.0の地震で発生した津波に注目し、その原因となる地すべり地形の捜索を行なうこととした。そして、神奈川県小田原市の箱根カルデラ外輪山の周辺で地震により発生した地すべりの例を調査することとした。また、これらの研究を遂行するための調査装置の開発も同時に行うこととした。そして、これらの研究課題の解明を通じて当初目的のカルデラ湖の深層崩壊・地すべりによる氾濫リスクの分析を行った。

## 3. 研究の方法

本研究で採用した方法は、一般的な空中写真調査及び地形・地質踏査に加えて、サブボトムプロファイラによる湖底の地質構造調査、およびサイドスキャンソナー調査および浅深測量である。特に浅深測量とサイドスキャンソナー調査は本研究を通じて開発に成功した方法である。

## 4. 研究成果

本研究の主要な成果として(1)は湖など沿岸浅水域に適した浅深測量法と底質調査法の実現である。(2)は屈斜路湖における地質構造探査と浅深測量による湖底地すべりの調査(3)はカルデラ外輪山が1928年の関東大震災で崩壊した根府川地すべりの海域地形・地質調査に関する成果である。以下、その成果をそれぞれ述べていく。

### (1) 沿岸浅水域に適した浅深測量法と底質調査法の実現

限られた予算の中で当初目的にあるカルデラ湖内の地すべり地形調査をさらに高精度化するために、第1年度の後半から魚群探知機を利用した水底調査技術の開発にとりかかった。この手法の実現に関しては当初目的には無かったが本研究を通じて得られた最大級の成果の一つである。それが、図1に示す調査船と調査手法である。

筆者らは研究第1年度の直前に発売されるようになった浅水部に限って水底地形調査と底質調査が高精度魚群探知機の情報を入力し、これが発生した水底地すべりの規模や形状、発生時期を決定する重要な研究手法になりうる可能性があることに気づいた。ただ、魚群探知機を導入するのにあたって、湖のような狭い水域にゴムボートに装置を艦装する技術や安定した測深データを得るための技術開発に相当時間を要した。図1は本研究を通じて開発した地形探査ボートであり、水深200mを超える水域でも正確な測深が可能なトランスデューサーと水深100m程度までであるが底質が判定可能なサイドスキャンソナーを備えている。これにより出力されるダウンスキャン像とサイドスキャン像と組み合わせると水深100m程度まで底質の判定が可能であることが明らかになった。この底質判定手法は、長期的に堆積の場である湖においては、その表層堆積物の新旧の区別が可能であることを意味しており、有用であることも明らかになった。この成果は、山崎ほか、2013で公表するとともに、現在、国際誌に投稿中である。

### (2) 屈斜路湖における地質構造探査と浅深測量による湖底地すべりの調査

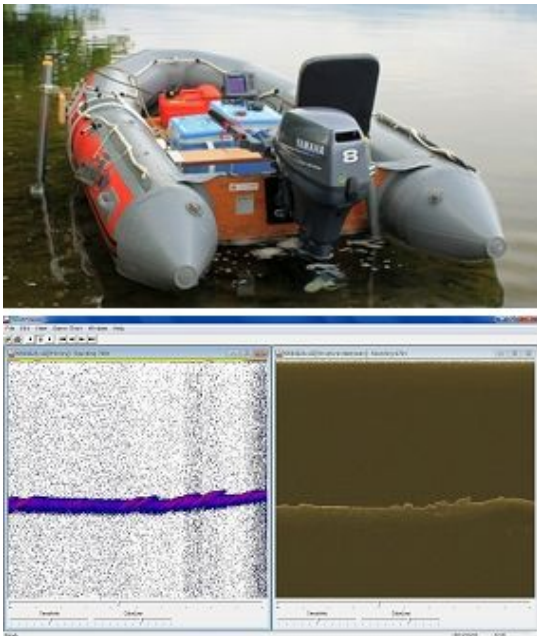


図1 (上)本研究で開発した水底地形調査船, 魚群探知機を利用したトランスデューサーを2組利用している。(下)魚群探知機画像(左)とサイドスキャンソナーのダウンスキャン画像(右). 魚群探知画像で捉えられない底質の形状が判別できる.

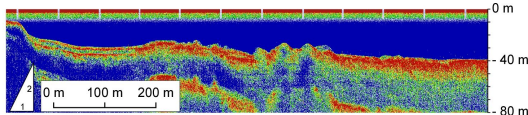


図2 屈斜路湖中島東方に存在する湖底地すべりの地層探査画像. 地層のたわみ, 複数のリッジ地形など, 陸上の巨大地すべりと同様の特徴を持っている.

屈斜路湖はカルデラ湖であるだけでなく, 周辺に極めて活動的な火山が複数存在し, 過去1万年を見ても, その火山砕屑物の噴出量は膨大である. それにも関わらず, 湖底には既往の湖沼図でも判別できる複雑な起伏が複数存在していた. 前述のように, 筆者はこれらの地形が巨大な湖底地すべりである可能性に注目し, 第1年度は大阪市立大学と共同で湖底において地層探査を行った. その結果, 通常の陸域で発生したような巨大な地すべり地形と類似の地質構造が複数存在することが明らかになった(図2).

1938年の屈斜路地震では屈斜路湖南部で津波が発生している(田中館, 1941が聞き取り調査を実施している)ために, 湖底に断層変位などがあると考えられてきた. しかし, 筆者らがくまなく調査を行ってもそれらは発見できなかった. しかしながら, 巨大な地すべり地形の中には, 筆者が開発した方法によるサイドスキャンソナーによる調査を実施したところ, 屈斜路湖南部の和琴半島東部に比較的最近発生した可能性のある長さ約800mの明瞭な滑落崖を持つ巨大な地すべり地形が発見された(図3)この地すべりの底質はほとんど後の堆積物で覆われておらず新鮮であることが推定された(図

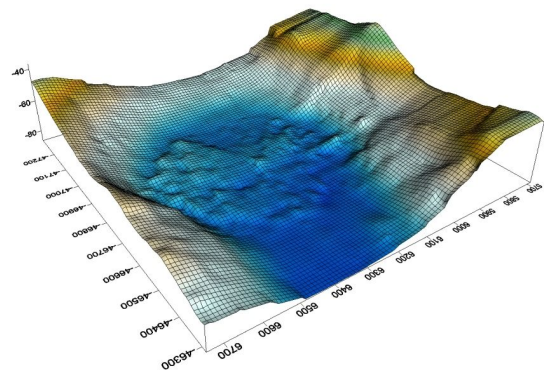


図3 屈斜路湖和琴半島東方の明瞭な湖底地すべり地形(右下辺が北, 座標値はZ軸が水深, XY軸は日本測地系XIIIの座標値)

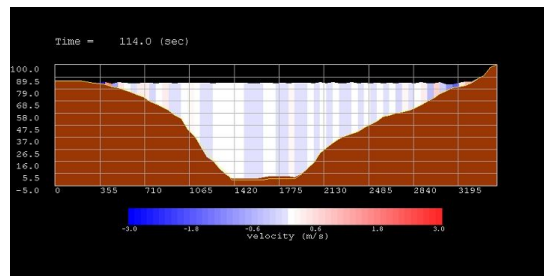


図4 屈斜路湖和琴半島と古丹南方間の東西側線とその直下の水深データを標本とした次元不定流計算法による津波シミュレーションの表示例. 90秒後に1.0mの津波が和琴半島側に, 120秒後に古丹南方に1.9mの津波が発生したとの計算結果が得られた.

1). そのため, この地すべりが1938年の津波を発生させた可能性があると考えて, 次元不定流計算法による数値シミュレーションを行った. その結果が図4である. これによると, およそ90秒で屈斜路湖の和琴半島周辺に高さ1.0m前後の津波が襲来することとなり, 田中館(1941)の調査した和琴半島周辺の住民の証言と一致した.

以上に述べた津波を発生させた可能性があるかと筆者らが考える地すべりの地形は既存の地形図や国土地理院の昭和40年台の測量成果である湖沼図でも確認できず. 改めて, 筆者らの調査手法が有効であることと, また地形図や湖沼図に描かれていない湖底地すべりが他にも国内には多数存在する存在する可能性が暗示された.

以上の他に洞爺湖でも大規模地すべり地形の調査を実施しているがその成果は本報告書の提出時現在はまだ解析中である.

### (3) 根府川地すべりの海域地形・地質調査

カルデラ外輪山の外側の脆弱性について情報を得るために, 神奈川県と静岡県にまたがる箱根カルデラの南部外輪山の地すべり地形の調査を行った. 特に, 南部外輪山が海

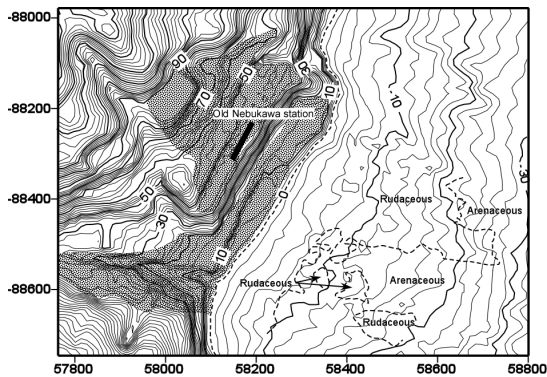


図5 根府川沖の地形図と底質の分布図。岩屑で覆われた礫質が崩壊箇所的前方沿岸に広がる。

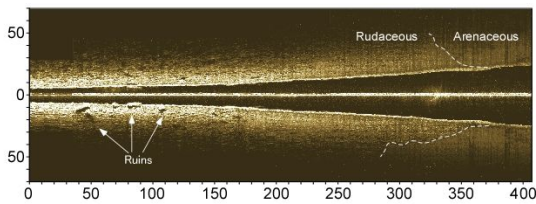


図6 根府川沖の未加工サイドスキャン画像と地すべりで流失していた構造物

域に突入する小田原市の根府川では1923年の関東大震災時に根府川の地すべりまたは「根府川山津波」と言われる大規模地すべりが発生し、111人の死者を発生させている。この地すべりを構成する溶岩および火山砕屑物は他のカルデラ地形を構成するものと基本的に共通している。筆者らはカルデラ外輪山の一部が崩壊して海中に突入する場合にどのような地形が形成されるのか？また、この根府川の地すべり発生時には多数の地すべりに巻き込まれた構造物の残骸が海中に散在すると伝えられてきているがそれらが本当に地すべりによりもたらされたものであるのか？などの課題が存在するために京都大学およびNHK取材班と共同で調査を行った。

筆者らが屈斜路湖などで開発した調査装置を用いて調査を行った結果、地すべりが海岸線から沖合に460m以上に渡って海中では非常に長く移動したことを突き止めた(第5図)。これにともなって、地すべりが海域に向かって徐々に岩塊の密度が減っていく様子を観察することができた。また、この調査と後のダイビング調査と検討した結果、海中に地すべりによってもたらされた巨大なコンクリート構造物が4箇所に渡って散財していることが判明した(第6図)。

以上から本研究では、特に新しい水域調査技術の提案およびそれを用いたカルデラ湖やカルデラ外輪山の調査、そして水底地すべりによる津波に関する重要な成果が得られたと考えている。研究期間は3年間で終了したが現在もこの成果は取りまとめ中であり、近日中に複数の論文の公開を予定している。

また、本研究を通じて筆者らが作成した調査技術はさらに、より水底地すべりやそれがもたらした津波を網羅的に調査すべく自動化へ向けて技術を開発中であり、すでに平成26年度から3年間挑戦的萌芽研究として採択されている。今後はさらに、本研究で残されたカルデラ湖での調査を引き続き実施していく予定である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1 件)

山崎新太郎・原口強・伊藤陽司

レジャー用魚群探知機を利用した水底地形調査,応用地質, 54 巻, 5 号, pp204-208, 2013 年 査読あり

[学会発表](計 7 件)

山崎新太郎「カルデラ湖における深層崩壊、地すべりと湖水氾濫の総合的調査研究」計画の概要,北海道火山勉強会 2011 2011 年 7 月

Yamasaki, S and Haraguchi, T. Topographies of hazardous events on the bottom of Caldera Lake Kussharo, Hokkaido Japan, 2012 年地球惑星科学連合大会 2012 年 5 月

山崎新太郎・伊藤陽司・西里涉・塩澤湧人, 魚群探知機を利用した水底地形探査の開発とカルデラ湖底の地すべり関連地形の抽出,平成 25 年度日本地すべり学会北海道支部研究発表会, 2013 年 4 月

山崎新太郎・伊藤陽司・原口強, 音波地層探査と浅深調査による屈斜路湖底の災害関連地形の抽出,北海道火山勉強会 2013 2013 年 7 月

山崎新太郎, 魚群探知機を利用した水底地形探査装置の開発と災害関連地形の調査,日本応用地質学会平成 25 年度研究発表会, 2013 年 10 月

山崎新太郎, 調査困難箇所のための水底調査法の開発と海底・湖底地すべりの調査(招待講演), 2014 年地球惑星科学連合大会 2014 年 4 月

Yamasaki, S. Underwater topographic survey for inaccessible water areas, and its applications to submarine and sublake landslides, AOGS 11th Annual Meeting 受理済み 2014 年 7 月発表予定

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

〔その他〕  
ホームページ等  
<http://www.yamasaki-geoscience.com/>

## 6．研究組織

(1)研究代表者  
山崎 新太郎 (YAMASAKI, Shintaro)  
北見工業大学・工学部・社会環境工学科・  
助教  
研究者番号：40584602