

北八ヶ岳の稲子岳の山体崩壊と大月川岩屑なだれによる天然ダム Sector Collapse of Inagodake in Kita-yatsugatake Volcano and Landslide dams outburst disasters

井上 公夫^{1*}

Kimio Inoue^{1*}

¹ 一般財団法人 砂防フロンティア整備推進機構

¹ Sabo Frontier Foundation

1. はじめに

仁和三年七月三十日(ユリウス暦 887年8月22日)の五畿七道地震(南海-東海地震, M8.0~8.5)で,北八ヶ岳の火山体が強く揺すられ,大規模な山体崩壊が発生した(石橋 2000,井上 2010,水山ほか 2011)。大量の崩壊物質は大月川沿いに大規模な岩屑なだれとなって流下し,千曲川上流部を河道閉塞し,上流部に巨大な天然ダム(古千曲湖1)を形成した。この天然ダムは,303日後の仁和四年五月二十八日(888年6月20日)に満水となり決壊して,洪水段波が流下し,千曲川の下流100km以上の地域にわたって「仁和の洪水砂」を堆積させ,大きな洪水被害をもたらした。

2. 大規模土砂移動の地形特性

北八ヶ岳から大月川流域の地形分類図(町田・田村 2010)によれば,千曲川を河道閉塞した地点の河床標高は1000mで,大月川に沿って岩屑なだれ堆積物が現存し,その堆積物の上には流れ山地形や松原湖・長湖などの湖沼が多く存在する。松原湖付近の流れ山などの押し出し地形の状況から推定すると,古千曲湖1の湛水高は130m(標高1130m),湛水量5.8億m³と,日本で最大規模の天然ダムが形成されたことになる。この天然ダムは湛水量が極めて大きいため,すぐに満水とはならず,303日(2.61×10⁷秒)後の梅雨期の豪雨(6月20日)によって,満水となり決壊した。

決壊した岩屑なだれ堆積物は,閉塞地点から下流の小海町八那池から馬流付近の河谷を広く埋積し,比高20~50mの河成段丘を形成した。このため,千曲川右支川の相木川に古相木湖が形成され,この天然ダムは江戸時代初期まで残った。古千曲湖1は決壊後も半程度の高さの古千曲湖2として,133年後の寛弘八年八月三日(1011年8月23日)まで残った。現地調査によれば,この段丘面の上や千曲川の河床には,八ヶ岳起源の巨礫が多く残っており,異様な風景である(海尻・海ノ口・小海・馬流・八那池・広河原などの地名や海ノ口の湊神社が残っている)。千曲川の中・下流では,天然ダム決壊による洪水段波が流下し,平安時代の条里遺構の上部を「仁和の洪水砂」が覆っている(川崎 2000, 2010)。

3. 北八ヶ岳の山体崩壊地形と稲子岳の巨大移動岩塊

河内(1993)は,887年に天狗岳東壁が山体崩壊を起こして,岩屑なだれの堆積量は3.5億m³にも達したと見積もっている。しかし,大月川上流部の馬蹄形カルデラの規模は,南北2.25km,東西3.5km,最大比高350mのカルデラを形成しており,河内が想定した大月川岩屑なだれよりも規模がかなり大きい。このことは,北八ヶ岳の大月川流域で887年のような大規模土砂移動が繰り返し発生したことを示唆している。千曲川沿いには,成因の不明な高位段丘(佐久穂町八千穂の右岸の段丘面-発電所の調整池が存在)が分布しており,これらの形成誘因となったイベントを検討する必要がある。

カルデラ頭部には,稲子岳が長軸1000m,短軸700m,高さ200m,推定体積1.4億m³の巨大な移動岩体として残っている。この移動岩体は887年の山体崩壊時に形成されたものであろうか。それとも,以前から移動岩体は存在し,その一部を含めて大規模に山体崩壊を起こしたのであろうか。

この移動岩体には風穴があるなど,基盤からほぼ完全に分離している(飯島ほか 1998)。現在も残る稲子岳を載せた移動岩体は,今後の地震や豪雨,後火山活動によって,大きく崩落し,新たな岩屑なだれを発生させて,千曲川を河道閉塞し,天然ダムを形成する可能性が考えられる。このような観点から,稲子岳付近の岩体の変動状況をGPSなどによる移動量観測によって把握すべきであろう。

キーワード: 北八ヶ岳, 稲子岳, 山体崩壊, 天然ダム, 大月川岩屑なだれ

Keywords: Yatsugatake, Inagodake, sector collapse, landslide dam, debris avalanche

高天原岩石なだれ：黒部川源流・水晶岳西面の大規模地すべり Late Pleistocene to Early Holocene large landslides in Takamaga-hara, Mount Suisho of Hida Mountains

苅谷 愛彦^{1*}, 原山 智², 松四 雄騎³, 松崎 浩之⁴
Yoshihiko Kariya^{1*}, HARAYAMA, Satoru², Yuki Matsushi³, MATSUZAKI Hiroyuki⁴

¹ 専修大学, ² 信州大学, ³ 京都大学, ⁴ 東京大学
¹Senshu University, ²Shinshu University, ³Kyoto University, ⁴University of Tokyo

飛騨山脈中央部・黒部川源流域に存在する大規模地すべり（岩石なだれ）について、その地形・地質学的特性を報告する。この地すべりの発生域は水晶岳（黒岳）西面の凹型急斜面で、移動土塊は黒部川支流の岩苔小谷を埋めている。移動土塊の面積は約 1.53 km² 以上である。移動土塊表面には流れ山や閉塞凹地が発達し、湖沼や湿原が生じている。移動土塊はジグソークラックの発達した最大層厚は約 70 m 以上の礫層からなり、その推定体積は 4.6 × 10⁷m³ 以上である。礫層に含まれる礫は水晶岳付近の山稜の基盤岩と一致する。礫層に含まれる 7 点の木片の ¹⁴C 年代は 10.187 - 9.631 cal ka (2sigma) の範囲に及び、おおむね 9.9 cal ka で重合する。一方、地すべり発生域の急斜面で採取した砂岩の宇宙線照射年代は 4.2 - 3.2¹⁰Be ka、移動土塊表層の巨礫から採取した花崗閃緑岩は 68 - 40¹⁰Be ka と 21 - 12¹⁰Be ka を示した。なお、花崗閃緑岩の採取地は木片の採取地とはやや離れている。同地の地すべりは、最終氷期（MIS4 - 3）や晩氷期（MIS2）、および完新世初頭（MIS1）に複数回生じた可能性がある。最終氷期や晩氷期に大規模地すべりが生じた場合、岩苔小谷を流下していた氷河上に岩屑が落下したことも想定される。

地すべりダムを巻き込んだ土石流：2011年宮川流域持山谷のケース
Debris flow involving landslide dam: a case of Mochiyamadani, Miyagawa area, Mie
Prefecture in 2011

永田 秀尚^{1*}

Hidehisa Nagata^{1*}

¹ 有限会社 風水土

¹Fu Sui Do co. ltd.

三重県宮川流域は2004年に引き続き、2011年にも台風12号による豪雨に見舞われ、どちらの豪雨によっても多数のランドスライドが引き起こされた。既存の緩速地すべりには再活動が認められたものがあるが、初生的な高速地すべりは単独で、あるいは既存のものに隣接して発生した。

支流の持山谷では2004年に発生した崩壊の拡大と、それに隣接した箇所での土砂/岩すべりが2011年に最上流で発生した。移動体は土石流となって流下し、2004年に中流部で発生した岩すべりによる地すべりダムを侵食し、その体積を増加させて宮川本川との合流点まで達した。土石流は砂防ダムと橋梁を破壊し、本川対岸の家屋が流出した。宮川は土砂によって一時的にせき上げされ、合流点より上の水位が上昇した。

キーワード: 2011年豪雨, 土石流, 地すべりダム, 宮川

Keywords: 2011 heavy rain, debris flow, landslide dam, Miyagawa River

平成 24 年 7 月九州北部豪雨において発生した斜面崩壊の分布と特徴 Features and distribution of landslides triggered by heavy rainfall in the northern part of Kyushu in July 2012

土志田 正二^{1*}, 内山 庄一郎¹
Shoji Doshida^{1*}, Shoichiro Uchiyama¹

¹ 防災科学技術研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

平成 24 年 7 月 11 日から 14 日にかけて、本州付近に停滞した梅雨前線に向かって南から湿った空気が流れ込み、九州北部を中心に大雨となった(気象庁命名:平成 24 年 7 月九州北部豪雨)。この豪雨に伴い多数の斜面崩壊、洪水被害が発生し甚大な被害をもたらした。本発表では、豪雨に伴い発生した斜面崩壊の分布とその特徴を明らかにすることを目的とする。また、その防災科学技術研究所(防災科研)の地すべり地形分布図と、本災害で発生した地すべりの分布と特徴を比較することで、地すべり地形分布図の新しい活用方法を模索する。

平成 24 年 7 月九州北部豪雨災害では、積算で 800 mm を越える降水量が観測された 2 地域、熊本県阿蘇市周辺(阿蘇谷地域)、および福岡県八女市星野村周辺(星野村地域)を中心に斜面崩壊が多数発生した。阿蘇谷地域で発生した斜面崩壊は、阿蘇カルデラ内壁の北東部、および阿蘇中央火口丘群北斜面に多くの発生が見られた。カルデラ内壁北西部の三久保折戸では崩壊深 2~3m 程度の浅層崩壊も見られたが、本地域で発生した斜面崩壊の多くは深さ 1m 未満の表層崩壊であった。阿蘇谷地域では、1990 年 7 月や 2001 年 6 月にも豪雨による斜面崩壊が多発しており(防災科研, 1991, 主要災害調査報告;宮縁ほか, 2004, 地形など)、今回発生した表層崩壊の発生状況もこれら過去の事例と調和的である。一方、星野村地域では、阿蘇谷地域で多発した表層崩壊と比較するとその発生数は少ないが、崩壊深 5m, 崩壊幅 100m を越す地すべりが複数発生しており、河川沿いの地すべり地形が密集する地域で多くの斜面崩壊が発生していたことが明らかになった。

両地域において発生した斜面崩壊の分布と特徴を比較すると、それぞれ地域で発生した斜面崩壊は規模・形態が異なっていることが明らかになった。その原因と 1 つとして地質条件が考えらる。阿蘇谷地域では火山岩類が広く分布しており、一方、星野村地域では、変成岩類の泥質片岩と苦鉄質火山岩類の地質境界が分布している。また、防災科研の地すべり地形分布図 [<http://lswb1.ess.bosai.go.jp/>] における地すべり地形の分布状況を見ると、阿蘇谷地域では地すべり地形の分布は少なく、星野村地域では地すべり地形の分布は密集していた。このことから、星野村地域は、もともと地すべりなどの規模の大きい斜面崩壊が起こりやすい条件下であったと推定することができる。以上のことから、地質情報と地すべり地形分布図を組み合わせることで、その地域における発生し易い斜面崩壊の種類を推定できる可能性も示された。

キーワード: 斜面崩壊, 平成 24 年 7 月九州北部豪雨, 地すべり地形分布図

Keywords: Landslide, heavy rainfall in the northern part of Kyushu in July 2012, the Landslide map

1714年信濃国小谷地震による岩戸山地すべりと姫川天然ダム Iwatoyama landslide and natural dam caused by the AD 1714 Shotoku-Otari Earthquake in central Japan

鈴木 比奈子^{1*}, 苅谷愛彦², 井上公夫³

Hinako Suzuki^{1*}, KARIYA, Yoshihiko², INOUE, Kimio³

¹(独)防災科学技術研究所, ²専修大学文学部, ³(財)砂防フロンティア整備推進機構

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, ²Senshu University, ³Sabo Frontier Foundation

1714年4月28日22時(正徳4年4月28日亥刻)に発生した正徳信濃国小谷地震(M = 6 1/4)は, 糸魚川 - 静岡構造線活断系神城断層沿いの内陸直下型地震である。本地震により長野県小谷村で大規模地すべりが発生し, 30人が犠牲になったとされる。この災害は地域の伝承やいくつかの資料により知られていた。特に, 郷土資料である「内川氏文書(1714年作成, 1984年初出)」には以下の記述(筆者ら現代語訳)がある(a)高さ760m, 横幅180mの範囲で山地斜面が崩落した(b)この結果, この山の直下にある坪の沢という集落が埋没し, 姫川を堰き止める460mの天然ダム(筆者ら注: この数値が何を示すかは記述なし)が形成された(c)姫川は8km上流の塩島新田村まで湛水した(d)天然ダムは1714年5月1日(夜)に決壊した。しかし本資料は地形・地質学的データによる吟味がなされていなかった。本研究では小谷村で地形・地質調査を行い, 内川氏文書ほか既往資料の内容を検証した。この結果, 内川氏文書の記述と現地の地形・地質状況はよく合致し, 地すべりの発生から天然ダムの決壊に至る過程を新たに復元することができた。主要な結論は以下のとおりである。

(1) 地すべりは姫川右岸の岩戸山(標高1356m, 地盤高約780m)西面で発生した。発生域は山頂直下と西面中腹と考えられ, 特に中腹で発生した地すべりで集落が埋没した。坪の沢は現存する集落であるが, 現存する集落の位置よりも300m上流の岩戸山西面山腹に存在していたことが聞き取りで確認された(2) 内川氏文書における天然ダムの記述と, 現存する地すべり移動体の分布範囲・高度はよく一致する。天然ダムが形成されたのは確実である(3) 天然ダムの推定形成地点から姫川の約4.5km上流には現在, 白馬村新田地区が存在する。内川氏文書中の塩島新田はここにあたる。内川氏文書で記載された8上流とは, 川の距離ではなく, 並走する街道の距離であると推測される。この範囲まで湖沼が形成されるにはダム高は80m必要であるが, これは(2)の推定と矛盾しない(4) 復元された天然ダムおよびダム湖の規模に基づく推定最大湛水量は約 $33 \times 10^6 \text{ m}^3$ である。決壊の日時まで検証することはできなかったが, この湛水量に達した天然ダムが形成後約72時間で決壊したとすれば, その間の河川流入量は毎秒約128 m^3 となる。

キーワード: 歴史地震, 地震地すべり, 天然ダム

Keywords: Historical earthquake, Earthquake-induced landslides, Natural Dam

大規模崩壊地内部での地質構造が土砂生産量，地形へ及ぼす影響

Effect of geological structure on the sediment supply rate and topography in a large landslide.

今泉 文寿^{1*}, 西井 稜子², 村上 亘³, 小川 泰浩³, 宮前 崇³, 大丸 裕武³

Fumitoshi Imaizumi^{1*}, Ryoko Nishii², Wataru Murakami³, Yasuhiro Ogawa³, Takashi Miyamae³, Hiromu Daimaru³

¹ 静岡大学農学部, ² 筑波大学生命環境系, ³ 森林総合研究所

¹Faculty of Agriculture, Shizuoka University, ²Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, ³Forestry and Forest Products Research Institute

大規模崩壊地はその形成後も拡大崩壊や岩盤の風化，侵食により大量の土砂を生産しつづける。このようにして大規模崩壊地から生産される土砂は流域の土砂収支に大きな影響を及ぼすと考えられる。これまでに行われた大規模崩壊地に関する研究の多くは，その形成に関わる地質・地形的な特徴，あるいは降雨や地震といった崩壊地形成の誘因に関するものであり，崩壊地が形成された後の土砂生産過程については未解明の部分が多い。四万十帯はわが国に分布する地質帯の中で大規模崩壊が発生しやすい代表格ともいえるが，砂泥互層の地質構造は大規模崩壊の形成のみならず，形成後の土砂生産過程にも影響を及ぼしている可能性がある。そこで本研究では大規模崩壊地からの土砂生産パターンと土砂生産量の把握，およびそれらと地質・地形の関連性を明らかにすることを目的とし，赤石山脈南部の四万十帯に位置する赤崩において行われた5時期のレーザースキャナによる測量結果を解析した。調査対象地である赤崩は面積 4×10^5 m²，崩壊土量 2.7×10^7 m³ におよぶわが国固有数の大規模崩壊地であり，大井川への主要な土砂供給源のひとつである。中生代砂岩頁岩の互層であり，源頭部付近には岩盤クリープの痕跡である線状凹地が多数確認される。赤崩では2000年，2003年，2007年に航空レーザ測量が，2010年，2011年に地上からのレーザースキャナによる測量が行われた。これら5時期における測量結果をもとに，赤崩における地形変化量の空間分布を求めた。その結果，赤崩からの土砂生産は，深さ10m以上の深い崩壊と，それ以外の部分の定常的な侵食現象にわけられる。後者に着目すると，砂岩と頁岩が5m～10mという比較的短い間隔で互層をなしているエリアでは，砂岩部分の侵食速度が 1 m yr^{-1} 程度の，頁岩部分の侵食速度が 0.2 m yr^{-1} 程度であり，地質による侵食速度の違いがみられた。この互層エリアでは，砂岩部分が60～80度の急崖を，頁岩部分が40度程度の緩斜面を形成しており，両者が交互に重なることで全体として階段状の地形をなしている。観測期間（11年間）の間に，階段状の地形が地層の傾斜方向に向かって平行に後退している様子を確認できた。これらの観測結果から，赤崩では土砂生産量の空間分布や崩壊地内の地形が，砂泥互層という地質構造に大きく依存していることが明らかになった。

キーワード: 大規模崩壊地, 赤崩, 土砂生産, 四万十帯

Keywords: deep-seated landslide, Aka-kuzure, sediment supply, Shimanto terrane

日本列島における斜面崩壊の規模 - 頻度と雨量との関係

Relationship between rainfall condition and landslide magnitude-frequency in Japan

齋藤 仁^{1*}, Oliver Korup², 内田 太郎³, 林真一郎³, 小口 高¹

Hitoshi SAITO^{1*}, Oliver Korup², Taro Uchida³, Shin-ichiro Hayashi³, Takashi Oguchi¹

¹ 東京大学 空間情報科学研究センター, ²Institute of Earth and Environmental Sciences, University of Potsdam, Germany, ³ 国土交通省 国土技術政策総合研究所 危機管理技術研究センター 砂防研究室

¹Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo, Japan, ²Institute of Earth and Environmental Sciences, University of Potsdam, Germany, ³Erosion and Sediment Control Division, National Institute for Land and Infrastructure Management, Ja

湿潤変動帯に位置する日本列島では、降雨に起因する斜面崩壊が頻繁に発生している。これまで、雨量強度 - 降雨継続時間などの雨量指標と斜面崩壊の発生との関係を解析する研究は数多く行われてきたが、斜面崩壊の規模 - 頻度との関係に着目した研究は多くない。そこで本研究では、斜面崩壊の頻度 - 規模に着目し、日本列島において斜面崩壊を発生させる降雨イベントの特徴を明らかにすることを目的とした。本研究では、降雨に起因した 4,848 件の斜面崩壊を対象とし、一連の降雨の開始から斜面崩壊が発生するまでの、累積雨量 (mm)、最大時間雨量 (mm/h)、平均雨量強度 (mm/h)、降雨継続時間 (h) を解析雨量より求めた。また斜面崩壊データを規模に応じて 2 つのグループに分類し、斜面崩壊が発生した降雨イベントの特徴を解析した。

その結果、規模が大きい斜面崩壊ほど、累積雨量、最大時間雨量、平均雨量強度が大きくなることが明らかになった。特に、累積雨量 200 ~ 270 mm、最大時間雨量 33 ~ 45 mm/h、平均雨量強度 3.5 ~ 3.8 mm/h を超えると、規模の大きな斜面崩壊 (約 2,000 m³) の頻度が大きくなる傾向が明らかになった。その一方で、降雨継続時間には、斜面崩壊の規模との関係が見られなかった。この結果は、累積雨量や雨量強度がより斜面崩壊の規模に影響することを示唆している。

キーワード: 斜面崩壊, 規模 - 頻度, 雨量

Keywords: landslide, magnitude-frequency, rainfall

山体重力変形地形の形成過程：岐阜福井県境の冠山北西および三重県熊野市ツエノ峰を例として

Development history of sagging geomorphology: examples from Mt. Kanmuriyama, Gifu Pref. and Mt. Tsuenomine, Mie Pref.

小嶋 智^{1*}, 丹羽良太¹, 栢本耕一郎¹, 金田 平太郎², 永田 秀尚³, 池田晃子⁴, 中村 俊夫⁴, 大谷 具幸¹

Satoru Kojima^{1*}, NIWA, Ryota¹, KAYAMOTO, Koichiro¹, Heitaro Kaneda², Hidehisa Nagata³, IKEDA, Akiko⁴, Toshio Nakamura⁴, Tomoyuki Ohtani¹

¹ 岐阜大学工学部社会基盤工学科, ² 千葉大学大学院理学研究科, ³ (有) 風水土, ⁴ 名古屋大学年代測定総合研究センター
¹Department of Civil Engineering, Gifu University, ²Chiba University, ³Fusuido, Ltd., ⁴Center for Chronological Research, Nagoya University

近年、二重山稜、山向小崖などの山体重力変形地形が、大規模深層崩壊の前兆現象として注目されている。また、航空レーザ測量により作られた高精細な地形図の解析により、日本の山岳地域には大小さまざまな規模の山体重力変形地形が、普遍的に存在することも明らかになりつつある。しかし、その形成年代や形成プロセスについてはほとんど明らかにされていない。我々は現在、岐阜福井県境の越美山地冠山北西地域および紀伊半島の三重県熊野市ツエノ峰地域に発達する山体重力変形地形を、野外調査やボーリング調査により研究している。本発表では、それら調査結果について報告する。

冠山北西地域には、美濃帯のジュラ紀付加体に属するチャート・砂岩が分布する。稜線上に認められる二重山稜のうちの一つについて、山稜間の凹地を埋積した堆積物をハンドオーガーボーリングにより解析した。凹地埋積堆積物は、下位から 1) 礫質橙色粘土、2) 淡黄色粘土、3) 暗灰色粘土・腐植土互層からなる。この堆積物の厚さは確認された範囲では最大約 3m で、西ほど厚く凹地断面がくさび形であることがわかる。このことは、稜線が東側に円弧回転しながら変形していることを示唆する。コア試料に挟まれるアカホヤ火山灰 (K-Ah, 7.3 ka)、木片の AMS 14C 年代、およびそれらの年代値から推定される平均堆積速度などから、本凹地は 11,000 年前頃に形成され、その後、ほぼ一定の速度で埋積されたものであることが明らかとなった。

ツエノ峰地域には、新第三紀中新世の熊野層群に属する砂岩・泥岩および少量の礫岩が分布する。稜線には二重山稜が、斜面には線状凹地と地滑り地形が、その下部の沢沿いには天然ダムとせき止め湖跡が認められる。二重山稜の間の線状凹地を埋める堆積物を 2 本のボーリングにより掘削し、厚さ約 9m の凹地埋積堆積物を得た。堆積物はほぼ全体が塊状泥層からなり、最下部は泥質礫層に移化する。泥層には、木片等、14C 年代測定に適した有機物は含まれていないが、深度 0.8, 4.3, 7.8m に上・中・下、3 層のテフラ層が挟まれており、年代の推定が可能である。火山ガラスと角閃石の屈折率などの特徴から、上部層は始良 Tn 火山灰 (AT, 28-30ka: 年代値は町田・新井, 2003 による, 以下同じ)、中部層は九重第 1 (KJ-P1, 50ka) 下部層は鬼界葛原 (K-Tz, 95ka) であることが推定され、わずか約 7m の泥層の堆積に約 6 万年以上を要したことが明らかとなった。

キーワード: 山体重力変形地形, 地すべり, 冠山, ツエノ峰

Keywords: sagging geomorphology, landslide, Mt. Kanmuriyama, Mt. Tsuenomine

山体重力変形の発生に活断層が与える影響 - 航空レーザー測量データに基づく美濃山地西部全域の山体重力変形地形マッピング -
Tectonic controls on gravitational deformation: a regional sagging mapping in the western Mino Mountains using LiDAR

金田 平太郎^{1*}, 河野 太陽¹
Heitaro Kaneda^{1*}, Taiyo Kono¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科地球科学コース
¹ Department of Earth Sciences, Chiba University

山稜およびその周辺においては、山体重力変形地形（サギング地形）と呼ばれる山体崩壊の初期的・前兆的の微地形の存在が知られている。2000年代以降、航空レーザー測量技術の発展・適用によって、植生に覆われた低標高の山地においても山体重力変形地形が存在することが明らかとなりつつあるが、そのような発見は、地すべり地周辺や活断層沿いなどの比較的限られた領域にとどまり、広域の山地における山体重力変形地形の分布はこれまでほとんど明らかになっていなかった。

近年、国土交通省越美砂防事務所によって美濃山地西部の航空レーザー測量が実施され、同地域全域を網羅する高密度（1mグリッド）の数値標高モデルが整備された。本研究では、このデータから作成した赤色立体地図のステレオペア画像を実体視判読することによって、美濃山地西部全域の詳細な山体重力変形地形の分布図を作成し、その分布密度と地形、地質、活断層の関係を検討した。

マッピングの結果、山体重力変形地形は東西約 35 km、南北約 24 km の研究地域全体に広く分布しており、その総数は 10486、総延長は 716 km に達することが明らかとなった。平均の分布密度（線密度）は 0.68 km/km² である。線密度は標高とともに増加する傾向が顕著であり、位置エネルギーが山体重力変形の発生に極めて大きな影響を与えていることは明らかである。また、基盤地質に関しては、全般に火成岩地域よりも堆積岩地域の方が山体重力変形地形の分布密度が高く、層理面の存在が山体重力変形の発生に影響を与えている可能性を指摘できる。一方、調査地域内に分布する各活断層が活動した際の地震動（最大加速度）及び静的歪み（体積歪）を見積り、それらの影響を検討したところ、山体重力変形地形の密度は両者の増大とともに大きくなる傾向が認められ、かつその増加傾向は、地震動よりも静的歪みの方が顕著であることが明らかとなった。地すべり・斜面崩壊などのマスムーブメントと活断層の関係については、これまで地震動との関係のみが論じられることが多かったが、活断層が活動することによる周辺地殻の静的歪みもマスムーブメントの発生に大きな影響を与えている可能性がある。

キーワード: 山体重力変形, 航空レーザー測量, 活断層, 美濃山地
Keywords: sagging, airborne LiDAR, active fault, Mino Mountains

大起伏堆積岩山地の流れ盤斜面における重力変形と地質構造に規制された地下水流出 Gravitational deformation and bedrock groundwater discharge in a hillslope underlain by accretionary sedimentary rocks

松四 雄騎^{1*}, 山川 陽祐², 小杉 賢一朗³, 正岡直也³, 糸数哲³

Yuki Matsushi^{1*}, Yosuke Yamakawa², Ken'ichirou Kosugi³, Naoya Masaoka³, Tetsushi Itokazu³

¹ 京都大学防災研究所 地盤災害研究部門 山地災害環境研究分野, ² 京都大学 学際融合教育研究推進センター, ³ 京都大学 大学院農学研究科 森林科学専攻 山地保全学教室

¹Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ²The Center for the Promotion of interdisciplinary Education and Research, Kyoto University, ³Graduate School of Agriculture, Kyoto University

1. はじめに

大起伏な付加体堆積岩山地において、豪雨によって発生する深層崩壊の発生場および発生時を予測するためには、1) 崩壊に先立つ斜面の重力変形に伴って形成される微地形の検出、2) 層理面や断層等の地質的不連続面に規制された水文地質構造の把握、3) 降雨に対する山体地下水の長期・短期的応答の解明が必要である。本講演ではまず、2011年に発生した紀伊半島における深層崩壊災害の事例から、これらの視点からの研究の必要性を述べる。次に、大津市葛川地区において、大起伏な堆積岩斜面を調査対象に設定し、上述の3つの要件を満たすべく地形計測・地質調査および水文観測を行った結果を紹介する。

2. 調査地域

研究対象地域は、滋賀県安曇川上流に位置する葛川谷である。葛川谷は花折断層に沿う断層谷であり、周辺の地質は、砂泥互層、チャート、混在岩を主体とする付加体堆積岩である。葛川谷では、右岸の流れ盤斜面において、特に深層崩壊リスクが高いと考えられ、事実、1662年の寛文地震の際には、葛川右岸斜面において町居崩れと呼ばれる大規模崩壊が発生し、塞き止め湖が形成されたのち、およそ2週間後に決壊したことが知られている。

葛川谷右岸斜面では標高の異なる湧水が多数存在し、湧水点にはしばしば不透水性の粘土が確認された。葛川谷の周辺斜面には、花折断層に付随する断層が複数存在していると考えられ、湧水はこうした断層の運動によって形成されたガウジに規制された基盤岩地下水の湧出によるものと考えられる。

3. 方法および結果

葛川上流域において、航空レーザー測量を実施し、詳細なデジタル地形モデルを作成した。その結果、流れ盤をなす大起伏斜面を中心に、重力による変形の結果形成されたとみられる直線状あるいは馬蹄形の段差地形が多数確認された。

基盤岩湧水9か所において堰を設置し、地下水流出量を連続観測したところ、流出波形は、いくつかの類似したパターンに分類されることがわかった。これは基盤内に、降雨に対する変動を異にする複数の地下水帯が存在していることを示唆している。

一部の湧水では、近傍でボーリングを行い、山体地下水の観測孔を掘削した。観測の結果、孔内地下水位の変動は、近傍の湧水からの地下水流出の変動と調和的であることが明らかになった。

キーワード: 深層崩壊, 重力変形, 山体地下水, 岩盤湧水, 降雨流出過程

Keywords: deep-seated catastrophic landslides, gravitational deformation, deep bedrock groundwater, bedrock spring, rainfall-runoff processes

地震地すべりサスセプティビリティ・マッピングのための地形的評価要素 Topographic criteria for susceptibility mapping of earthquake induced landslide

八木 浩司^{1*}, 檜垣大助², 佐藤 剛³, 濱崎英作⁴, 林一成⁵

Hiroshi YAGI^{1*}, HIGAKI, Daisuke², Go Sato³, HAMAZAKI, Eisaku⁴, HAYASHI, Kazunari⁵

¹山形大学, ²弘前大学, ³帝京平成大学, ⁴アドバンテックテクノロジー, ⁵奥山ボーリング

¹Yamagata Univ., ²Hirosaki Univ., ³Teikyo Heisei Univ., ⁴Advantech Co.Ltd., ⁵Okuyama Boring Co.Ltd.

歴史地震および近年発生した地震にともなって発生した地震地すべりの発生場の地形的特徴について、地震の発生場（海溝型、内陸直下型）と地すべりタイプの両面から検討した。そして、地震のタイプごとに発生しやすい地震地すべりタイプとその発生場の類型化を行った。その結果、小地形スケールでの地震地すべりを発生させやすい地形要素として、クリーブ斜面、急崖・ゴルジュ、地すべり地形、活断層末端・会合部、風化火山灰埋積谷を設定した。地震時の地すべりサスセプティビリティ・マッピングにおいては、予想される地震タイプごとにそれら要素と岩層・地質構造を組み合わせたAHP評価が有効と考えられた。さらにそれら地形要素を反映する示標として斜面傾斜角、集水面積、谷次数、断面曲率、凹凸度、地上開度、地質（軟質?硬質）、地すべり堆積物の分布および流れ盤（斜面と地層の傾斜方向の差）を用いて対応関係をみた。その結果、斜面傾斜角に加えて地上開度が地震地すべり（特に崩壊、崩壊性地すべり）との関連性がたかいことが明らかとなった。

なお本研究は、国土交通省河川砂防技術開発研究課題「類型化に基づく地震による斜面変動発生危険箇所評価手法の開発」で行なった成果の一部である。

キーワード: 地震地すべり, サスセプティビリティ評価, 地形要素

Keywords: susceptibility mapping, earthquake induced landslide, topographic criteria

東北地方太平洋沖地震による宮城県松島湾周辺地域の斜面変動発生場の地形条件 Geomorphological settings of the slope movements in the Matsushima Bay area induced by the 2011 Off-the Pacific Coast of

檜垣 大助^{1*}, 白澤 道生²

Daisuke Higaki^{1*}, Michio Shirasawa²

¹ 弘前大学, ² (株)横山空間情報研究所

¹Hirosaki University, ²Yokoyama Geo-Spatial Information Laboratory Co.Ltd.

宮城県松島湾周辺地域において、2011年東北地方太平洋沖地震で岩盤崩壊・岩盤すべりなどの斜面変動が多数発生した。Google Earth 画像と現地調査によって、それらの発生個所や規模・傾斜などを把握した。そして、GIS解析と国土地理院 2m メッシュDEM から作成した立体斜度図を用いて、斜面変動発生場の地形条件を調査した。

斜面変動の90%は傾斜40度以上、起伏量10m以上で発生していた。傾斜の増加に応じて発生頻度も高くなるが、起伏量では10-20mの範囲で最も高かった。これは、現在を含む完新世の海食起源の急斜面がその範囲に形成されていることによる。また、集落建物数の経年的変化の調査から、これら急斜面に近接する建物が増加してきていることがわかった。このことから、斜面災害のリスクは高まってきており、それらへの対策が必要と言える。

本研究は、国土交通省河川砂防技術開発研究課題「類型化に基づく地震による斜面変動発生危険箇所評価手法の開発」として行なった成果の一部である。

キーワード: 斜面変動, 松島, 東北地方太平洋沖地震, 立体斜度図

Keywords: Landslides, Matsushima, the 2011 Off-the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, stereoscopic slope map

ヒマラヤにおける氷河湖決壊の発生事例とその特徴 The cases and their aspect of glacier lake outburst in the Himalayan range

小森 次郎^{1*}
Jiro Komori^{1*}

¹ 帝京平成大学 現代ライフ学部

¹Department of Modern Life, Teikyo Heisei University

氷河湖決壊洪水について、湖がもつ危険度の評価基準はあいまいであり、人によってその危険度評価が異なる。初期に発行された危険な湖のインベントリーでは、単に面積が大きな湖ほど危険であるとされている場合もある(例えば、ICIMOD, 2001)。ネパール東部、サガルマータのある一つの湖はその典型であり、決壊の危険性が低いとする見解がある一方で、有数の国際機関等が決壊危険性の低減に向けて巨費を投じている。

しかし、決壊の危険性に対する正しい判断には、さらに詳しい情報と検討が必要である。例えば、文書記録や、現地の地形・堆積物の情報をもとに、過去に発生した決壊事例を収集することは有益である。また、そこからさらに、決壊事例の地域的・時間的分布や地形・地質や気候といった特徴との関係を明らかにする必要がある。

筆者は東ヒマラヤ、ブータン国内における過去45年間の決壊事例を集め、それについては既に報告した(2012年地球惑星科学連合大会予稿集・Global Environmental Research, 16, 69-80)。その後、更に対象範囲をヒマラヤ全域に広げたことで、以下の結果が得られた。特に氷河湖の決壊を示す地形を抽出したことから、(1)1970年代までに氷河湖決壊の多くが発生しており、すなわち、20世紀に頻発した氷河湖決壊は、小氷期から現在に続く氷河の縮小の一つの現象と言える、(2)決壊後に残った痕跡は、ヒマラヤでも中部から東部に限られる、(3)文書記録にある洪水が、必ず氷河湖決壊であるとは限らない、といったことが明らかになった。発表ではさらに、地形等の他の条件とヒマラヤにおける氷河湖決壊の発生傾向について述べる。

(なお、ここで示す決壊とは1998年のサバイ氷河湖(東ネパール、サガルマータ地方)のようなモレーンダム決壊によるものを主に示す。一方、2009年のツォジョ氷河(ブータン、ルナナ地方)の岩屑被覆型氷河の氷河上湖からの小規模な出水は除いて扱っている)

キーワード: 氷河湖決壊洪水, 氷河地形, 気候変動, 事例研究, 災害発生予測

Keywords: glacial lake outburst flood, glacial topography, climate change, case study, disaster prevention

二層人工降雨斜面崩壊実験における自然電位変動

Self-potential variation in the rainfall-induced landslide flume test with two-layered sands

大坪 大^{1*}, 服部 克巳¹, 山崎智寛¹, 落合博貴², 岡田康彦², 寺島智巳³

Hiroshi Otsubo^{1*}, Katsumi Hattori¹, Tomohiro Yamazaki¹, Hiroaki Ochiai², Kohei Okada², Tomomi Terashima³

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 森林総合研究所, ³ 京都大学防災研究所

¹Graduate School of Science, Chiba University, ²Forestry and Forest Products Research Institute, ³DPRI, Kyoto University

近年、集中豪雨の頻度が増加するにつれて、斜面崩壊の発生件数も増加する傾向にある。降雨に起因する斜面崩壊過程を把握し、斜面の監視や崩壊を予測することは重要な課題である。そこで我々は自然電位 (Self Potential = SP) 法による斜面崩壊の早期予測システムの開発を試みている。自然電位法は、地中に設置した電極を用いて自然に発生した電位を受動的に測定する手法であり、コストが安く、広範囲にわたり観測を行えるという利点がある。

測定された自然電位と地下水動態、斜面崩壊の関係性を調査するために、人工降雨斜面崩壊実験をこれまでに複数回行っている。その結果から、以下のようなことがわかっている。

- (1) 飽和域が広がっている場所では、低電位域が広がっている。
- (2) 水の流動方向が斜面に対して垂直な方向から、平行な方向に変化する。
- (3) 飽和域の自然電位変動の傾向は、動水勾配によって理論的に説明できる。
- (4) 斜面崩壊が発生する二～三十分前から斜面が大きく動き出し、自然電位の transient な変動が始まる。

これまでの人工降雨斜面崩壊実験は均一な土層を用いて行ってきた。しかし、実斜面は均一な土層ではなく、これまで得られた結果が実斜面で必ずしも反映されるとは限らない。そこで本研究では、人工降雨斜面崩壊実験の土層の圧密を変化させ二層にし、より実斜面に近い状態で実験を行った。

詳細は講演時に述べる。

航空レーザ計測データより導出される樹高・樹木密度と斜面崩壊との関係 Relationship between slope failures and height and density of trees brought by LIDAR data

岡谷 隆基^{1*}, 乙井 康成¹, 中埜 貴元¹, 小荒井 衛¹
 Takaki Okatani^{1*}, Otoi Kosei¹, Takayuki Nakano¹, Mamoru Koarai¹

¹ 国土地理院
¹ GSI of Japan

斜面崩壊等、災害が発生する場所については、地形や地質のほか、土地被覆が関連していることが示唆されている。例えば、樹木の根が斜面崩壊防止機能を持つこと（阿部、1998 など）や、森林伐採後の斜面や、管理がなされていない森林では災害が起こりやすいことが過去の研究等において指摘されている。

航空レーザ（LIDAR）計測は、レーザを地表に発射して戻ってくるまでの時間から航空機と地表との間の距離を求める測量手法であり、植生があるところでは、樹高や植生の疎密度なども把握できる特性を有している。近年このLIDAR計測による詳細な地表面データの蓄積が進んでいる。

これまで新潟県出雲崎地区を対象とした解析により、LIDAR計測データから樹高にあたる指標は適切に導出が可能であり、樹木密度についてもスギ植林地など条件によっては本数や胸高断面積和などの関連指標が導出できることを示した（岡谷ほか、2012）。

これを踏まえ、本研究では樹高や樹木密度と斜面崩壊の起こりやすさについて、その対応関係の分析を行った。先の新潟県出雲崎地区の事例では、同じ森林でも樹高が大きいほど斜面崩壊が起こりにくいことが示唆されている（図）。図は30m四方のセルにおいて航空レーザ計測データから導かれたセル内最大樹高・傾斜度と当該セル内で崩壊した部分の面積率との対応を示しており、崩壊面積率が5%以下のものを水色、20%以上のものを桃色で示している。表で横線の入った部分は当てはまるセルが10個未満であったことを示す。

今般、広島県庄原地区など他の斜面崩壊発生箇所においてもデータ収集等を実施した。庄原地区の事例では航空レーザ計測データと崩壊直後の空中写真を用い、樹高が比較的大きいところは崩壊があまり発生しないことを予察的に確認している。

これらを踏まえ、樹高や樹木密度と斜面崩壊の起こりやすさの関係について報告を行う。

参考文献：

阿部和時 1998．樹木根系の斜面崩壊防止機能．森林科学 22: 23-29．

岡谷隆基・乙井康成・中埜貴元・小荒井衛 2012．新潟県出雲崎地区における航空レーザ測量データと樹高・樹木密度との対応．日本写真測量学会平成24年度秋季学術講演会発表論文集: 35-38．

キーワード: 航空レーザ測量データ, 樹高・樹木密度, 斜面崩壊
 Keywords: LIDAR Data, Height and Density of Trees, slope failures

30mメッシュセルごとの傾斜量(度)(H16)

最大樹高区分ごとの崩壊セル含有率↓

全体		最大樹高区分ごとの崩壊セル含有率↓										
30mメッシュセル毎の最大樹高(m)	傾斜量(度)	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-	セル含有率
0-5	0.4%	7.8%	10.5%	-	-	-	-	-	-	-	-	2.1%
5-10	0.8%	7.6%	14.1%	19.0%	-	-	41.7%	-	-	-	-	8.2%
10-15	0.9%	1.7%	6.2%	16.2%	23.5%	33.8%	51.3%	26.3%	-	-	-	12.1%
15-20	2.1%	3.3%	4.6%	11.8%	13.0%	22.3%	24.7%	22.7%	31.0%	-	-	11.8%
20-25	2.2%	2.3%	4.8%	6.0%	10.6%	12.5%	18.0%	13.7%	15.6%	-	-	9.8%
25-30	0.0%	2.0%	3.6%	6.8%	8.9%	11.8%	14.3%	15.0%	8.3%	-	-	10.1%
30-35	-	0.0%	4.9%	6.3%	9.0%	12.1%	11.1%	16.3%	16.3%	-	-	10.3%
35-	-	-	12.5%	6.1%	12.1%	8.6%	16.3%	10.3%	-	-	-	11.2%

※最大樹高は30mグリッドに225(15×15)個ある2mグリッドのDSM-DTM差分のうち、最大となるものを採用

航空レーザー測量DEMを用いた斜面分割区分の自動化 Automated Delineation of Slope Unit using Airborne LiDAR derived Digital Elevation Models

武澤 永純¹, 松澤 真¹, 石塚 忠範¹, 龍見 栄臣^{2*}, 竹村 文², 大野 亮一²

Nagazumi TAKEZAWA¹, Makoto MATSUZAWA¹, Tadanori ISHIZUKA¹, Hidetomo TATSUMI^{2*}, Fumi TAKEMURA², Ryoichi OHNO²

¹ (独) 土木研究所, ² 国土防災技術株式会社

¹Public Works Research Institutes, ²JAPAN CONSERVATION ENGINEERS & CO.LTD

航空レーザー測量により取得される地形データは、1mDEM (Digital Elevation Model) など詳細かつ高精度の情報を有しており、斜面崩壊等の危険度評価においても、その有用性を発揮すると考えられる。斜面の危険度評価は流域単位で行われることが多いが、個別の評価単位は流域内の斜面となる。したがって、客観的な方法で流域を斜面に分割・区分する方法が必要だが、従来、斜面区分は手動で行われることが多い。これまで、斜面区分の方法を手順化したものとして、周ら (2004) の研究がある。本研究では、周らの手法に基づき航空レーザーにより取得されたDEMデータを対象に、客観的かつ一律な方法で斜面区分を行う方法を検討する。

対象流域は山口県防府市の剣川流域であり、平成 21 年に取得された航空レーザー測量成果による 1mDEM を利用した。はじめに 1mDEM の局所的な凹凸の影響を回避するため、接峰面法により凹凸を埋める作業を実施した。作業にはいくつかのパラメータ値が存在する。接峰面法により DEM を埋め戻すためのウィンドウサイズ 5 パターン、繰り返し回数 3 パターン、集水面積下限値 5 パターンを用意し、斜面区分の検討パターンを計 75 パターン設定した。これらパラメータの感度分析により、もっとも妥当な斜面区分方法を検討した。

キーワード: 航空レーザー測量, DEM, 斜面区分, 自動分割, 斜面崩壊

Keywords: Airborne LiDAR, digital elevation model, slope unit, automated delineation, slope failure

深層崩壊の発生場所予測のための小崖の抽出方法について Extracting small scarps to predict potential sites of deep-seated landslides

千木良 雅弘^{1*}, ツォウ・チンイン¹, 横山隆三², 白沢道生², 千葉達朗³, 船越和也³, 櫻井由起子⁴

Masahiro Chigira^{1*}, Tsou ChingYing¹, Ryuzo Yokoyama², Michio Shirasawa², Tatsuro Chiba³, Kazuya Funakoshi³, Yukiko Sakurai⁴

¹ 京都大学防災研究所, ² 横山空間情報研究所, ³ アジア航測株式会社, ⁴ 朝日航洋株式会社

¹ Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, ² Yokoyama Geo-Spatial Information Laboratory Co. Ltd., ³ Asia Air Survey Co. Ltd., ⁴ Aero Asahi Corporation

2011年台風12号(タラス)は、紀伊山地で多数の深層崩壊を発生させた。それらの内、10か所については国土交通省と奈良県によって発生前の航空レーザー計測が実施されており、これらの発生前の微地形解析が可能であった。このような深層崩壊の例は従来ほとんどない。微地形の分析によって、深層崩壊のいずれもが、上方に凸を向けた盾状平面形の小崖を上部に伴っていたことが明らかになった。つまり、これらの小崖を検出することが深層崩壊の発生場所予測の大きなカギになることが明らかになった。これらの小崖は、空中写真で判読することは容易でないものが大部分である。

本発表では、詳細DEMの複数種類の画像化処理を行い、前兆的な小崖の抽出可能性の比較結果を報告する。対象としたのは、奈良県五條市大塔地区の深層崩壊3か所(清水、赤谷、長殿)である。作成・検討したのは、傾斜イメージ図、横山空間情報研究所が作成した立体斜度図、アジア航測が作成した赤色立体図、および地表曲率図である。

小崖の傾斜は、35度から43度で、その傾斜方向水平長さは7mから57mである。傾斜が45度に近いため、水平方向長さと比高とは似た数値である。ただし、これらの小崖は周囲の斜面とは傾斜の変化によって認識されるものであり、サイズが大きいから認定しやすいというものでもない。清水は、崩壊発生前の最上部に1つの小崖が形成されていたが、赤谷と長殿では複数の小崖が形成されていた。上記の画像を並べて比較検討した結果、小崖を判読するうえでは大きな違いはなかったが、傾斜図と赤色立体図では、しばしば小崖の傾斜方向が山向きか谷向きかを見分けることが難しかった。立体斜度図はこの難点はないが、観察するために立体視用メガネを必要とするため、それ自体に判読結果を書き込んだりすることができないため、GIS上で他の画像と組み合わせて使用することが難しいという難点があった。小崖の抽出は自動処理によることは難しく、画像化の助けを借りて、人がマニュアルで行うことが実際的である。画像化が適切にできれば、この作業は比較的容易である。

キーワード: 深層崩壊, 航空レーザー計測, 山体重力変形

Keywords: Deep-seated landslide, Air-borne laser altimetry, Gravitational slope deformation

奥多摩湖南岸・三頭山北西面の大規模地すべり Large landslide in the northwestern face of Mount Mitou, west Tokyo

苅谷 愛彦^{1*}, 清水長正², 澤部 孝一郎³, 目代 邦康⁴, 佐藤 剛⁵
Yoshihiko Kariya^{1*}, SHIMIZU, Chousei², Koichiro Sawabe³, Kuniyasu Mokudai⁴, Go Sato⁵

¹ 専修大学, ² 駒澤大学, ³ 専修大学大学院, ⁴ 自然保護助成基金, ⁵ 帝京平成大学

¹Senshu University, ²Komazawa University, ³Graduate School of Senshu University, ⁴Pronatura Japan, ⁵Teikyo Heisei University

奥多摩湖周辺の多摩川上流域には、堆積岩類からなる急峻な山地が分布する。同地域は岩盤の重力変形や大規模地すべりの発生に適う条件下にあると考えられる。本研究では、三頭山北西面の大規模地すべりについて地形・地質特性を明らかにした。

三頭山北西面の玉川流域にはジグソー・クラックが発達し、地表に流れ山を伴う角礫層（推定体積： $2 \times 10^6 \text{m}^3$ ）が分布する。本層は、主分布域の南方にある凹型急斜面を発生域とする大規模地すべり堆積物である。また本層は玉川を埋積し、堰き止め性の狭小な湖沼・氾濫原を出現させたと考えられる。その発生年代は湖沼・氾濫原堆積物の¹⁴C年代から1292 - 1399 cal AD以前と推定される。一方、これより新しい年代を示す木片も角礫層に含まれることから、同地の地すべりは2回以上発生した可能性がある。地元（山梨県小菅村）での聞き取り調査から、地すべり性堰き止め湖沼の破堤（または二次地すべり）と、それによる土石流の発生を喩えた伝説の存在も明らかになった。

岐阜福井県境，能郷白山花崗閃緑岩分布域における山体重力変形地形と地質構造の関係

Relationships between sagging geomorphologies and geological structure of Nogo-hakusan Granodiorite along the Gifu-Fukui

岩本 直也^{1*}, 小嶋 智¹, 金田 平太郎², 大谷 具幸¹

Naoya Iwamoto^{1*}, Satoru Kojima¹, Heitaro Kaneda², Tomoyuki Ohtani¹

¹ 岐阜大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻, ² 千葉大学

¹Department of Civil Engineering Gifu University, ²Department of Earth Sciences Chiba University

急峻な地形を持つ日本においては、地すべりが多数発生しており、その影響範囲が生活圏に及んだ場合、甚大な被害をもたらす。そのため、地すべりの素因や前兆現象を把握することは、地すべりの発生予測や災害対策において非常に重要である。地すべりの前兆現象の一つに、山体重力変形があるが、その形成過程と斜面崩壊との関係は未だ不明な点が多い。そこで本研究は、火成岩地域に発達する山体重力変形地形と地質構造を調べ、山体重力変形地形の形成過程と斜面崩壊との関係を明らかにすることを目的とする。

本研究の調査地域である岐阜・福井県境に位置する能郷白山の周辺には、能郷白山花崗閃緑岩が分布しており、山体重力変形地形が多数存在している。越美砂防事務所及び福井河川国道事務所より提供して頂いた1 mメッシュのDEMデータをもとに、等高線間隔が1 mの等高線図を作成し、それを用いて山体重力変形地形の抽出を行った。また、花崗閃緑岩体内部に発達する節理系や小断層について野外調査を行った。これらの結果、調査範囲より189箇所の山体重力変形地形が抽出され、能郷白山花崗閃緑岩体にはNE-SW走向、NNW-SSE走向の節理系が発達していることが明らかとなった。両者の比較により、山体重力変形地形の方位の集中方向と、節理系が集中する走向がほぼ平行であることがわかった。また、節理の走向と尾根の方向がほぼ直交する場合は、山体重力変形地形の発達が悪いことも確認できた。したがって、山体重力変形地形は節理面の走向と斜面の方向に規制されて発達すると考えられる。また、山体重力変形地形は稜線及び尾根の頂部に広がる平坦面やそれに連なる緩斜面に発達し、特に、後氷期開析前線付近では山体重力変形地形の発達密度が高いことが明らかとなった。これより、「斜面崩壊により上部が不安定化し、山体重力変形地形が形成され、再び斜面崩壊が発生する」という一連のプロセスが推測され、山体重力変形地形と斜面崩壊は密接な関係を有すると考えられる。

キーワード: 山体重力変形地形, 能郷白山, 地すべり, 節理

Keywords: sagging, Mt.Nogohakusan, landslide, joint

宇宙線生成核種を用いた烏帽子岳周辺における重力性変形地形の発達プロセスの復元

Reconstruction of processes of gravitational slope deformation around Mt. Eboshi using terrestrial cosmogenic nuclide

西井 稜子^{1*}, 松四雄騎², 松崎浩之³

Ryoko Nishii^{1*}, MATSUSHI, Yuki², MATSUZAKI, Hiroyuki³

¹筑波大学, ²京都大学, ³東京大学

¹University of Tsukuba, ²Kyoto University, ³The University of Tokyo

A number of linear depressions are widely distributed around Mt. Eboshi, Northern Japanese Alps. This study addressed the reconstruction of formation processes of gravitational slope deformation using terrestrial cosmogenic nuclide. The rock samples for exposure dating were taken from three scarp faces, which are estimated as slip planes related to gravitational slope deformation, corresponding to three linear depressions; two depressions are located at the upper part of the slope and the other is at the middle part of the slope. The concentration of cosmogenic nuclide (¹⁰Be) at the two scarp faces at the upper slope was higher than that at the middle slope. Assuming that initial nuclide concentration is zero and no shielding by seasonal snow cover, we estimated minimum exposure ages of these scarp faces. The minimum exposure ages of upper two scarps were estimated as 2.9 ka and 1.2 ka, while it was calculated to be 0.9 ka for the middle one. These data suggest that slope deformation had advanced downward in Holocene.

キーワード: 宇宙線生成核種, 完新世, 花崗岩類, 北アルプス

Keywords: Terrestrial cosmogenic nuclide, Holocene, granitic rocks, Northern Japanese Alps

シームレス地すべり地形 GIS データの作成 Preparation of seamless landslide GIS data

内山 庄一郎^{1*}, 土志田 正二¹
Shoichiro Uchiyama^{1*}, Shoji Doshida¹

¹ 独立行政法人 防災科学技術研究所

¹National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

防災科学技術研究所において 1982 年から 32 年間続く 1:50,000 地すべり地形分布図の作成は、2013 年度をもって完結する。2013 年 3 月現在までに空中写真判読によって抽出した全国の地すべり地形の総数は 37 万箇所を超える。判読を終えた全ての地すべり地形は、5 万分の 1 縮尺の分布図として刊行するだけでなく、地すべり地形 GIS データとして作成し、地理空間情報の提供と OGC プロトコルによるデータ配信を行っている。2012 年度の中ごろから、地すべり地形 GIS データの大規模な修正作業に着手した。修正作業の主な対象は、1) 印刷図の境界にまたがる地すべり地形が複数に分割される問題、2) 2005 年以前のデータ入力精度が悪い問題、3) 属性データに異常値が存在する問題である。データ修正は、入力技術者が手作業で実施した。1 万箇所を超えるデータの修正・編集を実施し、地すべり地形が分割される問題は著しく改善された。この結果、日本全国のシームレスな地すべり地形 GIS データを作成した。この成果は、地すべり地形分布図データベース Web サイトにて、日本全国一括データとして公開している。修正作業は現在も継続しており、月に一回程度、修正結果を反映したデータのアップデートを行っている。2013 年度中に、位置および形状の精度を高め、信頼性の高い完全なシームレスデータを完成させる。

キーワード: 地すべり地形 GIS データ, シームレス化, 大規模修正, データ公開

Keywords: Landslide GIS data, Seamless data, Major revise, Data release

徳島県三好市池田町西井川の斜面崩壊地帯における電気探査に関する研究 The research in regarding with electrical resistivity tomography at landslide area in Nishi- ikawa, Tokushima, Japan

山崎 智寛^{1*}

Tomohiro Yamazaki^{1*}

¹ 千葉大学大学院理学研究科, ² 京都大学防災研究所

¹Graduation Science of Chiba University, ²Disaster Prevention Research Institute Kyoto University

斜面崩壊とは、降雨や地震動を主な原因として、斜面表層の土砂や岩石が地中のある面(すべり面)を境にして滑り落ちる現象である。近年、地球温暖化の影響と考えられる集中豪雨が増加するにあたって、斜面崩壊の発生件数も増加する傾向にある。我々は自然電位観測に基づく降雨によって発生する斜面崩壊監視手法の開発を行っている。

これまでに降雨による斜面崩壊の室内実験により水文学的、地盤工学的、電磁気学的に以下のことが分かっている。(1)飽和域の拡大、(2)地下水流の鉛直方向から斜面に沿う方向への変化、(3)主崩壊 2-30 分前に土層変位は顕著になること、(4)飽和と低自然電位の対応がよいこと、(5)主崩壊 2-30 分前に遷移的な自然電位信号が発生することである。これらの事項は実斜面によって検証されねばならない。土中の水の挙動を観測するために間隙水圧計を用いるが、この手法は地下の水利システムを乱す。これに対して、自然電位法は地表面付近に電極を設置するので、その恐れはない。本研究では、自然電位法による実斜面崩壊監視のための予備調査として、電気探査を用いた比抵抗分布によるすべり面の推定とポアホール探査によるその推定の検証を行う。

予備調査地は徳島県三好市池田町西井川の斜面崩壊地で、京都大学防災研究所によって伸長計などの斜面監視センサーが設置されている。この斜面で電気探査を実施した。測線は斜面崩壊方向に 2 本、それを横切る方向に 4 本の合計 6 本設けた。各測線は電極間隔 1m で電気探査を行っているが、斜面崩壊方向と横切る方向のそれぞれ 1 本ずつについては電極間隔 2m でも電気探査で実施した。得られたデータから 2 次元比抵抗断面図および疑似的な 3 次元断面図を作成した結果、電気探査を行った地域の中心の地下 3m 以浅に低比抵抗領域があると推定された。電気探査の結果を検証するために、測線上の 2 か所でポアホール探査をおこなったところ、不透水層となる粘土質の層が確認され、電気探査によって推定された低比抵抗領域の境界と調和的であった。従って、この境界をすべり面とすると、比抵抗断面図に最大深度を約 3m とする斜面崩壊セグメントを記入すると、地表の小さな段差と一致することもわかった。以上のことから、今回の比抵抗法による電気探査を用いた斜面崩壊地のすべり面およびセグメントの推定は妥当であるといえる。次のステップとして自然電位による地下水動態監視のための実斜面監視システムを本斜面に構築する。詳細は講演時に発表する。

NMR diffusometry による粘土中の間隙水の異方的拡散の計測 Measurement of the anisotropic pore water diffusion in clay samples by NMR diffusometry

中島 善人^{1*}
Yoshito Nakashima^{1*}

¹産総研

¹AIST

粘土は、地すべりなどの地質災害に深く関係する重要な鉱物である。粘土鉱物は、扁平な粒子形状のせいで配向し、地層中ではさまざまな輸送物性が強い異方性を示すので、粘土試料の異方性の計測は重要である。プロトン核磁気共鳴 (NMR) をもちいた diffusometry は、3次元かつ非破壊・非侵襲で粘土試料の拡散異方性を計測する手法として有望である。今回は、おもに計算機シミュレーションの視点 (Nakashima et al., 2008) で、NMR による粘土試料中の間隙水の自己拡散係数テンソルの計測可能性を予察的に考察した結果 (Fig. 1) を発表する。

参考文献: Nakashima et al. (2008) Water Resources Research, vol. 44. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008WR006853/pdf>

キーワード: 粘土, 核磁気共鳴, 計算機シミュレーション, 空隙構造, 異方性, 拡散係数テンソル
Keywords: clay, nuclear magnetic resonance, computer simulation, pore structure, anisotropy, diffusion tensor

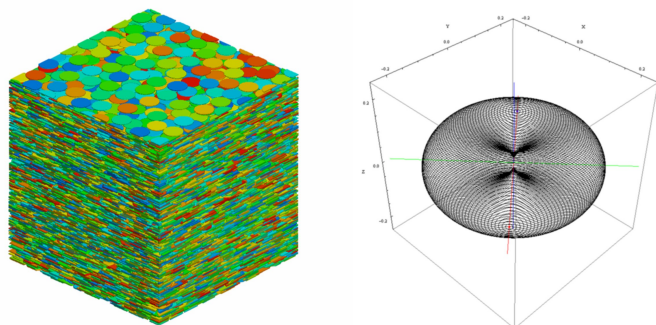


Fig. 1 Left: synthetic image of a sediment of completely parallel clay platelets (porosity 47 vol%). Right: corresponding direction-dependent normalized self-diffusivity of pore water as a wireframe shell having a constriction (not convex ellipsoid).

深層崩壊はなぜ加速するのか：すべりに伴う動的摩擦過程の推定 Why does a landslide accelerate? - Estimation of dynamic friction process associated with the sliding -

山田 真澄^{1*}, 熊谷 博之², 松四 雄騎¹, 松澤 孝紀³
Masumi Yamada^{1*}, Hiroyuki Kumagai², Yuki Matsushi¹, Takanori Matsuzawa³

¹ 京都大学防災研究所, ² 名古屋大学, ³ 防災科学技術研究所
¹DPRI, Kyoto University, ²Nagoya University, ³NIED

Assessing and managing the risks posed by deep-seated catastrophic landslides requires a quantitative understanding of the dynamics of sliding rock masses. Previously, landslide motion has been inferred qualitatively from topographic changes caused by the event, and occasionally from eyewitness reports. However, these conventional approaches are unable to evaluate source processes and dynamic parameters.

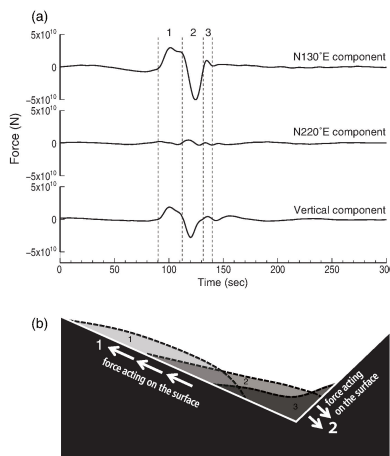
In this study, we apply a different approach for reconstructing the dynamic landslide processes using ground shaking data recorded away from the landslide. The deep-seated catastrophic landslide sequence induced by heavy rainfall in 2011 in the Kii Peninsula, Japan, was the first instance in which 1) seismic signals radiated by landslides were recorded by densely distributed near-source seismometers, and 2) the precise volume of the landslide material was able to be measured by comparing pre- and post-landslide topographic data obtained using airborne laser scanning. We performed a source inversion with the long-period seismic records of one of the largest events, and from this obtained a force history of the landslide.

Here we reveal the dynamic processes of the landslide: smooth initiation of sliding, acceleration accompanied by a substantial decrease in frictional force, and deceleration due to collision. Of particular importance is the determination of the dynamic friction during the landslide. The coefficient of friction is estimated to be 0.56 at the beginning of the event and drops to 0.38 for most of the sliding. The change in the frictional level on the sliding surface may be due to liquefaction or breaking of rough patches, and contributes to the extended propagation of the large landslide. The approach demonstrated here offers an innovative method for understanding the sliding processes associated with catastrophic landslides, enabling us to simulate the motion of such events.

Figure caption: Dynamic process of the Akatani landslide. (a) Estimated single-force source time functions for the two horizontal components (sliding direction and its perpendicular direction) and the vertical component. (b) Schematic diagram of the mass sliding model. The numbers correspond to the three stages indicated in (a).

キーワード: 地すべり, 深層崩壊, 地震波形, 動摩擦係数

Keywords: landslide, deep-seated landslide, seismic data, coefficient of dynamic friction



表層崩壊発生危険度評価手法を活用した溪流単位における斜面侵食形態の評価 The evaluation of denudation form in the mountain streams, use of the analyze shallow landslide susceptibility

松澤 真^{1*}, 武澤 永純¹, 山越 隆雄¹, 石塚忠範¹, 龍見 栄臣², 竹村 文²

Makoto Matsuzawa^{1*}, Nagazumi Takezawa¹, Takao Yamakoshi¹, Tadanori Ishiduka¹, Hidetomo TATSUMI², Fumi Takemura²

¹(独) 土木研究所, ² 国土防災技術(株)

¹Public Works Research Institutes, ²JAPAN CONSERVATION ENGINEERS & CO.,LTD

豪雨時に丘陵地で発生する土石流災害の多くは、山腹斜面で発生した表層崩壊の崩壊土砂が流動化することにより発生すると考えられており、豪雨時における土石流発生箇所を予測するには、山腹斜面での崩壊箇所を特定することが必須であると言える。また、膨大かつ広域に広がる土石流危険箇所の危険度を効率的に評価するためには、計測が容易なパラメータを用いて広域の土石流危険箇所を評価する手法の構築が必要である。

このような背景の中、土木研究所(内田ほか,2009)では、必要なパラメータ数は従来の物理モデルに比べて少ないものの比較的簡易に精度良く表層崩壊の発生場所を予測出来る手法(C-SLIDER法)を提案した。C-SLIDER法は、パラメータが比較的同様な地域(地質、地形、気象条件など)に適用できるとしているが、実際の土石流発生箇所を対象としてC-SLIDER法の適用性について検証した事例は少なく、適用可能な地域の実態は明らかになっていない。

そこで、本研究では、2009年7月の集中豪雨により表層崩壊が多発し、その崩壊土砂により土石流災害が発生した山口県防府市を対象として、C-SLIDER法による危険度評価および現地踏査を実施し、C-SLIDER法の適用性について検証を行った。具体的には、斜面の削剥程度に注目し溪流を分割し、その溪流単位においてC-SLIDER法による解析結果と実際の崩壊発生箇所との妥当性について検討を行い、C-SLIDER法の適用性について検証を行った。なお、対象とした地域には、花崗岩類が分布する。

その結果、斜面の削剥があまり進行しておらず比較的土層が厚く分布する地域はC-SLIDER法による解析結果と実際の崩壊発生箇所との妥当性が高いこと、つまり、C-SLIDER法による危険度評価が適用できることが分かった。一方、斜面の削剥が進行し土層が薄いところでは妥当性が低いこと、つまり、C-SLIDER法による危険度評価が適用できないことが分かった。

キーワード: 土石流, 表層崩壊, C-SLIDER法, 斜面侵食形態

Keywords: debris flow, Shallow landslide, C-SLIDER method, Slope form of denudation grade

平成23年東北地方太平洋沖地震・福島県浜通り地震による常磐海岸における海食崖の崩壊

Sea cliff landslides caused by the 2011 Tohoku earthquake and the 2011 Fukushima-Hamadori earthquake in the Joban coast

黒澤 兆^{1*}, 苅谷 愛彦²

Hiroshi Kurosawa^{1*}, Yoshihiko Kariya²

¹ 専修大学大学院, ² 専修大学

¹ Graduate School of Senshu University, ² Senshu University

2011年東北地方太平洋沖地震と福島県浜通りの地震に伴い、東日本の海食崖で崩壊が多数生じた。本研究では、常磐海岸（茨城県日立市 - 福島県相馬市）で発生した177箇所の海食崖の崩壊について、それらの比高や体積などを空中写真と踏査により計測した。そして崩壊地の形態・分布と地質、および地震動・地震加速度との関連を検討した。

崩壊地は発生域の違いにより（1）海食崖上部の未固結層が崩壊しているが、下部の岩盤は崩壊していないタイプ（タイプ1, $n = 89$ ）と（2）海食崖を構成する未固結層や岩盤が全て崩壊しているタイプ（タイプ2, $n = 79$ ）とに二分された。また写真解像度等の問題で発生域を特定できないものが少数あった（ $n = 9$ ）。移動体体積の平均値は、タイプ1では $2.2 \times 10^3 \text{ m}^3$ 、同2では $7.6 \times 10^3 \text{ m}^3$ であった。また両タイプ以外のものには 10^5 m^3 に近い移動体体積をもつものがあつた。

全崩壊地を対象に地理的分布を検討した。タイプ1は主に常磐海岸南部と北部の茨城県日立市や高萩市、福島県南相馬市周辺に多かった。同2は常磐海岸中部の茨城県北茨城市と福島県双葉町の間で多くみられた。また地質との関係は以下のとおりであった。タイプ1は海成砂層（海食崖上部）と砂岩・泥岩（同下部）の分布域でめだち、同2は珪藻質泥岩と砂岩・礫岩・泥岩・頁岩の分布域で卓越していた。このことから、海食崖を構成する地質の差異が崩壊のタイプを規定していると考えられる。また崩壊地の分布と地震動・地震加速度との関係を見ると、3月11日に4 Gal以上の地震加速度が生じたとみられる地域（茨城県日立市、福島県双葉郡双葉町・富岡町）で崩壊が集中していた。

寒候期に緩慢に活動する地すべりのすべり面強度に及ぼす温度効果の検証 Effect of temperature on shear strength of slip surface clay taken from a slow-moving landslide activated in cold season

柴崎 達也^{1*}, 山崎 孝成¹, 松浦 純生²

Tatsuya Shibasaki^{1*}, Takanari Yamasaki¹, Sumio Matsuura²

¹ 国土防災技術株式会社, ² 京都大学防災研究所

¹Japan Conservation Engineers & Co., Ltd., ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

日本国内では、第三紀堆積岩地帯や火山活動のある熱水変質地帯など、膨潤性粘土鉱物（スメクタイト）が分布する地質で地すべりが頻繁に発生している。膨潤性粘土鉱物のスメクタイトは非常に小さな残留せん断抵抗角（低摩擦係数）を示すことから、スメクタイトに富む粘土をすべり面とする地すべりは、非常に緩い傾斜の斜面でも安定を損ないやすい。また、このような地すべりは、0.01~0.1mm/min 前後の移動速度を記録する観測例が統計的に多く、一般的に緩慢な移動を繰り返している。加えて、寒候期に活発化する地すべりの動態観測によると、多様な運動パターンを示すことも明らかとなっている。晩秋期や積雪初期から移動を開始するものや、厳冬期に移動を開始するもの、融雪期に移動するものがある。厳冬期に地すべり活動が鎮静化する事例もあり、このような地すべりの多様な運動パターンを規定する要因については不明な点も多い。筆者は、浅い小規模な地すべりほど晩秋から積雪初期に移動を開始する実態に着目し、間隙水圧の変動以外に、季節的な地温変動が、斜面安定に影響を与えている可能性に疑問を持つに至った。これまで、リングせん断試験機を用いて様々な土の残留強度の温度依存性を検証した実験を行い、スメクタイトに富む粘土のせん断強度が温度に依存する特性を明らかにしてきた（柴崎・山崎, 2010）。本研究では、寒候期に活発化する地すべりの機構を検討することを目的に、すべり面強度の温度依存性に関する追加の検証実験を行った。

新潟県上越地方の新第三紀層の地すべり地から不攪乱採取したすべり面試料を用い、すべり面強度の温度依存特性を直接的に検証した。X線回折分析により、すべり面粘土を構成する主要粘土鉱物がスメクタイトであることを確認した。深度4.5mからボーリングコアで採取した鏡肌状のすべり面を含む試験供試体を用い、一面せん断試験を行った。試験時の垂直応力は現地有効土被圧を考慮して50kN/m²とし、せん断速度は0.005mm/minとした。試験供試体を収めた水槽に水を満たし、外部の温度管理した水槽から水を循環して、14~27℃の範囲で供試体の温度を変化させた。その結果、供試体の温度を低下させると、せん断強度の有意な低下が認められた。柴崎・山崎（2010）が報告したリングせん断試験の実験結果とも調和的で、一連の実験結果は、すべり面の温度環境の変化がすべり面強度を低下させ、地すべりの発生誘因となる可能性を示唆している。

キーワード: 緩慢性地すべり, 膨潤性粘土鉱物, スメクタイト, 残留強度, 温度依存性, 寒候期

Keywords: slow-moving landslide, swelling clay mineral, smectite, residual strength, temperature dependency, cold season

温暖化進行に伴う気候変動による土砂災害の発生危険度の変動

Changes in the risk of sediment-related disasters under climate change due to global warming

中町 聡^{1*}, 松浦純生², 岡本 隆³

Satoshi Nakamachi^{1*}, Sumio MATSUURA², Takashi OKAMOTO³

¹ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻, ² 京都大学防災研究所, ³ (独) 森林総合研究所

¹Division of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, Kyoto University, ²Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, ³Forestry and Forest Products Research Institute, Forestry Agency

積雪地域では降雨だけでなく、融雪水が斜面基盤に浸透することで土砂災害が発生する。このため、多量の融雪水が斜面基盤に供給される3月～5月の融雪期間に土砂災害の発生危険度が高まる。さらに、日周期の融雪水に加え、強風などの極端気象現象発生時にも多量の融雪水が供給されるため、土砂災害が発生する機会が多い。

これまでの研究成果によると、過去20年間における日本の降水量や気温などの変動幅が徐々に大きくなっていると言われている。特に積雪地域では、冬期間の気温や降水量の変動の影響を大きく受けると考えられる。そのため、温暖化進行に伴う気候変動により、将来の積雪地域における土砂災害の発生時期や発生場所、さらに種類や規模も大きく変化することが予測される。

しかし、山間地での気象観測所が少ないことから、冬期間の積雪環境の変動や極端気象現象による融雪水量は十分に検討されていない。このため、暖温帯多雪地帯の山間地で観測された林野庁及び気象庁で得られたデータをもとに、将来の気候変動の外挿精度を高めるため、過去25年間の気温や降水、積雪深などの長期変動傾向を明らかにするとともに、極端気象現象の発生確率について検討する。

キーワード: 土砂災害, 地球温暖化, 極端気象現象

Keywords: sediment-related disaster, global warming, extreme weather event

滋賀県東部，姉川流域における完新世せき止め湖堆積物の分布，年代とその変形 Distribution, ages, and deformation of the Holocene dammed-up-lake sediments along the Ane River, central Japan

羽馬 一希^{1*}, 金田 平太郎¹

Kazuki Haba^{1*}, Heitaro Kaneda¹

¹ 千葉大学大学院理学研究科地球科学コース

¹Department of Earth Sciences, Chiba University

滋賀県東部，姉川中流域では，過去に伊吹山の大規模斜面崩壊によるせき止め湖が形成されていたことが知られている（伊吹町史編さん委員会，1992など）。小嶋ほか（2006）は，このせき止め湖堆積物の年代測定の結果から，3～4万年前頃に存在したものを古期せき止め湖，5000年前頃に存在したものを新期せき止め湖と呼び，また，新期せき止め湖堆積物中に年稿の存在を指摘しているが，これらのせき止め湖の正確な形成・消滅時期やそれらの誘因については明らかになっていない。本研究では，これらのうち，新期せき止め湖を対象とした地形・地質調査，測量調査及び簡易ボーリング掘削調査を実施した。

姉川の現河床沿いには，ところどころに新期せき止め湖堆積物が露出するが，今回，このうち2ヶ所の現河床において簡易ボーリング調査を実施した。その結果，河床からそれぞれ深度約4.0mおよび6.8mまでの新期せき止め湖堆積物が得られた。ボーリング試料中から得られた微小植物片・葉片および周辺露頭から得られた葉片・木片の放射性炭素年代を総合して考えると，新期せき止め湖の形成年代は5500年前頃と考えられる。一方，消滅時期に関しては，新期せき止め湖堆積物上半部の大半は侵食されて現在直接確認できないため，正確な年代は不明である。ただし，これまでに得られている年代値から，少なくとも約4500年前以降であると考えられ，新期せき止め湖は少なくとも1000年間持続したと推定される。1000年以上もの長期間，せき止め湖が持続していた要因としては，せき止め土塊の規模が大きいために考えられるが，加えて，固結の早く進行する石灰岩角礫層がせき止め土塊を構成していることも関係している可能性がある。実際，現河床付近に見られる完全に礫岩化した石灰岩角礫層中の木片からは約200～500年前という非常に若い年代が得られた。

一方，今回，新期せき止め湖堆積物には，最大20°に達する大きな傾動とともに，一部には活断層によると考えられる変位が認められることが判明した。傾動については圧密の影響も含んでいると考えられるが，本研究地域は左横ずれ活断層である鍛冶屋断層と関ヶ原断層のステップ部に位置することから，これらの変形と活断層との関係が注目される。

キーワード: 姉川, 大規模斜面崩壊, せき止め湖, 活断層, 圧密

Keywords: Ane River, large-scale slope failure, dammed-up lake, active fault, compaction