

桜島火山で発生する土石流と噴火活動との関係（予報）

Relationship between occurrence of mudflow and eruptive activity of the Sakurajima Volcano

井村 隆介[1]; 原口 強[2]; 岩松 暉[3]

Ryusuke Imura[1]; Tsuyoshi Haraguchi[2]; Akira Iwamatsu[3]

[1] 鹿大・理・地球環境; [2] 大阪市大・理・地球; [3] 鹿大・理・地環

[1] Earth and Environmental Sci., Kagoshima Univ.; [2] Geosci., Osaka City Univ.; [3] Earth and Env. Sci., Kagoshima Univ.

土石流の発生メカニズムに関するこれまでの研究では、土石流の発生限界を降雨特性に求めることが多く、降雨強度や実効雨量などのパラメータの決定が重要視されてきた。しかし、桜島火山で発生する土石流の発生回数、爆発回数および降雨特性を比較すると、土石流の発生回数は、爆発回数と強い相関が見られることが明らかとなった。したがって、火山地域で発生する土石流の発生メカニズム解明のためには、降雨特性だけでなく、噴火活動に伴うどのような現象が土石流の発生メカニズムに影響を与えているかを明らかにする必要がある。

一般に、火山灰が堆積している地域では、少量の雨でも表面流が発生しやすいとされ、それは火山灰の堆積による浸透能力の低下で説明されている。この浸透能力の低下には、堆積した火山灰の表面がモルタル化することが重要であると考えられるが、桜島火山では、噴火活動が低調化し、土石流の発生頻度が低下した現在でも、渓床部には表面がモルタル化した火山灰層が確認できる。このことは、土石流の素となる表面流が、単に火山灰の堆積による浸透能力の低下だけでなく、噴火が活発な時の別の現象で生じやすくなっていることを示すものと考えられる。

その現象の1つとして著者らは、乾燥した細粒火山灰が次々と供給されることが重要であると考えた。乾燥した細粒火山灰に覆われた地表は、雨水が自らの表面張力によって水玉を作することを促す効果があると考えられる。火山灰の表面で水玉となった雨水は速やかに低い方に移動・集積するので、細粒火山灰に覆われた地域では少量の雨でもまとまった表面流が発生する。いったん生じた表面流は、火山灰を巻き込みながら密度の濃い流れとなり、容易に土石流へと成長すると推定される。噴火活動によって次々ともたらされる新鮮な細粒火山灰は、不安定土砂としての存在だけでなく、少量の雨で表面流を発生させる主な要因である可能性を指摘したい。

伊豆単成火山群噴出物を変位させるノンテクトニック断層

Non-tectonic faults dislocating effusives of the Higashi-Izu monogenetic volcano group

永田 秀尚[1]; 野崎 保[2]

Hidehisa Nagata[1]; Tamotsu Nozaki[2]

[1] (有)風水土; [2] 株式会社中部日本鉱業研究所

[1] Fu-Sui-Do Co. Ltd.; [2] CNK Geotec.Inc.

1. はじめに

第四紀層を変位させている断層のすべてが、将来にわたって活動すると判断される活断層でないことは明らかである。とくに、地すべりにともなうものを含む重力性の断層や、火山活動・地震動による受動的で、しばしば一過性の断層が「ノンテクトニック断層」として注目されている。このノンテクトニック断層と、テクトニックないわゆる活断層との区別は応用地質学の立場からも重要で、識別のための指標を得る努力が開始されている(横田ほか, 2003)。

伊豆半島は新第三紀以降現在まで活発な火山活動が続いている地域である。同時に、フィリピン海プレート北端の境界に近く、地震活動も活発である。このような地帯であるために、丹那断層系に代表される活断層のほかに、地震動に起因すると推定される断層や重力性の断層も数多く存在することが期待される。

本講演では伊豆半島における最新期の火山噴出物である伊豆単成火山群の噴出物を変位させる断層2例を紹介し、これらが少なくともテクトニックな断層ではないことを示す。

2. 断層の記載と解釈

2.1 伊東市における鉢ヶ窪降下スコリアを変位させる断層

平成11年11月に完成した伊東市の奥野ダムは地震活動の活発な伊豆半島に建設された初の大ダムである。その建設に際しては活断層調査を含む周辺域の詳細な地質調査および検討がなされている(静岡県, 1990)。ここに報告する内容は、その一環として野崎らによって実施されたものであり、リニアメント上において確認された断層露頭の調査結果である。このリニアメントは伊東市市街地のほぼ南端をNE-SW方向に走っており、断層露頭はその北東端に近い位置にある(N34°57'30" E139°05'55")。ここでは21ka(小山ほか, 1995)とされる鉢ヶ窪降下スコリア層の整然とした地層が観察されるが、南端部が切断されており、そのさらに南側には堆積構造の不鮮明なローム層が続いている。このような状況から、当初これはスコリア層を切る断層であり、上記のリニアメントは活断層であると考えられた。しかし、その後、この断層露頭周辺斜面上において断層想定位置を挟む12地点においてオーガーボーリングを実施した結果、露頭では断層によって切断されているように見えるスコリア層は、上方斜面ではさらに南方にも連続しており、断層想定位置を挟んで変位は認められなかった。また、スコリア層の下位にある段丘礫層の上面にも変位は認められなかった。このことから、スコリア層の切断は、局所的な地すべり現象によるものであることが明らかとなった。

2.2 中伊豆町天城山麓におけるカワゴ平降下軽石層を変位させる断層

断層露頭は中伊豆町大見川上流に位置する(N34°53'44" E138°58'48")。天城火山から流出した溶岩によって形成された尾根が開析された北西向きの小尾根上である。本露頭は早川・小山(1992)によって記載されており、断層の存在も述べられている。層序は下位から、天城火山噴出物(露頭では確認されない)を覆うローム/レス層(この中に早期の伊豆単成火山群噴出物の一つである地藏堂降下スコリア層<22ka>がある)、カワゴ平降下軽石層~火砕流堆積物<3.1ka(嶋田, 2000)>、表土となっている。

断層は5,60cmごとに複数のものが発達するが、以下に述べる性状はどれも同じである。尾根にほぼ直交する走向を持ち、約70°でほとんどが尾根の下向きに傾斜している(まれに上向き)。若干下凸のリストリックな形状を示す。少なくともローム/レス層・カワゴ平降下軽石層が変位している。それぞれは5cm程度の正の隔離を持つ。地表部での変位(段差など)は確認されない。

空中写真判読や周辺の踏査の結果、この露頭付近を通るENE-SWS方向の活断層があるという証拠は見いだされなかった。逆に、断層位置がほとんど尾根上であること、断層の方向と変位センスが尾根を横断し、下側が低下するものであること、などの点から重力性の断層である可能性が大きい。変位が生じたのはカワゴ平降下軽石層の堆積、すなわち3.2ka以降であること以外はわからない。複数の断層が同様の性質を示すことから、同時に生じたもので一過性である可能性が高い。早川・小山(1992)はこの断層について地震性であると述べているが、上述のような断層の性状からその可能性は大きい。ただし尾根の形成には多少の時間を要するので、彼らが考えたように断層変位が噴火直後であったかどうかはわからない。

伊東市における調査資料は静岡県熱海土木事務所からご提供いただいた。静岡県下田土木事務所の金刺正策氏には調査当時いろいろご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表すしだいである。

コロンビア中部，Aburra Valley における階段状緩斜面の発達過程と地すべり発生

Geomorphological evolution of staircase shaped slopes and landslide occurrence in the Aburra Valley, Colombia

アリストザバル エディエル[1]; 横田 修一郎[2]

Edier Aristizabal[1]; Shuichiro Yokota[2]

[1] 島根大・総合理工・地球資源環境; [2] 島根大・総合理工・地球資源環境

[1] Department of Geoscience; [2] Geoscience, Shimane Univ.

コロンビア中部の Aburra Valley は第2の大都市 Medellin を中心とした人口密集地域である。都市域は標高 1,500m の Medellin 川沿いの平地に広がるが、その両側は標高 2,700m 近くまで緩傾斜面が広がっている。この緩斜面では頻りに斜面崩壊・地すべり・土石流が発生するが、この大半は住居が点在する耕作・居住地域であるため、それらの被害も大きい。

緩斜面は片岩や超塩基性岩の基盤とともにそれらを覆う鮮新世以降の様々な堆積物より構成されている。しかしながら、標高差 1,000m 以上にわたって存在するこの緩斜面とそれを構成する堆積物の形成過程はいまだ明らかではない。

Aburra Valley 左岸の Boqueron 地区において、緩斜面を開析して流下する Iguana 川に沿った河川縦断面をとると、縦断勾配は 5-6 度と急であるが、標高 1850m, 1950m, 2070m の少なくとも 3 箇所に傾斜変換点が認められる。また、河川沿いの緩斜面の現河床面からの比高に基づけば、少なくとも 10 段の河岸段丘面を識別することができる。

河道に沿った段丘面の比高は上流に行くにつれて小さくなる傾向を示している。遷急点の位置とあわせて考えると、それらは基本的には下流側の浸食基準面の大きな低下、すなわち Aburra Valley を流れる Medellin 川の河床低下に伴って形成されてきたを意味している。アンデス山中を流れる Medellin 川の地形・地質的位置を考えれば、河床変化は第四紀のテクトニックな運動とリンクして十分考え得る。

一方、こうした緩斜面にはいくつかの地すべり地形が認められる。Iguana 川近くの典型例では、段丘崖を大きく開析した比高約 30m、幅約 100m の急崖とその直下に山側傾斜の小さな緩斜面が認められ、大規模な回転すべりが比較的最近発生したことが推定される。滑落崖となっている急崖は地形的には段丘崖の一部であり、したがって、比較的ルーズな堆積物よりなる段丘堆積物の末端部が河床低下に伴う比高の増大、堆積物の風化・軟質化によって崩壊・地すべりを発生したものと推定される。同様の崩壊・地すべり地形はこの地域の段丘崖に多く認められ、したがって、こうした段丘崖の崩壊・地すべりが繰り返し発生してこの地域特有の緩傾斜地形を形成してきたと推定される。

地すべり陥没帯を横切るトンネル施工と問題点

Geological problems of tunnel passing through landslide graven

上野 将司[1]

Shoji Ueno[1]

[1] 応用地質（株）技術本部

[1] OYO Technical Center

<http://www.oyo.co.jp>

地すべり移動層中に建設されたトンネルは全国各地に存在し、トンネル維持管理上の問題になっている。ここではトンネル建設時に地すべり陥没帯に遭遇した2事例について紹介し、地質的問題点と対応策を示す。

事例1：トンネル（延長600m）は中生代白亜紀の堆積物である和泉層群の砂岩泥岩互層中に計画され、当初のボーリング調査および弾性波探査結果に基づいて通常の地山区分で設計が行われ掘削に着手した。トンネル中央部の直上（土かぶり40～45m）に小さな池があることから、トンネル掘削に伴う湧水が懸念され、周辺水文環境に対する調査が追加された。この調査の中で池の位置が古期地すべり変動によって形成された陥没帯にあたること、その結果トンネルが地すべりの陥没帯を貫通する可能性を指摘した。陥没帯で集中的な調査を実施した結果、陥没帯部分にあたる池の底にはトンネル施工基面まで崩壊岩塊、軟弱粘性土、火山灰が堆積し、多数の木片を混入することが明らかになった。ただしこの堆積物の透水係数は小さく、掘削に伴う池の枯渇は問題ないものと結論された。この部分の掘削に際しては、適切な補助工法を適用することによりトンネル施工を安全かつ円滑に進めることができた。当初設計の状態でも施工を継続していれば大事故に結びつく可能性があった。

事例2：トンネル（延長2,056m）は新第三紀の泥岩および凝灰角礫岩、その後に貫入した安山岩の分布する地域に計画され両坑口から掘削が始まった。工事は順調に進捗したが、貫通まであと100mを残す段階でトンネル中央付近で天端崩落が発生し、土被り130mの地表には直径30m、深さ18mのクレーター状の陥没が生じた。この陥没位置は大規模地すべりの陥没帯にあたり、陥没帯を埋めたルーズな土砂と地下水がトンネル内に流入したために引き起こされた事故であることがわかった。大規模地すべりは、平面形400m×400m、すべり面深度120mに達する大きさである。

地表面での対策はエアミルクによる陥没箇所の充填を行い、トンネル内での対策は水抜きボーリング、薬液注入等の対策を実施して地山の安定を図った。また、大規模な地すべりは年間1cm程度の変位が認められたため、本線トンネルから排水用トンネルを施工してここから陥没帯の地下水を集水ボーリングで排水した。排水対策により陥没帯の地下水位は10～30m低下し、地すべり移動を抑制することができた。トンネルは崩壊部分を再掘削して完成したが、大幅な工期遅延となった。

以上の事例に示すように、大移動した地すべりでは地すべり頭部に陥没帯が形成され、多くの引っ張り亀裂や空隙が発達する。この部分はルーズな未固結堆積物によって埋積され、透水性が良い場合には豊富な地下水を貯留している。このような陥没帯を不用意に掘削すれば、崩落事故等に結びつく恐れがある。ところが、事前調査やトンネル掘削でこのような場所に遭遇すると断層と誤認される場合が多い。活動を停止した地すべりでも過去の移動量が大きい場合は、陥没帯が存在するので注意が必要である。筆者の経験では、大規模な地すべりや開析された古い地すべりの見逃しが多いようである。

対応策としては、地形図の読図や空中写真判読に今一度立ち戻り、地すべり地形を抽出する事が重要である。地すべり地形の詳細確認は踏査が基本であるが、レーザスキャナの活用で陥没帯の幅や延長の詳細を容易に把握できる場合がある。地すべりの平面形が抽出できれば、その幅の1/3～1/11がすべり面深度であり、陥没帯の幅も同程度あると見込むべきである。

中新世の凝灰岩類に発達するタフォニ・ノッチの形態的特徴と地震動による岩盤崩落

Morphologic features of tafoni and notch developed in Miocene tuffaceous rocks and rock fall due to seismic vibration

西山 賢一[1]; 横田 修一郎[2]; 長谷川 修一[3]; 菅原 大介[4]

Ken-ichi Nishiyama[1]; Shuichiro Yokota[2]; Shuichi Hasegawa[3]; Daisuke Kanbara[4]

[1] 徳島大学; [2] 島根大・総合理工・地球資源環境; [3] 香大・工・建設; [4] 香大・工・安全

[1] Tokushima Univ.; [2] Geoscience, Shimane Univ.; [3] Construction Eng., Kagawa Univ.; [4] Safety Systems Construction Eng, Kagawa Univ

タフォニは、塩類風化が影響してできた岩盤側面の凹み・穴であるが、その発達地域には地形・地質的にいくつかの共通点があり、特にタフォニが発達する急崖斜面の直下には落石ブロックが散在することから、落石や岩盤崩落がしばしば発生していると推定される(横田ほか, 2003)。今回、瀬戸内火山岩類の凝灰岩・凝灰角礫岩からなる香川県北部の五剣山において、急崖斜面に見られるタフォニ・ノッチの形態的特徴と、若干の岩石物性を測定した。五剣山では、1707年宝永地震時に大規模な岩盤崩落が起こったと推定されており(長谷川・菅原, 2002)、現在もオーバーハングした急崖斜面が発達する場所である。

五剣山一帯には、瀬戸内火山岩類に属する中期中新世の讃岐層群の火山岩類が分布しており、下部の流紋岩質凝灰岩と、五剣山の峯を構成するデイサイト質火山角礫岩からなる。この火山角礫岩中には、間に何枚かの凝灰岩～凝灰質砂岩の薄層がほぼ水平に挟在しており、この部分には、最大で奥行き 1m、開口幅 10m を越えるノッチが形成されている。ノッチ内には、径 10cm 以下のハニカムが形成されているところがある。一方、火山角礫岩中には開口部の径が最大で 2m に達するタフォニが形成されている。ノッチとタフォニの表面には、しばしば白色の析出物が付着しているのが観察され、塩類と推定される。

ノッチとタフォニにおいて、赤外線水分計を用いて岩石表面の水分含有量を測定するとともに、シュミットロックハンマーと針貫入試験器を用いて岩盤表面の強度値を測定した。その結果、ノッチやタフォニの外側の水分含有量は少ないのに対し、ノッチ・タフォニの奥部での水分含有量が高い傾向が得られた。一方、強度値の分布をみると、ノッチやタフォニの奥部で最も小さく、外側での値は高い傾向が認められた。これらのことから、水分含有量の多いノッチ・タフォニの奥部ほど、強度がもっとも小さくなっているようである。

この種のノッチは、火山角礫岩中にほぼ水平に挟在する凝灰岩～凝灰質砂岩に沿って発達していることが多く、場所によってはパイピングホールが見られることがある。このことから、(1) 粗粒で透水性の高い火山角礫岩中を浸透してきた浸透水が、凝灰岩の薄層部分で浸透を遮断されて湧出、(2) その際に水に溶解していた塩類の析出が起こり、塩類の結晶成長による岩盤表面での引張破壊が進行、(3) 岩盤表面の劣化・剥離・剥落が進行し、ノッチが形成される、というプロセスが考え得る。

ノッチやタフォニの成長により、オーバーハングした急崖斜面が形成されるとともに、その急崖斜面には引張応力によって新たに生じた縦方向のクラックが形成されている。このため、このクラックに沿ってすべるような崩壊が起こりやすい。従って、長期的に見た岩盤斜面の後退速度は、ノッチの形成速度と、引張クラックの間隔に規制されることになる。これらの値を具体的に推定できれば、こういった斜面の不安定性評価につなげることができる。

2003年宮城県沖の地震(5/26)・宮城県北部の地震(7/26)において発生した鳴瀬町田園地帯における液状化被害調査

Liquefaction of ground caused by the Miyagi-ken Oki and Miyagi-ken Hokubu Earthquakes of 2003

木村 克己[1]; 宮地 良典[1]; 高倉 伸一[1]; 国松 直[2]; 稲崎 富士[3]; 田辺 晋[1]; 植木 岳雪[1]; 原口 強[4]; 青野 道夫[5]; 高木 俊男[6]

Katsumi Kimura[1]; Yoshinori MIYACHI[1]; Shinichi Takakura[1]; Sunao Kunimatsu[2]; Tomio Inazaki[3]; Susumu Tanabe[1]; Takeyuki Ueki[1]; Tsuyoshi Haraguchi[4]; Michio Aono[5]; Toshio Takagi[6]

[1] 産総研; [2] 産総研; [3] 産総研・地球科学情報; [4] 大阪市大・理・地球; [5] (株)サンコア; [6] 復建・東京・地質

[1] GSJ/AIST; [2] AIST; [3] GSJ, AIST; [4] Geosci., Osaka City Univ.; [5] Suncore, Ltd.; [6] Geol. Dep., Tokyo, Fukken co.

2003年宮城県沖の地震(5/26)、宮城県北部の地震(7/26)において、宮城県鳴瀬町浜市地区および牛網地区の田園地帯において広い範囲にわたって液状化が発生した。両地区は海沿いの浜堤列平野にあたり、堤間湿地には水田が広がっている。噴砂がこの水田一帯に広範囲に分布することが、地震直後の空中写真から確認された(木村・宮地、2003)。液状化の実態を把握するため、地震直後の地表調査を実施したあと、稲刈り後の11月から1月にかけて、詳細調査を行った。稲刈り後には、広大な陥没帯や大量の噴砂丘が姿を現した。これらは地震直後では生育した稲に隠されて見えなかった。詳細調査としては、ボーリング・ジオスライサー調査による試料採取、および地下構造探査として電気探査・S波反射法探査、地表面の詳細形状評価として、空中写真を用いた解析図化機によるメッシュ標高測定、3Dのレーザースキャナー探査を実施した(地表面の詳細評価については、本セッションの原口ほかの講演を参照)。

液状化の詳細調査対象として、牛網地区・浜市地区からそれぞれ噴砂・陥没などの液状化現象が顕著な場所を1カ所(約150m四方)選んだ。

液状化被害を受けた水田では、40-50cmの段差がある陥没帯が広い面積を占めており、現在の農道・用水路や細長く続く隆起帯により陥没帯が区画されている。陥没帯は多角形の鍋底型の形状をなし、最大400m*100mの広さがある。水田内部であってもその縁は明瞭な線状をなし、それにそって噴砂丘が列状に配列している。噴砂丘は陥没帯内部にも散在している。隆起帯は水田内部に5-10m幅で細長く続く相対的な高まりで、その大半は噴砂で覆われている。

噴砂の母体となった層準の地層を把握するために、陥没帯の縁、その中央部で5m長1本、20m長、40m長、および液状化をうけていない箇所5m1本のオールコアボーリング、そして陥没帯の縁を横断する形でジオスライサーによって地層断面を採取した。採取試料については、層相観察、密度・帯磁率・電気比抵抗・粒度・ファブリックの測定を行った。調査の結果、以下のことが判明した。

噴砂が認められる田園における地層層序：上位から下位に、噴砂層(数cm~40cm厚)耕作土層(15cm厚)山砂層(10cm~6m厚)自然砂層(9~13m厚)である。山砂とは、農地の土地改良として埋土に使われた人工土で、すぐ近くの旭山丘陵を構成する上部中新統から運ばれたとされる。山砂層は泥質基質に富む淘汰の悪い礫混じり砂である。しばしば径3-8cmの火成岩礫が認められる。自然砂層は、沖積層の上部砂層にあたり、砂丘および海浜の砂堆積物であり、葉理などの堆積構造が認められる。

陥没帯の構造：陥没帯では縁にそって、正断層が形成されており、10-20cmほどの落差が認められる。正断層は山砂層と直下の自然砂層との境界に向かって円弧状に収れんし、砂脈で割れ目が充填されている。砂脈は山砂層と自然砂層との境界付近の液状化・流動化層にまで続く。液状化・流動化は山砂層と自然砂層の両層で生じている。山砂層は、陥没帯の縁から中央部に向かって、山砂層は20cm厚から6mと厚くなる。このような形状は電気探査によって低比抵抗帯としてとらえることができた。

地表での液状化の形状調査から、隆起部が古地図に描かれた農道にあたるなど、地表の隆起帯と陥没帯との分布が80年代の土地改良前の水田の区画に一致していることが判明した(原口ほかを参照)。そして現地聞き込みでは陥没している地帯は、当時大規模に砂が浚渫され山砂で埋め立てられたところにあたりと教えられた。実際、70年代後半から80年代前半の空中写真には、浚渫されている区画が陥没帯にあたるということが認められる。今回の詳細調査では、こうした土地改良の実態が事実として明らかにされた。しかし、液状化による地盤変状のプロセスについては、上記に説明したようにその一部が解けただけである。最大の未解決な課題は、最大40cmにたつする沈下量をもたらした液状化層の認定である。地層断面観察では、液状化を示す内部構造は、山砂層と自然砂層との境界付近に限られる。しかしこれだけの液状化と地表に分布する噴砂量では沈下量が説明しがたい。一方、山砂層全体が液状化した場合には沈下量が説明できるが、それを示す明確な特徴が認められない。この点は今後ファブリック・密度などから検討する予定である。

参考文献：木村・宮地・植木(2003) 2003年7月26日宮城県北部の地震の被害と液状化現象．地質ニュース，16-22．

3D レーザースキャナー計測結果から読み取れる液状化と人工地盤との関係

Relationship between artificial ground and liquefaction, based on the 3D laser profiling method

原口 強[1]; 木村 克己[2]; 宮地 良典[2]; 田辺 晋[2]; 植木 岳雪[2]; 中田 賢[3]; 中迎 誠[4]

Tsuyoshi Haraguchi[1]; Katsumi Kimura[2]; Yoshinori MIYACHI[2]; Susumu Tanabe[2]; Takeyuki Ueki[2]; Masaru Nakata[3]; Makoto Nakamukae[4]

[1] 大阪市大・理・地球; [2] 産総研; [3] 中田測量; [4] 阪市大院・理・地球

[1] Geosci., Osaka City Univ.; [2] GSJ/AIST; [3] Nakata Surveying; [4] Geosciences, Osaka City Univ.

2003 年三陸南地震(5/26)・宮城県北部地震(7/26)において、宮城県鳴瀬町浜市地区および牛網地区において規模の大きな液状化が発生した。同地点では地震直後に地表観察や計測などの現地調査が行われ、被害の状況が詳細に報告され、その特徴として「液状化発生地点は主に地下水位が高い運河の近く、および旧河道付近にみられ、1978 年宮城県沖地震、5/26 地震に引き続き、再液状化した地点も確認された」と報告(2003 年三陸南地震・宮城県北部地震災害報告書:地盤工学会, p113)されている。

筆者らはさらに詳細な液状化の形状を把握するため、同年 12 月 24~25 日に稲刈りが終了した同上地点において、地上型 3D レーザースキャナーによる地表面の計測を行った。140m×220m の範囲で合計 47.6 万点のポイントデータを取得し、0.5m メッシュによる再サンプリング処理後、0.1m コンター図や標高別の段彩図の作成などによる変状地形のイメージングを行った。その結果、人為的な幾何学模様が浮かび上がった。この結果を古地理図と照合してみると、相対的な隆起部分が当時の農道の形状と一致し、液状化とそれに伴う地表面変状の範囲がほ場整備前の水田の地割に相当することが明らかとなった。聞き取り調査の結果、変状範囲は元々やせた砂地の水田であったこと、建設骨材として砂が採取されたこと、その後溜池状の採取跡は山砂で埋め戻されたことなどの事実を得ることができた。

すなわち、液状化発生地点は主に地下水位が高い運河の近くや旧河道付近ではなく、砂を採取し山砂で埋め戻した人工改変地のみ限定されることが明らかとなった。このことは、同時に行われたボーリングやジオスライサー調査結果でも裏付けられた。

堆積物の重金属濃度から評価した都市河川環境の現状

Evaluation of urban stream environments from heavy metal concentrations of sediments, Japan

石賀 裕明[1]; 道前 香緒里[2]; 海田 学[1]

Hiroaki Ishiga[1]; Kaori Dozen[2]; Manabu Kaita[1]

[1] 島大・総合理工・地球; [2] 島根大・総合理工・地球資源環境

[1] Department of Geoscience, Shimane Univ; [2] Geosci., Shimane Univ.

<http://terra.riko.shimane-u.ac.jp>

大都市の河川は洪水対策のために排水を効率的に進めるために、大規模な排水路と変化してきた。そのためこの河川に関連した支流は水の流れを失い停滞して水質の汚濁をまねいている。また、大都市では多量の鋼とセメントによる構造物が建設され、工場からの排水とあわせて重金属の河川への流入が顕著である。河川堆積物はこのような都市の発展の歴史を記録しており堆積物の重金属濃度からの都市河川の現状の評価が可能である。このような環境変化を定量的に評価する試みは様々なところで行われており、人間環境にとってのもっとも必要不可欠である水環境に対しては明瞭な指標が示されている。しかし、生態系にとってもっとも重要であり、恒久的な生物のすみかとなる地球表層を覆う堆積物の評価についてはその指針は出されていない。そこでこれまで干潟や河川環境を堆積物の元素組成から評価する研究を行ってきたが、重金属のいくつかの元素は堆積環境に対してその濃縮率が変化し、しかも自然界での挙動の類似する鉄との比較によって環境評価をおこなう指標と成ることを見出した。ここでは亜鉛-鉄を用いた判別図を提唱して、いくつかの環境の評価を行う。

亜鉛-鉄は人間生活のなかでもっともよく利用される金属元素であり、トタン板で知られるように都市間強では多量に消費されている。堆積物では鉄、亜鉛ともに砂岩のような粗粒堆積物に比較して泥岩などの細粒相に濃縮する。このような亜鉛と鉄の地球化学的性質を考慮して両元素のクロスプロットを環境の評価図として考察した。一般の堆積物の組成を代表し、多くの試料の分析値を亜鉛-鉄図に示すと、両元素は良い正の相関を示し直線に近似される。ここでは亜鉛-鉄図に河川堆積物、ダム湖底質、および干潟の堆積物を示し、それぞれの環境を評価した。還元的環境での堆積物は堆積物の組成線よりもさらに亜鉛に富む組成範囲にプロットされることが示されている。

亜鉛-鉄判別図において火成岩の組成は両元素に正の相関を示す。干潟の堆積物の元素組成を一般の堆積物として代表させた。この組成を用いて判別図にプロットすると両元素には正の良い相関が有り火成岩組成が示すトレンドよりも傾きの大きな直線となる。この判別図に広島、福岡、岡山、大阪等の河川堆積物をプロットすると広島、福岡、岡山の試料は一般の堆積物の組成よりも鉄に対して亜鉛に富み、その組成は大きな傾きを示すトレンドを示す。大阪の河川の試料は一部を除いて鉄に対して亜鉛が極めて高い値を示し、広島、福岡、岡山のトレンドとは同じ傾斜を持つ。同様に鉛-鉄判別図も亜鉛と同様に環境評価では重要である。しかし、堆積物中での含有量を考慮すると亜鉛の方がより大きな範囲で評価できると言える。

新冠泥火山の再活動

Reactivation of the Niikappu Mud volcano following the Tokachi-oki Earthquake in 2003

中迎 誠[1]; 原口 強[2]; 中田 賢[3]; 尾園 修治郎[4]; 田近 淳[5]; 石丸 聡[5]; 福住 哲哉[1]; 井上 基[6]

Makoto Nakamukae[1]; Tsuyoshi Haraguchi[2]; Masaru Nakata[3]; Shujiro Ozono[4]; Jun Tajika[5]; Satoshi Ishimaru[5]; Tetsuya Fukuzumi[1]; Motoi Inoue[6]

[1] 阪市大院・理・地球; [2] 大阪市大・理・地球; [3] 中田測量; [4] 建設技研; [5] 道立地質研; [6] 復建調査設計(株)・地盤環境

[1] Geosciences, Osaka City Univ.; [2] Geosci., Osaka City Univ.; [3] Nakata Surveying; [4] CTIE; [5] Geol.Surv.Hokkaido; [6] Geo-Environmental Div., Fukken Co

.,Ltd.

**日本語の予稿集は登録されていません。
英語の予稿集をご覧ください。**

明治・大正期における霧島御鉢火山の噴火災害

Volcanic hazards of the Ohachi Volcano, Kirishima, during the end of 19th century to early 20th century.

井村 隆介[1]

Ryusuke Imura[1]

[1] 鹿大・理・地球環境

[1] Earth and Environmental Sci., Kagoshima Univ.

霧島御鉢火山は、「長門本平家物語」にもその活動が記録されている（井村，2003），日本でも活動的な火山の一つである。明治時代には，その活動の活発さから，鹿児島県の七不思議に数えられていたほどである（奈多，1890）。しかし，その活動の実態についてはよくわかっていない。本研究では御鉢火山の1800年代後半から1900年代前半の噴火の実態について，残されている写真，絵画，新聞記事などから検証することを試みた。その結果，当時の御鉢火山は爆発的な噴火を繰り返し，周辺の広い範囲に火山灰を降らせていたことがわかった。これらの活動によって人的被害も生じていたが，それらは，登山客や猟師など火口に近いところに偶然いた人たちである。御鉢火山には現在も多く登山・観光客が訪れており，噴火の際には，まずこれらの人たちの速やかな避難が重要であると言える。

噴火シナリオに対応した火山防災計画

Volcanic disaster prevention plan corresponding to eruption scenario

稲葉 千秋[1]; 佐々木 寿[1]; 塚本 哲[2]; 石川 裕芳[2]

Chiaki Inaba[1]; Hisashi Sasaki[1]; Satoru Tsukamoto[2]; Hiroyoshi Ishikawa[2]

[1] 国際航業; [2] 国際航業

[1] Kokusai Kogyo Co., Ltd.; [2] Kokusai Kogyo Co., Ltd.

<http://www.eartheon.co.jp/>

1. はじめに

長い間遅れていると言われてきたわが国の火山防災対策も、これまでに 30 あまりの火山においてハザードマップが作成されてきた。しかし、「マップ」は防災対策の入り口であり、その先の対策はなかなか進んでいないのが実情である。そのひとつが自治体による防災計画の作成である。ここでは、火山防災に関して先進的とも言われる北海道の火山における事例を紹介する。

2. 市町村相互間地域防災計画の現状

火山が噴火した場合、災害あるいはその対策は山の周囲の市町村に及ぶ。こうした火山災害や大規模地震、河川氾濫、原子力災害など、単一の自治体では防災対策の実施が困難あるいは効果的でない災害に対して、災害対策基本法（第 17 条および第 43 条・第 44 条）では、都道府県（または市町村）防災会議の協議会を設置することができ、協議会による都道府県（または市町村）相互間地域防災計画を作成することがうたわれている。

しかし、平成 15 年 1 月現在、全国で 10 の火山災害対策の協議会が設置されているに過ぎず、市町村間地域防災計画は 9 協議会での作成にとどまっている。

3. 北海道における計画事例

全国 9 火山の市町村相互間地域防災計画のうち、5 つは北海道の駒ヶ岳・十勝岳・樽前山・有珠山・雌阿寒岳である。このうち、雌阿寒岳を除く 4 火山では、最近の改訂あるいは新規作成により、噴火シナリオに対応した計画を持つことになった（十勝岳は協議会による計画ではなく上富良野町の地域防災計画改訂による）。

この 4 火山の噴火シナリオと、これに対応した対策には次のような特徴がある。

1) 噴火シナリオ

有珠山を除く 3 つの火山では、いずれも「異常現象 小噴火 中噴火 大噴火」の推移を基本とするが、有珠山では「異常現象 大噴火」を想定している。

駒ヶ岳

- ・異常現象なしで小噴火が発生する場合もある。
- ・噴火の拡大がきわめて短時間で進行する場合もあるため、目安時間を入れている。

十勝岳

- ・小噴火を火口付近の小規模噴火と本格的な水蒸気爆発～小規模なマグマ噴火の 2 段階に分けている。
- ・異常現象発生から直接中噴火が始まることもある。
- ・大噴火は 3,500 年前という比較的古い噴火を想定している。

樽前山

- ・異常現象なしで小噴火が発生する場合もある。
- ・小噴火から直接大噴火に移行することもある。

有珠山

- ・噴火の恐れがあり位置が不明の場合は直接山頂大噴火が始まることを想定している。

2) 火山情報と対策の連動

各火山の対策実施段階は、気象庁の火山情報等の種類と内容に対応させている（有珠山では、噴火のおそれが出た段階で対策が一気に進む）。

駒ヶ岳

- ・急速な噴火拡大を予想した緊急火山情報が出ることを想定している。
- ・臨時火山情報を 4 段階、緊急火山情報を 3 段階ときめ細かく設定し、5 段階の避難を含めた対策をそれらに対応させている。
- ・小噴火の段階で広範囲な避難を行う。

十勝岳

- ・緊急または臨時火山情報（中噴火のおそれ）で山腹の温泉のみ避難を行う。
- ・融雪型泥流発生期には、噴火規模の予想に応じた市街地の避難を段階的に行う。

樽前山

- ・緊急または臨時火山情報（中噴火のおそれ）で避難を行う。

- ・大量の降下軽石による災害も予想されるため、広範囲の遠隔地避難を想定している。

有珠山

- ・噴火が予想された場合は、山頂噴火のハザードマップにより危険とされる地区はすべて事前避難を行う。

このほか、これらの計画は、平成 12 年有珠山噴火の経験や教訓などにより、次のような共通の特徴を持っている。

- ・避難勧告・指示の前に避難準備または自主避難段階を設けた。
- ・シナリオの各段階でハザードマップをもとにした行政用の対策地図を作成した。
- ・避難者の自治組織による避難所運営を記した。
- ・ペット対策を記した。
- ・大噴火による再避難あるいは遠隔地避難を考慮した。
- ・一時立ち入り、一時帰宅等、段階的避難解除を記した。

4. まとめと課題

噴火シナリオと対策は、各火山の噴火あるいは災害の特徴や地域の状況に応じた有効適切な内容が求められ、「金太郎飴式」の防災計画のようにはいかない。一方、注意すべき点は、実際の噴火はシナリオどおりに進んではくれないことである。防災担当者は、このことをしっかりと理解し、シナリオをもとに住民と共に多くの訓練を積んでこそ、こうした計画が実践に役立つものとなろう。また、自治体が的確な対策を行うために、気象庁の防災上の役割がいっそう大きくなっていることも重要であり、対策実施に直結する情報が遅滞なく発せられることが期待されている。有事への備えとして、このような実践的な火山防災計画が、全国の火山を有する多くの自治体および協議会で作成されることが望まれる。

中部九州，玖珠盆地における火山岩・火砕岩急斜面の構造と岩塊移動タイプ

Slope structures of volcanic rocks and their influences on types of slope movements in the Kusu Basin, Central Kyushu, Japan

田中 昭好[1]; 横田 修一郎[2]

Akiyoshi Tanaka[1]; Shuichiro Yokota[2]

[1] 島大・総理・地球; [2] 島根大・総合理工・地球資源環境

[1] Geoscience, Shimane Univ; [2] Geoscience, Shimane Univ.

斜面運動の様式は一般に斜面形状とともに斜面の構成物や構造に依存していると考えられるが，1つの溶岩岩体中でもクラック形態が異なれば，それに伴って移動様式が異なることが予想され，それらはさらに地域の地形にも反映されるであろう．そのような試みとして，急崖が発達している中部九州の玖珠盆地において火山岩・火砕岩の急斜面構造について調べてみた．具体的にはメサ地形を呈し山腹斜面が急傾斜をなす伐株山と，柱状節理の発達した松木川沿い急斜面を対象とした．

伐株山は標高 685m 付近に平坦な頂部を有し，山腹の標高 500m ~ 650m では 60 ~ 75° の急崖をなすが，500m 以下は緩傾斜である．急傾斜部は多少の切れこみはあるが，大きな開析はみられない．また，標高 600m 以上は安山岩溶岩によって，また標高 600m 以下は，シルト・凝灰質砂で構成されている．シルト・砂岩斜面は多少開析されているが，谷頭はこの岩相境界にとどまっている．

溶岩中には 1 ~ 2 方向の規則的な節理面が発達しているが，卓越方向は岩体中でも異なっており，標高 660m 付近の NS/65 ~ 70W から 630 ~ 655m の NS/30 ~ 40° W へと変化し，さらに溶岩基底に近い標高 605m 付近では EW/50N となっている．605m のものは基底面形状に近いものである．こうした卓越節理面の一部は岩石組織の方向性に依存しているようである．

節理発達斜面は受け盤に近い基底面付近を除いては斜面傾斜角との関係において流れ盤である．しかし，すべりに対しては比較的安定した高標高部ゾーンと不安定な中標高ゾーンに分けられる．また，山頂直下約 20m の間は風化が著しく，コアストーン構造を呈している．結果として，節理面の卓越方向と風化構造からみると，伐株山西側急斜面は強風化コアストーン斜面，流れ盤クラック斜面，受け盤クラック斜面に分けることができ，それらは岩塊崩落ないし円弧状すべり，流れ盤平板すべり，受け盤崩落のようなタイプに対応する．流れ盤のなかでも急傾斜部では局所的にトップリングも発生している．

一方，安山岩溶岩中に柱状節理の発達した松木川沿いでは，急傾斜したものとそれに直交した緩傾斜の 2 方向が卓越している．節理面の傾斜角と面の間隔は場所によって大きく異なっており，したがって，同一の安山岩溶岩中에서도急傾斜柱状節理の発達した斜面と緩傾斜板状節理の発達した斜面が形成されている．それぞれに対応して，柱状岩塊の転倒と岩塊の平板すべりのタイプが発生しているようである．

このように，同一岩相の斜面でも風化構造や節理の卓越方向が異なることによって，その斜面の岩塊移動様式は多様であることを確認した．斜面崩壊の予測と対策に際しては，こうした風化構造や節理の卓越方向を十分に考慮することが必要である．

島根県新第三紀砂岩斜面におけるタフォニの形成過程と岩盤崩落過程

Evolution of tafoni on steep slope of the Miocene sandstone and rock fall process in Shimane, Japan

佐藤 路明[1]; 横田 修一郎[2]

Michiaki Satou[1]; Shuichiro Yokota[2]

[1] 島大・総理・地球; [2] 島根大・総合理工・地球資源環境

[1] Geoscience, Shimane Univ; [2] Geoscience, Shimane Univ.

塩類風化によるタフォニ（微小凹地形）は急崖上に現れやすく、岩盤崩落の要因となる。このため、岩石中での塩類風化の進行とタフォニの形成過程の解明は岩盤崩落予測の面からも課題となりつつある。多数のタフォニが確認されている島根県大田市の新第三系川合層砂岩・礫岩の急崖を対象としてタフォニ形成の地形・地質的環境と形状の特徴、さらにタフォニ内壁における塩類風化による岩石劣化などについて調査した。

砂岩・礫岩・泥岩・安山岩よりなる広範囲の斜面を調査したが、タフォニはそのなかで粗粒砂岩・礫岩の分布域に集中している。急崖や尾根状の岩盤斜面側壁に現れやすいこと、層理面と斜面が受け盤をなす場合が多いことなど、従来の特徴（竹原，2000）がこの範囲内でも確認された。

地形との関係を見ると、sidewall tafoni と basal tafoni の両方が認められるとともに、小規模タフォニの密集したハニカム構造も認められた。小規模なものでは開口部はほぼ円形であるが、大規模なものでは偏平で横長なことが多い。様々なサイズと形状のものを時系列変化と見なし、それらに基づけば、拡大過程では隣接したタフォニの結合とともにタフォニ内部でのタフォニの入れ子構造の形成がかかわっていると考えられる。

粗粒砂岩よりなるタフォニ内壁での風化状態をみるため、赤外線水分計とシュミットロックハンマーを用いてタフォニ各部位の見かけ含水比と岩盤反発度を測定した。反発度は最奥の内壁表面では概して低く、上部のひさし部や床部では逆に高い。見かけ含水比は最奥の内壁表面で高く、上部のひさし部で低い。

最奥の内壁表面から内部への岩石の劣化状態をみるため、水銀圧入式ポロシメータを用いて岩石の間隙径分布を測定した。その結果、岩石の間隙率に大きな違いはないが、大きな間隙径の割合は表面付近で高く、内部に向かって低くなっていることを確認した。これはわずか数 cm の範囲でも異なっている。したがって、塩類風化によって、内壁表面から内部に向かって岩石組織の破壊・劣化が進んでいくものと考えられる。

タフォニの発達に伴って上部がしだいにオーバーハング化し、その一部が崩落することが考えられるが、これには層理面に直交した既存クラックとオーバーハング部で新たに生じるクラックが関与するであろう。本地域においてもタフォニ斜面直下に多数の崩落岩盤ブロックとともに上記2タイプのクラックを確認した。

岩盤中への浸透流が生じやすい受け盤構造の粗粒砂岩中において、塩類風化によって岩石表面の一部が急速に劣化・剥離し、タフォニ形成、拡大と発展するとともに、これによる上部オーバーハングにクラックが発生して岩盤崩落へとつながると考えられる。

赤石山地南部,井川地域の四万十帯に見られる岩盤クリープ

Bed rock creep in Shimanto Belt, Ikawa area in the southern part of the Akaishi Mountains

徳嶺 庄一郎[1]; 久田 健一郎[2]

Shoichiro Tokumine[1]; Ken-ichiro Hisada[2]

[1] 筑波大・生命環境・地球進化; [2] 筑波大・地球

[1] Life and Environmental Sci., Univ. Tsukuba,; [2] Inst. Geosci., Univ. Tsukuba

赤石山地は地盤上昇が激しく(壇原, 1970), また侵食速度も著しい(大森, 2001)ことから急峻な地形をなす。赤石山地南部の井川地域では山体斜面の不安定さを示す指標となる二重山稜や線状凹地等の異常地形が多く見られ, 久田・新藤(1982), Chigira and Kiho(1994)により, 大規模岩盤クリープの存在が明らかとなっている。岩盤クリープとは, 岩盤が重力によって徐々に変形・破壊する現象(千木良, 1998)である。この岩盤クリープは長い時間をかけて山体自体を解体し, 崩壊の素地を作るとされ(千木良, 1995), また, クリープ変形による褶曲など, 造構運動による初成的な構造と類似した構造を作る。千木良(1998), 横山(1995)など, 岩盤クリープに関する多くの研究がなされているが, 岩盤クリープそのものを扱った研究が大半であり, 広域的な岩相および地質構造を視野に入れ, 岩盤クリープとの関係を考察した研究例は少ない。そこで本発表では井川地域を例に, 岩相および地質構造と岩盤クリープの関係を予察的に考察する。

本研究では, 現地調査による岩相マップの作成および岩相ユニットの決定, 地形図・空中写真による崩壊地と異常地形の判読, 谷密度の決定, 地形データによるの地形的特徴の分析(傾斜分布図等)を行った。その結果, 本地域は4つの岩相ユニット(A・B・C・D)に区分されることがわかった。各ユニットの地質的特徴と各ユニットで見られる地形的特徴をまとめると次のようになる。

ユニットA・・・

砂岩勝ち砂岩頁岩互層, 砂岩が多く分布する。砂岩頁岩互層には翼間隔の狭い傾斜褶曲が見られる。大井川沿いには大規模な岩盤クリープ性崩壊である赤崩, ポッチ籬(千木良, 1998)がみられ, 北東-南西方向に配列する。これらの崩壊斜面の尾根上には多重山稜が発達している。

ユニットB・・・

砂岩頁岩互層, 頁岩が多く分布する。岩盤クリープは推定されていない。しかし異常地形として, 東河内川東斜面上には平坦地が見られる。

ユニットC・・・

泥質岩, 砂岩, 砂岩頁岩互層, 酸性凝灰岩, 玄武岩等の様々な岩相が分布する。砂岩頁岩互層中の砂岩はしばしばレンズ状であり, 泥質岩には大小様々な破断したクラストがみられ, メランジュである。小河内川の中~下流域東斜面に岩盤クリープが推定されている(久田・新藤, 1982)。

ユニットD・・・

泥岩勝ち砂岩頁岩互層, 千枚岩からなり, 稀にキンクバンドがみられる。小河内川上流部東斜面, 井川湖東岸に岩盤クリープが発達しており(久田・新藤, 1982), その背後の尾根上には二重山稜がみられる。

いずれのユニットとも一般走向は北東-南西方向で北西に急傾斜する。また, 傾斜分布図からA~Cユニットが分布する山体斜面の傾斜は同程度であり, 30~50度の急傾斜を示すがDユニットのみ15~40度の緩傾斜を示す。ユニット間の谷次数・谷密度による差異はなかった。

本地域では, 以上のように岩盤クリープの配列と走向方向が一致することから, 岩盤クリープはある程度地質構造に規制され, 山体斜面と地層の走向が平行な場合に発生しやすいといえる。また, ユニットAの分布する青籬山では, 西側斜面には大規模崩壊(赤崩・ポッチ籬)が並列してみられるが, 東側斜面には極小規模な崩壊がみられるのみである。西側斜面と東側斜面の傾斜角を比較すると, 異常地形のみられる尾根付近を除き, おおよそ同程度である。これは, 崩壊の規模は斜面に対する地層面の角度に起因し, 逆目盤では大規模崩壊が起こりやすいことを示唆する。同様に逆目盤側にあたる, ユニットBの東河内川東斜面, ユニットCの小河内川の中~下流域東斜面, ユニットDの井川湖東岸では大規模な崩壊は起きていない。これは岩相の違いによると考えられ, 大規模崩壊は泥質岩よりも砂岩頁岩互層の分布域で比較的発生頻度が高くなっていると考えられる。

使用地図

地形図・・・1/25,000, 1/50,000

空中写真・・・高度6200m(1/37,500), 2000年撮影

地形データ・・・50mDEM

1983年山陰豪雨災害における斜面崩壊・土石流の到達距離とそれに基づく災害リスク評価の試み

An attempt for damage risk evaluation based on arrival distances of debris flows in the 1983 Sanin heavy rainfall disaster

横田 修一郎[1]; 森下 真也[2]

Shuichiro Yokota[1]; Shinya Morishita[2]

[1] 島根大・総合理工・地球資源環境; [2] 島根大・総合理工・地球資源環境

[1] Geoscience, Shimane Univ.; [2] Geoscience, Shimane Univ.

土石流による土砂到達距離は溪流の水量や移動物質のタイプとともに河谷（溪流）の縦断形状に大きく依存すると考えられる。1983年山陰豪雨災害では上流の谷頭部で斜面崩壊が多数発生し、崩壊土砂の大半は土石流となって流下した。土石流発生が顕著であった島根県西部大麻山周辺地域を対象として、当時の空中写真をもとに土石流発生河谷における“見通し仰角”（等価摩擦係数の傾斜角）の大きさを調べてみた。流域ごとにヒストグラムを作成すると、土石流に関する見通し仰角は、流域によってばらついているが、平均すると15~18°となる。この値はシラス斜面の例などに比較すれば、やや大きい。

この地域は上流の石英閃緑岩よりなる急峻な山腹斜面と下流の扇状地状緩斜面が特徴的な地形をなしており、したがって河谷の縦断型は比較的類似している。このため、各流域内での平均的な河谷縦断形状を前提とし、見通し仰角の平均値とバラツキをもとにすれば、同様の豪雨によって土石流が発生した場合、谷頭から任意の距離までの土砂到達確率を推定することが出来る。このようにすると、土砂到達確率は斜面崩壊の発生する谷頭部から300m付近で圧倒的に高い。

上流から下流にいたる河谷のうち、山地域は非居住地域であるが、下流の扇状地状緩傾斜域になると耕作地とともに住居が点在するようになる。このため、斜面崩壊・土石流が発生すると、移動土砂が下流の河谷沿いの住居を埋積し、これによって被害が発生する。このため、この地域において主要河谷に沿って谷頭から住居が現れ始める位置までの距離の分布を調べてみた。

これら任意の距離における土石流の到達確率とそこでの住居の存在確率から、河谷全体の住居が土砂に埋積する確率を推定することが出来る。実際には土砂到達確率が急に小さくなる位置より下流側に住居が現れ、住居は経験的に比較的安全な範囲にあることがわかる。ただし、必ずしもそうでないものも存在する。

土砂埋積による住居1戸あたりの被害額を同一と仮定すれば、河谷に沿った個々のリスク分布や河谷全体におけるリスクの大きさを推定することが出来る。これは一般には自然ハザード（ここでは土砂到達確率）とブルネラビリティ（ここでは住居出現確率）の積として表すことが出来る。河谷に沿った災害リスクの分布は上流から下流に向かって比較的变化のないもの、上流から特定の距離にピークのあるものなどそれぞれの河谷の特徴を示している。こうした災害リスクをそれぞれの河谷ごとに求めれば、将来の土石流による災害リスク評価が可能となる。また、これに基づけば、土砂流出に対する対策や住居移転といったリスク低減のための施策に利用することが出来る。

平成 15 年十勝沖地震で発生した農地造成地の液状化 航空機レーザースキャナーと旧版地形図による解析

The liquefaction of reclamation ground analyzed by using airborne laser scanner and old edition map

佐々木 寿[1]; 向山 栄[1]

Hisashi Sasaki[1]; Sakae Mukoyama[1]

[1] 国際航業

[1] Kokusai Kogyo Co., Ltd.

<http://www.eartheon.co.jp/>

1. はじめに

2003年9月26日の平成15年十勝沖地震(Mj8.0)において、震央から約230km離れた端野町協和・緋牛内地区で、液状化に起因する土砂流出が発生した。端野町の揺れは、4時50分の本震では震度4であった。一帯は屈斜路カルデラから噴出した火砕流堆積物が分布する傾斜の緩やかな台地である。液状化は、丘陵地上の谷埋めの農地造成地で発生し、最大のものは長さ約200m、幅約40mの範囲に及んでいる。このような比較的規模の大きい液状化と土砂流動が、丘陵地の造成斜面で発生したことは、2003年5月26日の三陸南地震等の例も合わせて注目すべき現象である。

2. 平成15年十勝沖地震で発生した農地造成地の液状化

液状化が認められたのは端野町協和・緋牛内地区の丘陵地上の複数地点である。発生した液状化の大きな特徴は、地盤の変形が起こった範囲の地表には噴砂がほとんど見られず、土砂の噴出が主に地盤沈下部の側方および末端に限られているという点である。地盤の沈下範囲の表層はほとんど破壊されず、ほぼ垂直に数10cm～約2m程度沈下しており、水平方向への移動は噴砂口に近い末端部および側方部に限られている。

3. 航空機レーザースキャナーによる計測および地形表現図の作成

地震から3週間後の10月17日に航空機レーザースキャナーによる計測を行った。得られた数値標高モデル(1mメッシュ)から、陰影図、傾斜区分図などの地形表現図を作成し、判読を行った。作成した地形表現図では、30cm程度の段差は明瞭に表現されているが、幅20cm程度の開口亀裂は表現できていない。また、傾斜区分図では、空中写真では明瞭に判読できない畑地(ビート畑)内の変状が表現されている。地形表現図を用いることにより、液状化で発生した滑落崖や亀裂等が詳細に判読することができた。

4. 旧版地形図による土地利用変遷調査

地形表現図を用いて判読された滑落崖は、旧谷地形に沿って発達しているように見えるため、旧版地形図による土地利用変遷を調査した。今回、液状化が発生した場所は、昭和52年頃に水田またはため池であった場所で、谷埋め盛土を行った農地造成地であることがわかった。今回生じた滑落崖等は、旧谷地形を埋めた盛土部と自然地盤との境界付近に集中している。

液状化が起きた周辺の土地利用の変化傾向を見るため、GISを用いて土地利用変遷図を作成した。作業は、各時代の旧版地形図をGISに取り込み、土地利用を水田、畑地、宅地、山林、荒地、ため池の6つに区分してデジタル化した。この地域は、昭和52年頃は、水田や山林が広がり、ため池もいくつか存在したが、約10年後の昭和62年頃になると、水田や山林は畑地に転用される場所が多く、ため池もほとんど消滅した。土地利用の面積比は、1977年頃から1987年頃にかけて水田が約4%、山林が約9%減少、畑地が約13%増加しており、当時の農業政策を反映しているものと思われる。

今回液状化が発生した場所の北西約2kmには、水田が畑地に転用された場所がある。水田の面積は約3.2haで、液状化が発生した場所よりも広い。この場所は土地利用が水田から畑地へ変わっただけで、地形は谷地形のままであった。

5. まとめ

国土庁が平成11年に作成した「液状化地域ゾーニングマニュアル」では、谷底平野上の盛土地は、液状化の可能性が大きいとされている。しかし、今回発生した端野町の災害や三陸南地震で発生した宮城県築館町の災害では、事前にその場所が“液状化の危険性がある盛土地”であると認識されていなかったであろう。いずれも死傷者は出していないが、偶然その場に立ち会えば危険度が高い現象であると思われる。

北海道では、北海道立地下資源調査所(1995)が北海道地盤液状化予測地質図を作成しているが、縮尺が60万分の1であり、概略把握には役立つものの、市町村レベルの防災マップにそのまま活用することはできない。そのため、人工改変による盛土地をもきちんと考慮した液状化地域ゾーニングマップ(1/10,000～1/25,000)が必要であろう。

盛土地の液状化危険箇所を把握するためには、旧版地形図や空中写真の活用があげられる。従来のアナログ的な読図・判読手法では広域な調査範囲には対応できないため、GISを利用した手法が期待されるだろう。しかし、

現状では既存資料のデジタル化および数値標高モデル化などが未整備であるため GIS 解析のネックとなっている。

2003年十勝沖地震で被災した道路低盛土の高分解能地表変形計測

High-resolution measurement of surface deformation at low banks after 2003 Tokachi-oki earthquake

原口 強[1]; 中迎 誠[2]; 中田 賢[3]; 福住 哲哉[2]; 井上 基[4]

Tsuyoshi Haraguchi[1]; Makoto Nakamukae[2]; Masaru Nakata[3]; Tetsuya Fukuzumi[2]; Motoi Inoue[4]

[1] 大阪市大・理・地球; [2] 阪市大院・理・地球; [3] 中田測量; [4] 復建調査設計(株)・地盤環境

[1] Geosci., Osaka City Univ.; [2] Geosciences, Osaka City Univ.; [3] Nakata Surveying; [4] Geo-Environmental Div., Fukken Co
.,Ltd.

平成15年(2003年)十勝沖地震に伴い、十勝川下流の沖積低地では、道路盛土や河川堤防が流動変形し崩壊した箇所がいくつも見られた。谷埋めの小規模な盛土はほとんどの区間で何らかの被害を受けていた。道路盛土の被害形態は、路面や路肩に開口亀裂を伴い道路の一部が側方へ広がる流動変形が特徴であった。被災した低盛土はすぐに復旧工事が行われ、メカニズム解明のための詳細な変形構造を記録することはあまりなされていない。このような背景から、道路低盛土の流動変形構造の詳細な3次元形状を把握し、その変形プロセスを把握することを目的として、地上型レーザースキャナーによる計測を行った。

計測地点は2車線アスファルト舗装道路で、豊頃町長節湖奥の湿地に建設された盛土高1.5~2.0mの低盛土区間である。被害の形態は、道路センターライン付近の開口亀裂から路肩方向へ路面が引き裂かれ、片側の道路全体が側方へ広がるように流動変形している。路面にはたわみや沈下、一部に陥没が見られ、全体として大きく波打っている。

作成した3Dモデルと5cm間隔の等高線図との合成図から、現地では把握し難い道路の全体的な変形構造を鳥瞰することができる。変形は全体が一様に路肩方向へ移動するのではなく、最も沈下量の激しい部分に対応する道路盛土路肩部分が外側へ押し出されていることを示している。

このように地上型レーザースキャナーによる高分解能計測の結果は、詳細な地盤変形の3次元形状を明らかにすることができ、地盤変形の形態を視覚的に容易に表現することを可能にする。今後、これらの結果を基に詳細な変形プロセスの検討を行っていく予定である。

花崗岩のための化学的風化の新指標

A new index of chemical weathering for granitic rocks

亀井 淳志[1]; 塚本 齊[2]; 福士 圭介[3]; 高木 哲一[4]; 鈴木 正哉[5]

Atsushi Kamei[1]; Hitoshi Tsukamoto[2]; Keisuke Fukushi[3]; Tetsuichi Takagi[4]; Masaya Suzuki[5]

[1] 深部地質環境研究センター; [2] 産総研・地質調査総合センター; [3] 産総研 深部センター; [4] 産総研・深部地質環境研究センター; [5] 産総研、深部地質、地質総括

[1] AIST/Geological Survey of Japan; [2] Geol. Surv. Japan, AIST; [3] AIST; [4] RC for Deep Geol. Environ., AIST; [5] Deep Geo, AIST

岩石の化学的風化度の評価は、地質工学・環境地質学など様々な分野で重要である。岩石の化学的風化作用は水との反応で進行する。この反応により岩石中のアルカリ元素やアルカリ土類元素は容易に溶脱し、残留元素からは二次鉱物が生成される。これは岩石の化学的風化に伴う基本的なシステムであり、岩石の化学的風化の指標に広く用いられてきた。

しかし、花崗岩類の場合、これまでの化学的風化の指標は使用できない。なぜなら、花崗岩類の成因に伴う組成変化が、風化に伴う化学的变化と重なるからである。そこで本研究では、花崗岩類の化学的風化度に対して成因的な組成変化を考慮に入れた新しい指標を提案する。

この成因的な組成変化を考慮した岩石の化学的風化度の評価方法は、様々な成因的組成変化を伴う火成岩、堆積岩、および変成岩の化学的風化度を決定する場合にも考慮されるべきであろう。

福岡県東部，今川および祓川流域の地球化学図

Geochemical map of the Ima-river and Harai-river basins in the eastern part of Fukuoka Prefecture

柚原 雅樹[1]; 高本 のぞみ[1]; 古川 直道[2]

Masaki Yuhara[1]; Nozomi Takamoto[1]; Naomichi Furukawa[2]

[1] 福岡大・理・地球圏; [2] 福大・理・地球圏

[1] Earth System Sci., Fukuoka Univ.; [2] Earth System Sci., Fukuoka Univ.

福岡県東部の今川・祓川流域において，河川堆積物の採取を行い，地球化学図の作成と地圏環境評価を行った．試料採取は，田中ほか（2001）の方法に従い，2003年3月から11月に行った．調査地域は，三畳紀の田川変成岩類（主に砂質-泥質片岩からなる），白亜紀花崗岩類，後期中新世～初期鮮新世の北坂本累層（安山岩-デイサイト質溶岩，凝灰角礫岩），前期鮮新世の英彦山火山岩類（安山岩質溶岩，凝灰角礫岩），第四系からなる．さらに，白亜紀花崗岩類は，朝倉花崗閃緑岩（中粒斑状普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩），添田花崗閃緑岩（中粒塊状普通角閃石黒雲母花崗閃緑岩），真崎花崗岩（中粒斑状黒雲母花崗岩），油須原花崗岩（細粒黒雲母花崗岩）に区分される．採取した河川堆積物（88試料），岩石試料（20試料）について，XRFを用いて，26元素（Si，Ti，Al，Fe，Mn，Mg，Ca，Na，K，P，Ba，Co，Cr，Cu，Ga，Nb，Ni，Pb，Rb，S，Sr，Th，V，Y，Zn，Zr）を測定した．さらに，14試料の河川堆積物については，X線回折により，構成鉱物の同定を行った．また，岩石試料ならびに河川堆積物試料から，主要な構成鉱物（黒雲母，普通角閃石，輝石，斜長石，カリ長石，磁鉄鉱）を分離，精製し，その化学組成の測定も行った．各元素ごとに地球化学図を作成し，地域地質ならびに岩石の化学組成，河川堆積物の鉱物組み合わせ，鉱物の化学組成と比較した結果，元素の濃度分布は，地域地質とそこから供給される構成鉱物の濃集に依存していることがわかった．当地域では，1地点の鉛の濃集を除いて，今のところ人為的な汚染はほとんど検出されない．