

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380086

研究課題名(和文)近年の大規模降雨で増加している九州地方の深層崩壊の予測と対策

研究課題名(英文)Potential site prediction and measures of deep-seated landslide in Kyushu, Japan

研究代表者

地頭 隆 (JITOUSONO, TAKASHI)

鹿児島大学・農学部・教授

研究者番号：50145455

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,300,000円、(間接経費) 1,890,000円

研究成果の概要(和文)：近年、日本各地で深層崩壊が多発している。九州では様々な地質条件下で深層崩壊が発生している。深層崩壊は、大雨による岩盤地下水位の上昇、深層風化した岩盤、地下水を貯留しやすい水文地形的な地下構造に原因して引き起こされている。地形・地質・水文調査に基づいて深層崩壊発生場の予測法を検討した。本研究では、特に山地渓流水を活用した深層崩壊発生場の予測法を開発した。そのために渓流縦断方向の渓流水の電気伝導度を測定し、この電気伝導度の分布図から深層崩壊発生場を予測した。

研究成果の概要(英文)：Recently, there have been many deep-seated landslides in Japan. The deep-seated landslides have occurred under various geology conditions in Kyushu. The deep-seated landslides were a result of rising groundwater levels caused by heavy rainfall, deeply weathered rocks, and hydrogeomorphological formation of underground areas that are prone to the storage of groundwater. Some methods for site prediction of potential deep-seated landslides were examined based on geomorphic, geological and hydrological surveys. This study aimed to develop a method for predicting the sites of potential deep-seated landslides by using mountain stream water. To this end, I measured the electric conductivity of mountain stream water in the upstream direction. The distribution map of the measured electric conductivity helped to predict the sites of potential deep-seated landslides.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：深層崩壊 九州地方 発生予測 水文調査 電気伝導度 地下水 湧水 地形・地質調査

1. 研究開始当初の背景

山崩れは、山地斜面の風化土層が崩れる崩壊深が浅い表層崩壊と基盤岩から崩れる崩壊深が深い深層崩壊に分かれる。これまでの国内外の研究によって表層崩壊の研究はかなり進展し、発生予測手法も提案されているが、深層崩壊発生の予測手法は確立していない。深層崩壊は発生頻度が低いが、一度起こると崩壊土砂量が多いために被害が大きくなる場合が多い。近年、気候変化に伴って一雨 400mm を超えるような大規模な降雨が増加して深層崩壊も頻発し、社会的にも深層崩壊の研究の進展が求められている。

鹿児島・熊本・宮崎の県境に分布する火山岩地域で 1997 年と 2003 年に発生した深層崩壊による土砂災害をきっかけに、深層崩壊発生に関係する地形・地質・水文の現地調査に基づいて崩壊発生機構や予測手法を研究してきた。さらに 2005 年に宮崎県鰐塚山と九州山地の堆積岩地域で発生した深層崩壊、2010 年に鹿児島県の火砕流台地で発生した深層崩壊についても研究を進めている。

深層崩壊は地形・地質・水文的背景によって発生機構に違いがみられ、崩壊発生の予測手法の開発では深層崩壊をタイプ分けして進める必要がある。これまでの研究によって、深層崩壊の発生場を予測するポイントとして、火山岩地域では「厚い風化物の存在」と「地下水の集中」が、堆積岩地域では「斜面のクリープ」が見出されている。また、深層崩壊の発生をはじめから斜面単位で予測することは困難であり、3 段階(地域レベル、流域レベル、斜面レベル)で判定し、危険場所を絞っていく方法が有効であると考えている。3 段階で判定して危険場所を絞っていく方法を確立するためには、判定するための因子の抽出や判定の手順を定め、実証例を増やす必要がある。

2. 研究の目的

近年、一雨 400mm を超すような大規模な降雨が発生し、山地では基盤岩から崩れる深層崩壊と呼ばれるタイプの崩壊が起こり、大きな土砂災害を引き起こすケースが目立つ。本研究は、主に九州地方で発生した深層崩壊地の調査から、その発生を予測する手法を確立し、地域防災力を向上させることを目的としている。本研究では特に次の 3 点について明らかにする。

- ・九州で発生した深層崩壊の分布、特徴、地形・地質・水文的背景を明らかにする。
- ・深層崩壊地の地形・地質・水文的背景に基づいて、深層崩壊をタイプ分けし、タイプごとの発生機構を解明する。
- ・深層崩壊のタイプごとの発生機構に基づいて発生場予測・危険度判定の手法を開発する。

3. 研究の方法

本研究は、深層崩壊の発生予測の危険度判定手法を確立するために、九州地方で発生し

た深層崩壊の分布、特徴、地形・地質・水文的背景を調査して深層崩壊をタイプ分けし、それぞれの深層崩壊の発生や機構を調べる。これらの調査資料を分析して、まず、地域レベルのマクロ的な判定方法を検討する。次に、深層崩壊の分布と周期性から流域レベルでの判定、さらに、流域の中のどの斜面に潜在的な危険があるか、調べる方法を確立する。このような手順で、深層崩壊を地域レベル、流域レベル、斜面レベルで危険度判定していくための調査・解析方法を提案し、さらにモデル地域で検証する。

4. 研究成果

(1)九州で発生した深層崩壊のタイプ

九州で発生した深層崩壊の分布、特徴、地形・地質・水文的背景を明らかにしてタイプ分けし、タイプごとの発生機構を解明した。これらの成果は地域レベルおよび流域レベルでの深層崩壊発生の危険度判定のためのデータとして重要である。

九州では多様な地質条件のもとで深層崩壊が発生している。ひとつは火山性地質の地域で発生するタイプである。たとえば鹿児島・熊本・宮崎の 3 県の境界付近には鮮新世から更新世にかけて活動した火山に関連する地層(肥薩火山岩類など)が分布しており、1972 年宮崎県えびの市、1997 年鹿児島県出水市、2003 年熊本県水俣市などで深層崩壊が発生している。その特徴を 1997 年出水市針原川流域で発生した深層崩壊を例にして挙げると、崩壊は総雨量 400mm 程度で発生し、崩壊土砂量は 10 数万 m^3 であり、崩壊土砂が土石流となって集落を襲った。崩壊した斜面の地質は、深層風化した安山岩であり、その下位は凝灰角礫岩である。崩壊直後、それらの境界からは多量の湧水が見られ、安山岩は透水層、凝灰角礫岩は難透水層の役割を果たしていた。また崩壊した斜面は地下水が集まる地下構造となっていた。

2010 年には鹿児島県南大隅町船石川の火砕流台地周縁の急斜面で深層崩壊が発生した。崩壊はほとんど雨が降っていないときに発生したが、崩壊前の約 1 カ月間の総雨量は 1000mm を超えていた。崩壊土砂量は約 10 万 m^3 であったが、砂防堰堤でほとんどが捕捉され、下流での大きな被害は阻止された。崩壊した斜面の地質は亀裂の多い溶結凝灰岩とその下位の非溶結凝灰岩からなる。その境界からは多量の湧水が見られ、溶結凝灰岩は透水層、非溶結凝灰岩は難透水層の役割を果たしていた。

以上のように、火山性堆積物が分布する地域で発生する深層崩壊は、透水層と難透水層の境界であることに加え、多量の地下水が集中する箇所が発生している点が共通項であるといえる。

一方、付加体と呼ばれる堆積岩分布域でも深層崩壊が発生している。近年では 2005 年台風 14 号に伴う大雨によって九州山地や鰐

塚山地で深層崩壊が多発した。この時の崩壊は総雨量 800mm 程度に達した頃から発生し始め、崩壊土砂量は数 10 万 m³ から数 100 万 m³ であった。崩壊土砂は各地で河道閉塞を引き起こし、また土石流となって大きな被害をもたらした。九州山地における深層崩壊に関しては古くから研究が行われ、岩盤クリープに伴う多重山稜や線状凹地などの微地形の変化を深層崩壊の前兆現象と考え、微地形の判読による崩壊発生危険箇所の予測が検討されている。事例として挙げると、2005 年九州山地の耳川沿いで発生した深層崩壊は、すべて遷急線から下部の急斜面にかけて発生していた。河川の下方侵食に伴って不安定化した斜面は、岩盤が長年かけてクリープして深層崩壊が発生する場所である。このような遷急線付近の微地形判読によって深層崩壊発生の危険斜面が抽出可能である。

また、付加体にはメランジュとして示される非常に複雑な地層があり、地下水の集中箇所がみられることがある。九州山地の熊本県五木村横手谷一帯では地形的流域界で説明できない多量の湧水が見られ、1963 年に深層崩壊が発生した場所もそのうちのひとつである。付加体からなる山地は地質構造が複雑なため、深層崩壊の発生機構も一様ではないと考えられ、今後タイプ分けが必要であろう。

さらに、九州では深層風化した花崗岩の山地でも深層崩壊が発生した例がある。

(2) 深層崩壊の発生場予測・危険度判定

深層崩壊発生の予測は、発生場、発生規模、発生時期について検討することになるが、ここでは発生場の予測に焦点をあてる。まず崩壊発生場を予測するための危険度判定の基本的な考え方を述べ、九州の火山岩地域における崩壊発生場予測の事例を述べる。

崩壊発生場予測のための危険度判定

深層崩壊の発生場をはじめから斜面単位で予測することは困難である。そこで、図 1 に示すように、より広域な範囲から 3 段階（地域レベル、流域レベル、斜面レベル）に分けて判定し、危険箇所を絞っていく方法を提案する。まず地域レベルでの危険度判定では、深層崩壊に関係する災害記録から災害地の分布図を作成し、災害地が分布している同様の地形・地質の区域を崩壊発生の可能性がある地域と判定する。次に流域レベルでの危険度判定は、地域レベルで深層崩壊発生の危険性があると判定された区域において、深層崩壊跡地の分布・崩壊規模・崩壊周期を調べ、流域ごとに崩壊発生の危険度を評価するものである。最後に、流域レベルで深層崩壊発生の危険性が高いと判定された流域を対象に斜面レベルでの深層崩壊発生場を抽出する。その際は、地質等による崩壊発生機構の違いを考慮する必要がある。

以上の調査結果は、GIS 等を用いて因子の選択や適応順序を検討できるように整理する。また、作業としては地域レベル、流域レ

ベル、斜面レベルの順序で判定していくが、各段階の判定結果は砂防計画や避難警戒の策定等に適宜利用できるような工夫が必要である。

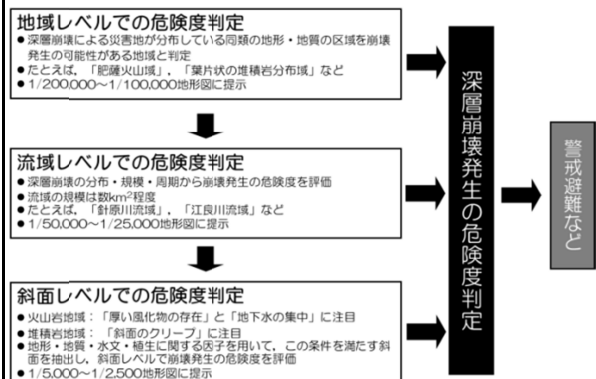


図 1 深層崩壊発生場予測の危険度判定の考え方

深層崩壊発生場予測の研究事例

(1) で述べた針原深層崩壊が発生した区域における深層崩壊発生場予測の研究事例を示す。この区域一帯は多数の深層崩壊跡地が確認されており、深層崩壊発生の危険度が高い地域・流域と判断される。以下は斜面レベルでの危険度判定の事例である。

図 2 は、対象とした 4 流域の深層崩壊跡地・緩斜面・リニアメントの分布図である。4 流域には 15 箇所の深層崩壊跡地が確認され、その源頭部は標高 150～200m と 250～350m の高度域に集中していた。これらの高度域は節理が発達した透水層である安山岩とその下位の難透水層である凝灰角礫岩の境界部であり、地下水流出がみられる箇所である。また、深層崩壊跡地は、尾根部に広く分布する緩斜面の下部斜面（傾斜 20～30 度）に分布している。これらの斜面は、開析が進んだ上流域の斜面に比べて緩やかであるが、侵食を受けることが相対的に少ないために厚い風化層が発達している場合が多い。深層崩壊跡地のいくつかはリニアメントに沿って分布しており、リニアメントが断層の場合は地下深くまで破碎部が続き、厚い風化層が存在すると考えられる。

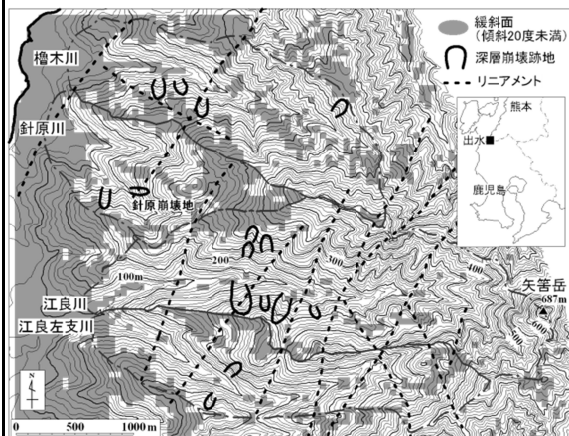


図 2 深層崩壊発生場の予測の対象流域

調査流域の溪流縦断方向において、渓流水の流量、電気伝導度 (EC)、シリカ (SiO_2) 濃度を測定した。EC は渓流水中の溶存イオンの総量であり、地下水が流動する過程で岩石から溶出するイオンを取り込むために、地下水が流出している付近の渓流水は EC が高くなる。 SiO_2 は、地下水が岩石と接触して起こる化学反応によって溶出する。渓流水の EC や SiO_2 濃度は、その渓流水中に占める地下水の寄与率を表す指標になる。図 3 は、江良川における溪流縦断方向の調査例である。江良川では標高 140m 付近で 3 つの水文因子が急激に増加しており、この付近の斜面内に貯留されている地下水が溪流に集中して流出していることを示唆している。江良川流域の中下流域に深層崩壊跡地が判読され (図 2)、3 因子の変化地点とよく対応している。

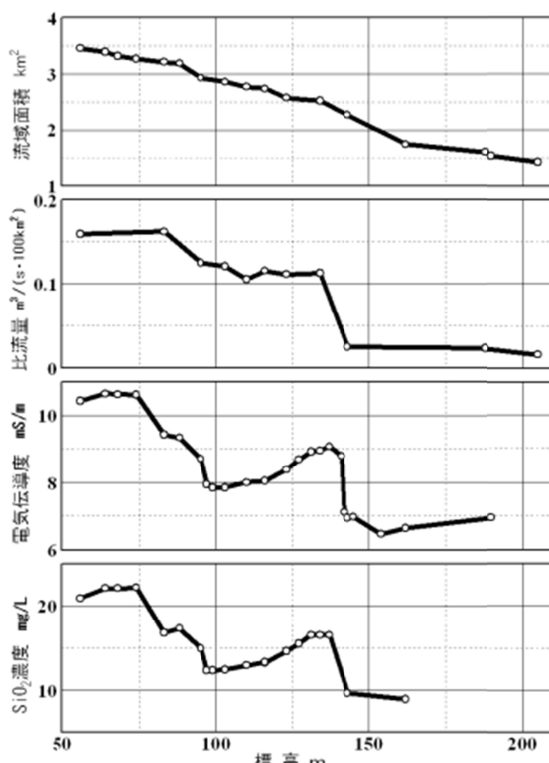


図 3 溪流縦断方向の調査例

図 4 は、4 流域の湧水調査結果 (湧泉位置、湧出している斜面位置、湧出量、湧水 EC) である。図において、矢印の太さと向きは湧出量の区分と湧出している斜面の向きであり、印は湧水 EC が特に高かったところ、印は溪流縦断方向の渓流水調査における急激な変化点である。印の周辺には湧出量が多く、また EC の高い湧水が分布しており、渓流水の流量、EC、 SiO_2 濃度の急激な変化はその付近で流入している地下水に起因していることがわかる。流域の湧水調査は面的な調査であるために多大な労力を要するが、溪流縦断方向の渓流水調査は線的な調査であり比較的容易にできる。したがって、まず溪流縦断方向の渓流水調査で変化点を見出して、次にその変化点周辺の湧水調査を実施し、着

目すべき地下水が湧出している斜面を抽出する方法が効果的である。

図 5 は、標高 150~200m と 250~350m の高度域の斜面、尾根部の比較的広い緩斜面直下の傾斜 20~30 度の斜面、安山岩と凝灰角礫岩の層境界が位置する斜面をそれぞれ囲み、これらが重なる斜面を抽出した (地形・地質的因子)。また、溪流縦断方向における渓流水の流量、EC、 SiO_2 濃度の変化点とその周辺の湧出量が特に多い湧泉位置および湧出している斜面位置から地下水が貯留されている斜面を抽出した (水文的因子)。地形・地質因子に基づく範囲と水文因子に基づく範囲が重なっている斜面は、厚い風化物の存在と地下水集中の条件を満たしている斜面といえる。すなわち、深層崩壊発生の条件を満たしている斜面と判断される。深層崩壊跡地の多くはこの両者が重なった斜面に位置している。一方、深層崩壊跡地が分布する斜面は深層崩壊に対して一定期間の免疫性をもっていると考えると、崩壊跡地周辺の未崩壊斜面が潜在的な深層崩壊危険斜面として抽出されることになる。

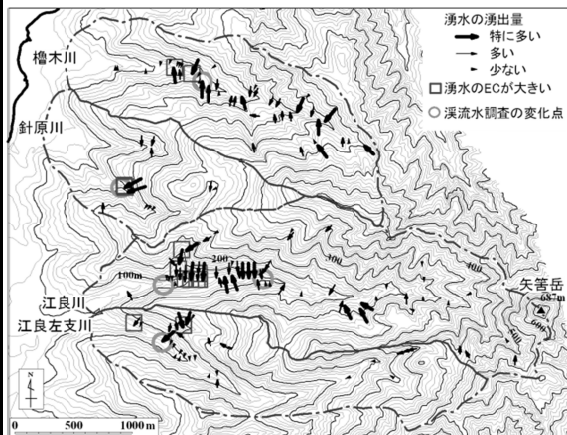


図 4 湧水調査結果

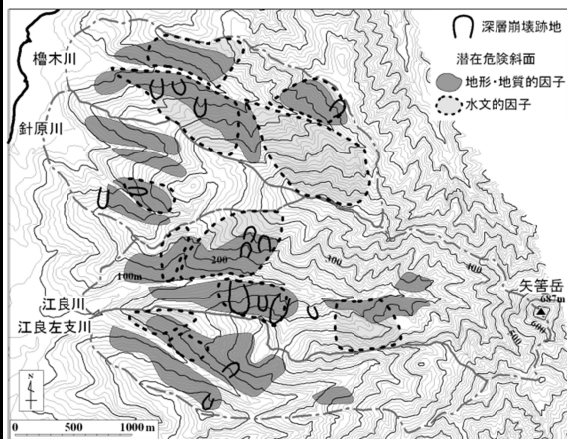


図 5 深層崩壊発生場の予測例

(3) おわりに - 今後の課題 -

深層崩壊発生場の危険度評価は、地域 流域 斜面のように段階的に絞っていくことで、より精度の高い予測と対策に繋がってい

く。

九州で発生した深層崩壊の事例で述べたように、その発生機構には地質・地質構造によって違いが見られる。火山性堆積物が分布する地域に見られる深層崩壊は、堆積構造や風化度の差異による透水層と難透水層の境界部で発生する場合が多く、深層崩壊発生の危険斜面抽出にはそういった地質の特徴と湧水の分布を把握することが重要なポイントとなる。一方、付加体の分布域では、堆積岩地域の特徴として岩盤クリープによる微地形の判読が重要になり、メランジュのように複雑な地質体が分布する区域では湧水データを重ねていくことがより効果的な手段となるであろう。

また、火山性堆積物が分布する地域と堆積岩地域では深層崩壊が起こり始める累積雨量や崩壊土砂量などの規模に違いが見られ、地質条件からの検討が必要である。

今後、深層崩壊の斜面単位での危険度評価を行うことが求められるが、より詳細な地質・地質構造の情報をいかにして取り込むかが重要な作業となる。近年、航空レーザー測量、空中電磁探査等の新しい技術で微地形判読や地下構造の情報精度が上がっており、これらを深層崩壊発生の危険斜面抽出に活かしていくことが期待されている。加えて、トンネル、ダム、道路等の建設に伴って各機関で行われた多数の地形・地質、ボーリング等の調査資料もデータベース化して活用すべきであろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計9件)

地頭園隆, 深層崩壊の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測, 砂防学会誌, 66(6), 2014, 56-59, 査読有

<http://www.jsce.or.jp/publish/311/index-j.html>

小杉賢一朗, 道義己, 藤本将光, 山川陽祐, 正岡直也, 水山高久, 平松晋也, 福山泰治郎, 地頭園隆, 関数モデルを用いた深層崩壊の要因となる基岩地下水位変動の解析, 砂防学会誌, 66(6), 2014, 3-14, 査読有

<http://www.jsce.or.jp/publish/311/index-j.html>

地頭園隆, 石塚忠範, 能和幸範, 柳町年輝, 深層崩壊警戒対応の湧水センサーの開発, 砂防学会誌, 66(5), 2014, 49-52, 査読有

<http://www.jsce.or.jp/publish/310/index-j.html>

地頭園隆, 深層崩壊の特徴と発生場の予測 - 九州を例にして -, 地盤工学会誌, 61(9), 2013, 6-9, 査読無

<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009657574>

地頭園隆, 大規模土砂災害を引き起こす深層崩壊および火山噴火対応の研究・技術開発, 河川, 69(6), 2013, 8-11, 査読無

<http://ci.nii.ac.jp/naid/40019732507>

地頭園隆, 深層崩壊(その2) - 深層崩壊発生予測の研究 -, 斜面防災技術, 39(2), 2012, 23-32, 査読無

<http://ci.nii.ac.jp/naid/40019513616>

久保田哲也・地頭園隆・清水収・平川泰之・本田健・飯島康夫・泉山寛明・海堀正博・北原哲郎・小林浩・松本俊雄・松尾新二郎・松澤真・宮縁育夫・長野英次・中濃耕司・奥山悠木・島田徹・篠原慶規・杉原成満・武澤永純・田中信・内田太郎, 平成24年7月九州北部豪雨による阿蘇地域の土砂災害, 砂防学会誌, 65(4), 2012, 50-61, 査読有

<http://ci.nii.ac.jp/naid/10031128205>

地頭園隆, 深層崩壊(その1) - 九州で発生した深層崩壊の事例 -, 斜面防災技術, 39(1), 2012, 26-37, 査読無

<http://ci.nii.ac.jp/naid/40019407884>

清水収・地頭園隆・下川悦郎・山越隆雄・木佐洋志・瀧口茂隆・杉山光徳, 霧島山新燃岳の2011年1月噴火による降灰とその後の土砂移動, 砂防学会誌, 64(3), 2011, 46-56, 査読有

<http://ci.nii.ac.jp/naid/10029658809>

〔学会発表〕(計29件)

地頭園隆, 近年の土砂災害の特徴と対策, 九州・沖縄地方の気候変動適応策推進に向けた地域WG, 環境省九州地方環境事務所, 2014/1/24, 鹿児島県庁議会庁舎

地頭園隆, 土砂災害の予測と対策, 日本測量協会, 2013/12/11, 鹿児島県市町村自治会館

地頭園隆, 深層崩壊の発生予測に関する研究, 奈良県「深層崩壊セミナー」, 2013/11/22, 奈良県文化会館

地頭園隆, 「水と災害」～火山地域の水の流れと土砂災害について～, 日本学術会議九州・沖縄地区会議, 2013/11/18, 鹿児島大学稲盛会館

地頭園隆, 深層崩壊の特徴と対策, 宮崎県地質調査業協会, 2013/11/14, ニューウェルシティ宮崎

田淵陽介, 地頭園隆, 和田大祐, 中島希, 深層崩壊発生予測に関する調査法の開発, 砂防学会, 2013/5/30, 静岡市民文化会館

地頭園隆, 深層崩壊の特徴と対策, 長崎県, 2013/5/27, 諫早文化会館

石塚忠範, 横山修, 地頭園隆, 一色弘充, 水野正樹, 探査計測技術を用いた大規模斜面災害の危険箇所の把握に関する最近の研究, 日本地すべり学会, 2013/5/17, 新潟県民会館小ホール

地頭園隆, 九州地方における深層崩壊の実態と特徴について, 九州地方整備局, 2013/2/23, ホテル熊本テルサ

地頭園隆, 土砂災害について, 鹿児島県, 2013/2/16, 鹿児島県庁

地頭園隆, 深層崩壊発生の予測手法の開発, 福岡県地質調査業協会, 2013/2/6, 都久志会館

地頭藺隆, 深層崩壊の予測に関する最新情報, NPO法人鹿児島砂防ボランティア協会, 2013/1/17, ホテルウェルビューかごしま

地頭藺隆, 鹿児島地域の土砂災害と備え, 日本建築学会, 2012/11/30, 鹿児島大学稲盛会館

地頭藺隆, 笹原克夫, 小杉賢一朗, 五味高志, 石塚忠範, 深層崩壊の発生機構と発生予測手法の現状, 砂防学会, 2012/10/11, 府中グリーンプラザ

地頭藺隆, 近年の土砂災害の特徴と防災, 鹿児島大学, 2012/10/6, 鹿児島大学稲盛会館

地頭藺隆, 笹原克夫, 小杉賢一朗, 五味高志, 石塚忠範, 深層崩壊の予測, 土木学会, 2012/8/23, 宮崎観光ホテル

地頭藺隆, 山崩れ発生のメカニズムと予測, 森林・自然環境技術者教育会, 2012/7/6, 熊本市国際交流会館

地頭藺隆, 深層崩壊の予測と対策, 日本地すべり学会, 2012/6/14, サンエールかごしま

地頭藺隆, 下川悦郎, 寺本行芳, 和田大祐, 田淵陽介, 深層崩壊発生予測に関する調査法の提案, 砂防学会, 2012/5/24, 高知県立県民文化ホール

小杉賢一朗, 藤本将光, 山川陽祐, 三道義己, 水山高久, 木下篤彦, 下川悦郎, 地頭藺隆, 平松晋也, 福山泰治郎, 桜井亘, 鷲尾洋一, 藤本章次, 深層崩壊の誘因となる山体地下水挙動の解析, 砂防学会, 2012/5/24, 高知県立県民文化ホール

②地頭藺隆, 山地災害の予測と対策, 鹿児島県, 2012/5/14, 鹿児島県庁講堂

③地頭藺隆, 近年の土砂災害について, 鹿児島県市町村社会基盤整備推進協議会, 2012/5/8, 鹿児島県市町村自治会館

④地頭藺隆, 下川悦郎, 寺本行芳, 南九州で最近発生した深層崩壊, 京都大学防災研究所, 2012/2/18, 京都大学防災研究所

⑤地頭藺隆, 日本における深層崩壊の実態と発生予測の研究, 台日工程技术研討会, 2011/11/22, 台湾国立成功大学

⑥地頭藺隆, 下川悦郎, 寺本行芳, 土砂災害の実態と特徴, 鹿児島大学, 2011/10/23, 奄美市名瀬公民館

⑦地頭藺隆, 最近の土砂災害の特徴, 日本気象予報士会, 2011/10/15, 霧島温泉ソサエティ

⑧地頭藺隆, 鹿児島県で発生した土砂災害と崩壊発生予測の研究, 鹿児島県, 2011/8/26, 鹿児島県市町村自治会館

⑨地頭藺隆, 深層崩壊の実態と発生予測, 斜面防災対策技術協会, 2011/7/30, 福岡中小企業振興センター

⑩地頭藺隆, 豪雨による深層崩壊の発生事例と発生予測, 日本地すべり学会, 2011/6/1, 大阪建設交流会館

〔その他〕(計 12 件)

地頭藺隆, 深層崩壊対策, NHK 熊本放送局 ニュース, 2014/1/8

地頭藺隆, 深層崩壊対策について, くまもと県民テレビ「テレビタミン」, 2013/11/7

地頭藺隆, 深層崩壊の兆候をつかめ, NHK 総合テレビ「おはよう日本」, 2013/11/1

地頭藺隆, 深層崩壊の兆候をつかめ, NHK 鹿児島放送局「情報 WAVE かごしま」, 2013/9/24

地頭藺隆, 土砂災害について, NHK 鹿児島放送局「情報 WAVE かごしま」, 2013/8/6

地頭藺隆, 土砂災害について, 南日本放送 MBC ニュースナウ, 2013/8/1

地頭藺隆, 気象災害に備える 2013, 読売新聞, 2013/7/29

地頭藺隆, 深層崩壊の予測研究, 読売新聞, 2013/7/4

地頭藺隆, 鹿児島防災シンポジウム, NHK, 2013/6/14, 南日本放送 2013/6/23, 南日本新聞, 2013/6/19

地頭藺隆, 深層崩壊 地下水で予測, 毎日新聞, 2013/1/28

地頭藺隆, 深層崩壊の予測, 南日本新聞, 2012/7/28

地頭藺隆, 深層崩壊, 南日本新聞, 2011/10/19

6. 研究組織

(1) 研究代表者

地頭藺 隆 (JITOUSONO, Takashi)

鹿児島大学・農学部・教授

研究者番号: 50145455

(2) 研究分担者

寺本 行芳 (TERAMOTO, Yukiyoshi)

鹿児島大学・農学部・准教授

研究者番号: 10301392

清水 收 (SHIMIZU, Osamu)

宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号: 20178966