



広島大学防災・減災研究センター
Resilience Research Center
Hiroshima University

「ががら山」実証実験プロジェクト — 土石流等の発生メカニズムの解明と早期予測につなげるために — 広島大学 防災・減災研究センター長 海堀正博

<崩壊・土石流等の発生メカニズム解明のために>

山の斜面でパイピングが起きていることは、しばしば調査等で指摘されているが、豪雨の停止後も数時間から数日間も水の湧き出しが続き、しかもそれが尾根や稜線近くから起きているメカニズムについてはよくわかっていない(右写真参照)。豪雨の際に地形上の流域を越えて岩盤内部の地下水圧が急激に高まり噴き出すことにより崩壊・土石流等の発生に寄与している可能性がある。



2010年7月16日広島県庄原豪雨での土石流等発生状況
(2010年7月18日海堀撮影)



ががら山の周辺状況

(2019年2月15日取得のGoogle Earth画像に文字等を加筆)

<早期予測につなげるとともに地域の防災教育等の場として>

大学の敷地内にある「ががら山」やその周辺でもこれまでの豪雨によって何度も崩壊・土石流等が発生している(左図参照)。そこでここをフィールドとして新たな予測技術の開発の研究を進めることにした。2019年度にはクラウド・ファンディングにより基金を集め、2020年度には山頂付近で深度の違う調査用ボーリングを2本準備し、2021年度から岩盤内の水位・水圧・水温・水質等についての観測を表層土壌層での水分量・サクション等の観測とともに進める。本センターのメンバーが中心となり研究の場として進めるだけでなく、地域の人々にも防災教育等の場として使ってもらう予定である。

ががら山実証実験プロジェクト 研究の背景



山頂や稜線近くから土石流等が集中的に発生しているが、あたかも地中から水が噴出することで起きているように見える。

さらに、土石流等が起きた後も、降雨が止んでいても、各所で湧水が続いており、その結果として、崩壊面上にパイピング穴とそこからの侵食痕跡であるリル・ガリが形成されている。

同様なメカニズムで起きたのではないかとと思われる箇所が至るところに見られる。

- 平成30年7月の西日本豪雨による集中的な土石流等の発生状況は、結果として甚大な被害に直結した
- 全国での犠牲者の過半数が広島県でのもの。土砂災害につながる土石流等の発生・流動・氾濫堆積に関する挙動の解明は喫緊の課題である
- 特に、土石流等の発生機構に関して稜線や山頂の近くの比較的緩い勾配の斜面から始まっているものも多い
- しかし、 20° 程度以下の緩勾配斜面が崩壊し土石流化するための不安定化要因は、単に表層土壌層が飽和するだけでは不十分で、崩壊・土石流等の発生を説明するための何らかの別の要因を考える必要がある
- そこで、異常豪雨時に岩盤内からの地下水圧の高まりによる噴出水が発生に寄与するとの仮説を立てた

本岳(一番下)・前平山(その上)・虚空蔵山(中央上)の土石流の発生状況

(Google Earth20180807画像より)



(東広島市黒瀬町と呉市安浦町境界付近を東向きに取り出したもの)

虚空蔵山

野呂川ダム

前平山

本岳

この画像の山々では、山頂や稜線
近くから放射状に湧き出すように、
土石流等が起きているように見える

ががら山も同じように土石流等が
発生しており、深層からの地下水の
影響があったのではと考えている

Image © 2020 Maxar Technologies

Google Earth

実証実験プロジェクトのメンバー

Hiroshima University

平成30年7月豪雨災害を踏まえ広島大学では、平成30年9月20日、防災・減災研究センターをスタートさせた。

〈本研究プロジェクトにおける目標〉

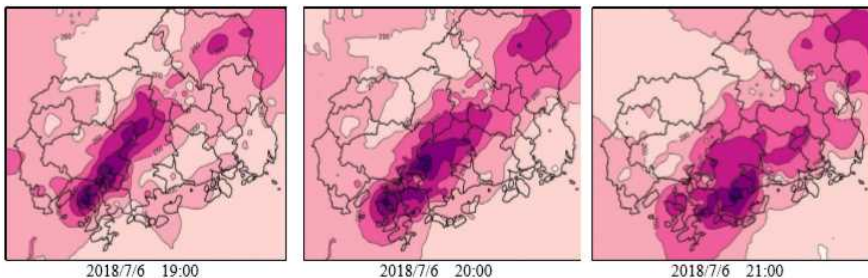
崩壊・土石流等の発生機構に深層の地下水(岩盤内の地下水)の変動が関係しているかどうかを明らかにすること

そのために、過去の豪雨で、実際に、山頂や稜線近くから崩壊や土石流等が集中発生している現地の地下の状況と、降雨と深層地下水位・水圧の応答関係を明らかにすること

降雨との間で強い関係が示せれば、崩壊・土石流等の発生につながる予兆として、地下水位・水圧変動が利用できるかもしれない

さらに、雨量データの利用の仕方を工夫することで、地下水位・水圧変動に代えられるかもしれない

また、関連の動きとして、地下水の噴出・湧出する際に、地表を押し上げるような変化が見られるかもしれない



2018年西日本豪雨災害におけるR'分布図

プロジェクトの主要メンバー



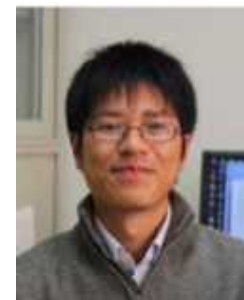
センター長 特任教授
海堀正博 (砂防工学)



センター特任教授
土田 孝 (地盤工学)



先進理工系科学研究科
准教授
内田龍彦 (河川工学)



先進理工系科学研究科
准教授
作野裕司 (リモセン)



先進理工系科学研究科
准教授
長谷川祐治 (砂防工学)



先進理工系科学研究科
准教授
橋本涼太 (地盤工学)

プロジェクトの始動～ががら山山頂への観測孔設置

Hiroshima University



観測のためのボーリング作業

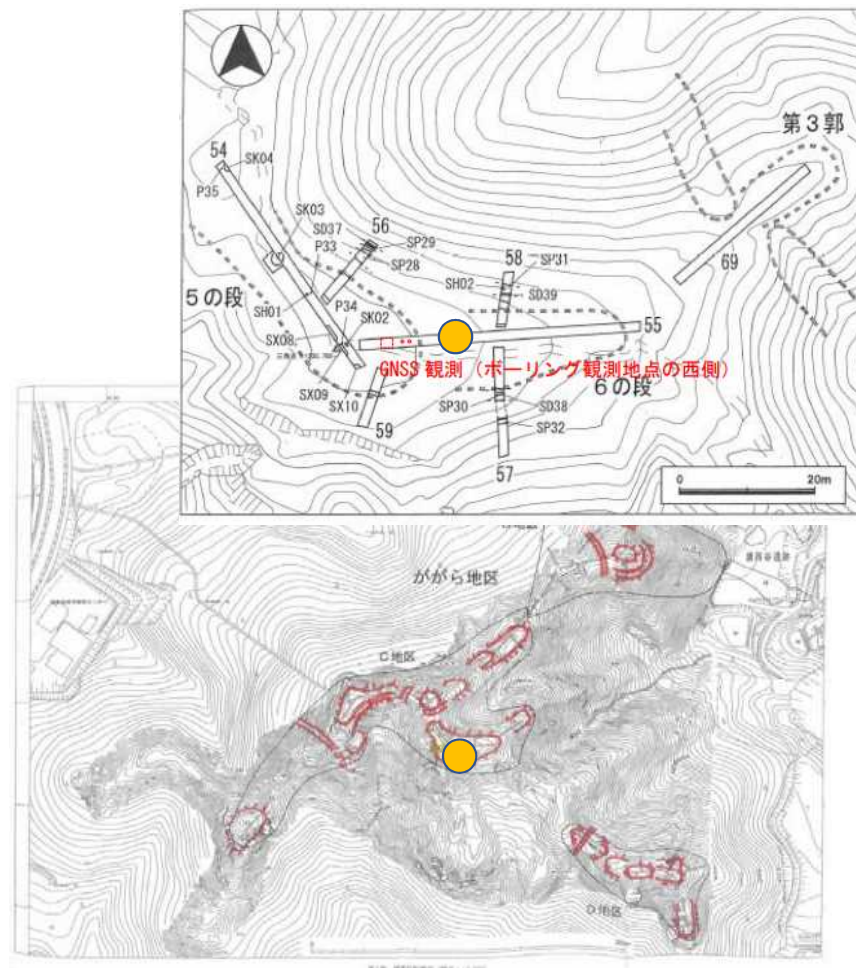
1本目深度27m
2本目深度50m



観測機器(水位・水圧計)の例

第1観測孔等の設置作業

令和2年11月27日～令和3年2月下旬



衛星測位システムの一例

令和2年度は、ががら山の山頂付近1か所に観測孔2本を設置する。その孔内で山体深層の地下水の水位・水圧・水温・水質等についての観測を行う。また、表層土壌層での水分量・サクション等の観測も進め、山中の水の動きを把握するシステムの開発に取り組む。

その他、山体地形の変化を計測できる衛星測位システムでの観測も試みる。

山頂付近でのボーリング調査と 観測体制の確立 (2020年度)

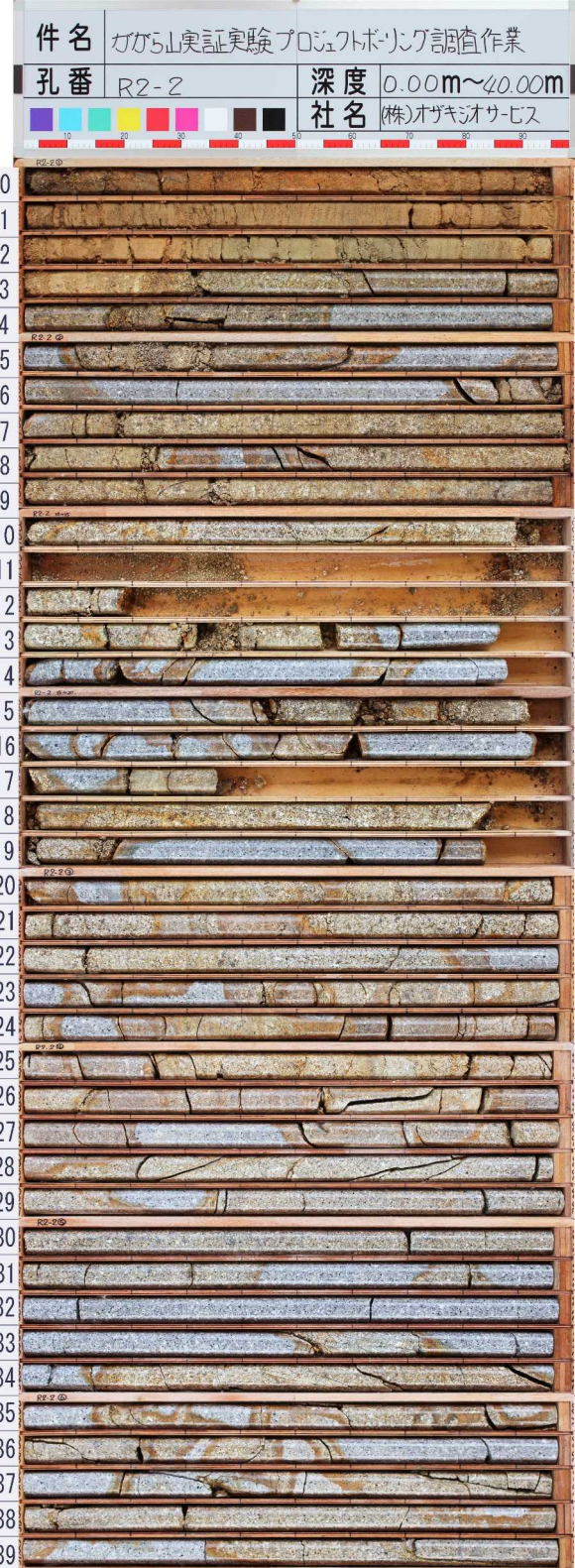


• 1本目はGL-26.7mまで掘削

この深さまでマサ化の進んでいる部分が見られること、割れ目の周辺や全体が褐色に酸化した状況のところもある。地下水の上昇・下降の影響にさらされている結果と思われる。

なお、このボーリングにおける2021年1月下旬以降2月5日夕方頃までの水位はGL-24m付近にある。

写真 GL-0.0m~26.7mのボーリングNo.1のコア



山頂付近でのボーリング調査と観測体制の確立 (2020年度)

• 2本目GL-50mまで掘削

2本目のボーリング孔は、1本目の隣に約3m離して掘削している。GL-25mより深い部分のコアは堅さの保たれた岩の状態のものが増えており、GL-30m以深になると、色についても新鮮な花崗岩の部分も出てくるようになった。

しかし、GL-40m付近までは所々に割れ目が見られ、そこに沿って酸化して褐色になった部分やマサ化して脆くなった状況も見られる。

ここには示さないが、GL-41m以深はほぼ新鮮な花崗岩を呈する状況になる。

なお、このボーリングにおいても2021年1月下旬以降2月5日夕方頃までの水位はGL-24m付近にある。

写真 GL-0.0m~40.0mのボーリングNo.2のコア

2021年度の予定

- 山頂付近のボーリング孔内で、深層地下水の水位・水圧・水温・水質等を観測し、降雨との応答関係について把握する
- 第2カ所目として、常に湧水のある中腹付近でもボーリング調査を実施し、孔内地下水水位等の観測を行う
- 表層土壌層中の水分量や水位変化と降雨との関係も観測できるようにし、深層地下水との関係を明確化する
- 斜面の中に見られる湧水箇所等における湧水状況変化の観測体制の確立をめざす
- また、山体深層からの地下水水位・水圧上昇に伴う山体地表部の膨れ上がりの可能性についても観測調査のできる体制を確立する

2022年度以降の計画

- ががら山での観測の継続、および、ががら山以外の調査観測地の設定とその後の数年間の観測の可能性を模索する
- この結果、土石流等の集中発生メカニズムの解明だけでなく、降雨状況と山体内地下水・表層土壌層内地中水のリアルタイムの挙動から、崩壊や土石流等の発生につながる斜面の異常やその治まりなどが把握でき、避難につながる情報の発令や解除の根拠に貢献できる
- 土砂生産の経時的な進展状況、最終的な生産土砂量・流出土砂量の把握等につなげ、砂防施設の適切な規模・配置等を検討するための基礎的なデータの収集にも貢献できる

現在運用されている土砂災害警戒情報や 崩壊・土石流等の発生予測手法の課題

- 災害になるかもしれないような大雨時の2-3時間先の予測の精度が、その量や位置情報ともまだまだ不正確。近い将来に、250mメッシュや小流域単位で5時間先までを10分ごとにその危険度を示せるような状況になるとは思えない。
- 地点ごとの崩壊・土石流等の発生素因については、必ずしもずっとこの先も一定ではなく、何らかの外的要因(大雨や地震動ほか)により変化する。その影響の出方も不均質で、可逆的なものもあれば、不可逆的なものもある。
- 降雨の影響が真下の地表だけでなく、地上にある工作物(道路や水路ほか)を通じて、また、地中(表層土壌層や風化岩盤の中)に浸透するなどして、**地表の流域界を越えて特定の斜面に影響する場合も多い。**
- 近年の豪雨が、その強さも量も増加傾向にあることから、**斜面勾配が20°程度以下であっても崩壊・土石流等の発生開始場所となる場合が増えてきた。**
- 降雨停止後も、斜面からの湧水が継続することで発生に至る土砂移動現象もあり、その危険性を示すことができていない。

→ 「ががら山プロジェクト」では上記のうち太文字で示した課題に応えたい