

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04085

研究課題名（和文）土砂災害の前兆としてのニオイ発生メカニズムの解明とニオイ検知技術に関する研究

研究課題名（英文）Study on the odor generation mechanism as precursor of landslide disaster and the odor detection

研究代表者

土田 孝（Tsuchida, Takashi）

広島大学・防災・減災研究センター・特任教授

研究者番号：10344318

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：降雨が地盤に浸透する過程、下層から表層に地下水が供給される過程で、表層地盤のニオイを有する空隙空気が地表に放出される。ニオイ物質を混入した模型地盤を用いて、底部からの浸透実験と降雨浸透実験を行い、地表面でのニオイの発生を調べた。いずれの実験においても、地下水位の上昇と降雨浸透によって空隙空気が地表に放出される過程における地表面のニオイ強度の増加は非常に小さかった。一方、地下水位が地表面付近まで上昇するとニオイ物質を含む地下水の接近により地表面のニオイ強度は急激に増加した。土砂災害の前兆現象としてのニオイの発生は、ニオイ物質を含む地下水が地表近くに到達することで起こり得るといえる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ニオイの発生が土砂災害の前兆現象の一つであることはよく知られているが、その理由は解明されていない。地盤内に強いニオイが存在すること、土砂災害が発生するような豪雨では地表からの降雨浸透とともに、下の基盤層から表層地盤に上向きに地下水の浸透が発生していることが明らかになっている。この状況を模型地盤で実験することにより、ニオイを含む地下水の水位が上昇し地表面近くまで達するときに、地表面のニオイ強度が急増することを明らかにした。このことは地盤内の地下水位がきわめて高くなり力学的に土砂災害がきわめて発生しやすい状況でニオイが発生することを意味し、ニオイ発生が土砂災害の前兆となる有力な理由と考えられる。

研究成果の概要（英文）：During heavy rains, pore air in the surface soil is released to the surface due to the infiltration of rainfall from above into the ground and the supply of groundwater from the lower layer to the surface layer. When the pore air has a strong odor, this release will generate the odor on the ground surface. We made a model ground mixed with odorants, and conducted a water supply experiment from the bottom and a rainfall infiltration experiment while measuring the odor on the ground surface. In both experiments, there was little increase in odor intensity on the ground surface during the process of pore air being released to the ground surface. When the groundwater level rose near the ground surface, the odor intensity measured at the ground surface increased rapidly due to the approach of groundwater containing odorants. It can be said that the generation of odors as a precursor of landslide disasters can occur when groundwater containing odorous substances reaches the ground surface.

研究分野：地盤工学

キーワード：土砂災害 前兆現象 ニオイ 降雨浸透 地下水位

### 1. 研究開始当初の背景

土砂災害が発生する際の前兆現象には、地鳴り・山鳴り、転石のぶつかり合う音など音に関するもの、流水の濁り、河川水位の上昇あるいは激減など視覚によるものとともに異臭の発生が知られている。国土交通省が2004年と2005年に国内で発生した土砂災害土石流災害52、がけ崩れ12の前兆現象を収集・分析した結果によると、前兆現象154件中ニオイに関するものは6件約4%であった<sup>1)</sup>。ほとんどの前兆現象は災害との物理的な関連が容易に理解できるが、異臭が発生するメカニズムは物理的な説明がほとんどされておらず、経験的な防災知識として周知されていた。また、本研究を開始する2年前の2018年に発生した西日本豪雨災害（広島県内で土石流により87名が死亡）においても発災前に異臭を感じたという報告が多数あり<sup>2)</sup>、防災関係者のニオイに関する関心も高まっていた。

### 2. 研究の目的

本研究はニオイの発生と土砂災害の関係を明らかにすることにより災害研究にニオイという新たな視点からの知見を加えること、ニオイ検知技術を加えたモニタリングによる新たな土砂災害予知システムを構築することを目的として実施した。

### 3. 研究の方法

(1) 地盤内のニオイの調査と実用的なニオイの検知技術の検討：1999年、2018年に土石流が発生した広島大学がら山において地盤内のニオイを測定した。調査方法は、自然の山中の地盤の強度を測定する地盤調査機器である軽量動的コーン貫入試験を用い、地盤内の貫入抵抗を計測する際にできた貫入孔にニオイ計測器を挿入する方法を用いた。図1に地盤内のニオイ強度の測定方法を示す。図1(a)は、自然の山中において地盤の強度を測定するために使用される軽量動的コーン貫入試験機(LWDCPT)である<sup>2)</sup>。図のように、本機はハンマーでヘッドを打撃し、このときのヘッドの加速度計と巻取り式テープから求めた貫入量を用いて貫入抵抗値 $q_a$ を計算して貫入量 $d$ とともに表示・記録する。ニオイの測定は、所定の深度までLWDCPTで貫入試験を行い、その後ロッドを引き上げて、残った径約10mmの貫入孔に径5mmのテフロンチューブとアルミパイプを挿入し、ニオイ測定器（新コスモス電機株式会社XP-329IIIrを使用）でニオイの強さを測定した<sup>3)</sup>（図1(b)）。

(2) 表層地盤における地盤内水位の上昇および降雨浸透とニオイの発生に関する室内模型実験：土は土粒子と土粒子間の間隙によって構成されている。土の間隙には水あるいは空気が存在するが、全間隙体積中の水の体積の割合は飽和度と呼ばれている。表層地盤の飽和度は無降雨が続くと30~40%となっており、降雨が継続するときに、雨水が地盤内に浸透し地下水位を形成して空気を放出する過程は図2を用いて以下のように説明できる<sup>4)</sup>。

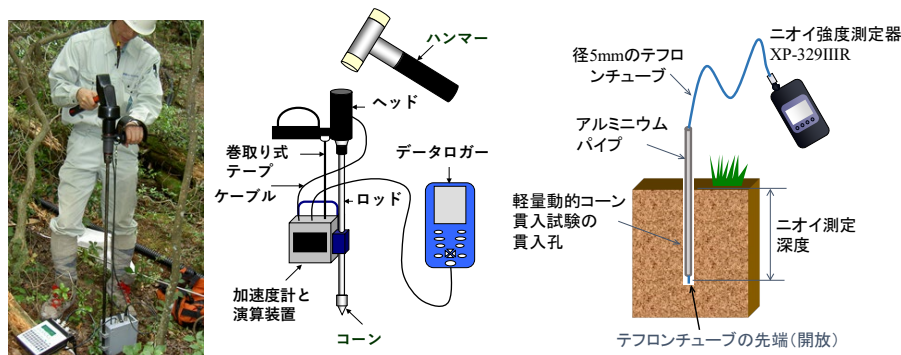
過程1：降雨強度 $R$  mm/hの降雨が地盤内に浸透し始めると、上層から順に地盤の含水比 $w$ が上昇し、同時に浸透した間隙水が下層へ浸透する速度を規定する透水係数 $k$ が上昇する。 $k$ が降雨強度 $R$ と一致すると、上層からの浸透による流入量と下層への流出量が等しい平衡状態となり、このときの含水比と平衡状態になった土層を、それぞれ平衡含水比 $w_{EQ}$ 、平衡含水比帯と称することにす。  $w_{EQ}$ は降雨強度 $R$ が大きいほど大きい。

過程2：表層で形成された平衡含水比帯は含水比 $w_{EQ}$ を一定に保ちながら下層に向かって拡がっていく。この過程で水と置き換わった間隙の空気は上昇し、地表面から放出される。

過程3：平衡含水比帯の下端が基盤（不透水層）に到達すると、間隙水は下に浸透できず間隙中に残っていた空気を追い出して飽和帯を形成する。飽和帯の上端が地下水位である。

過程4：基盤から上層に向かって飽和帯すなわち地下水位が上昇し、残留していた空気は追い出されて地表面から放出される。斜面は地下水位の上昇にもなって崩壊リスクが高まる。

近年、表層の下にある帯水層あるいは基盤層から上向きに地下水が浸透する現象が起こって



(a) 軽量動的コーン貫入試験機(LWDCPT)<sup>2)</sup> (b) LWDCPTの貫入孔を用いたニオイ強度の測定

図1 地盤内のニオイ強度の測定方法

いることがわかってきた<sup>5)</sup>。図3は、小橋らが広島市安佐北区可部町の高松山で2018年7月の西日本豪雨時に観測した結果である<sup>5)</sup>。図中に地盤内の地下水位と深度30, 60, 90 cmで測定した水温を示すが、強い降雨がいったん途切れた直後の7月6日19時20分からの110分間で地下水位が-0.91 mから-0.6 mまで急上昇した。地下水位の上昇から40分後の20時に深度90 cmでの水温が急激に低下し、20時50分からは深度60 cmの水温が急激に低下した。これら深部からの水温低下は明らかに表層の下部にある基盤層から上向きに地下水が浸透したことを示している。

強いニオイを有する物質を混合した土を含む模型地盤を作成し、底部から水を浸透させたときの地盤表面のニオイ強度を測定した。図4に実験装置を示すが、内径30cm、高さ20cmの円筒形の土槽内に、ニオイ物質を混合した土を含む高さ10cmの模型地盤を作成した。土槽底部のポーラストーンから水を供給し土層内の水位を上昇させ、地表中央から2.0cmの位置でニオイ強度を測定した。実験に使用した土は、広島大学構内のががら山で採取した平均粒径0.90mm、細粒分8.7%のまさ土(間隙比0.90, 飽和度30%に調整)である。ニオイ物質を混合した土層は、まさ土に市販のキムチ400gを混合し層厚が5cmになるように作成し、そのニオイ強度は380であった。

降雨が継続して雨水が浸透する過程でのニオイの発生を調べることを目的とした降雨浸透実験を行った。図5に実験装置を示すが、径30cm、高さ1mの亚克力製土槽の底に高さ3cmのニオイ物質を入れ、ニオイ物質の上に豊浦砂で厚さ97cmの模型地盤を5cmずつ20層に分けて間隙比が0.75~0.80となるように締め固めて作成した。模型地盤の上部に空気圧と水圧を調整してノズルから細かい水滴を噴射する室内降雨発生装置を設置した。模型地盤内にはプロファイル式土壌水分計を設置し、深度10cm, 20cm, 30cm, 50cm, 90cmにおける体積含水率を測定した。ニオイ測定器は、吸引用テフロンチューブの先端が模型地盤表面の中心から2cmの高さにくるように設置した。底部のニオイ物質として、高吸水性ポリマーとアロマオイルを配合したゼリー状芳香剤と活性汚泥で発酵させた米ぬかを用いた。それぞれのニオイ強度はゼリー状芳香剤868, 米ぬか631であった。

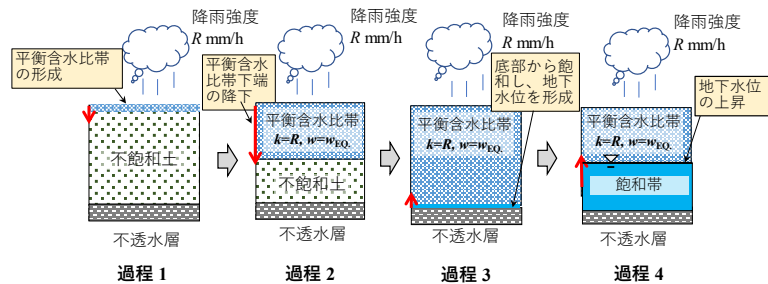


図2 降雨時に雨水が地盤内に浸透し地下水位を形成する過程<sup>4)</sup>

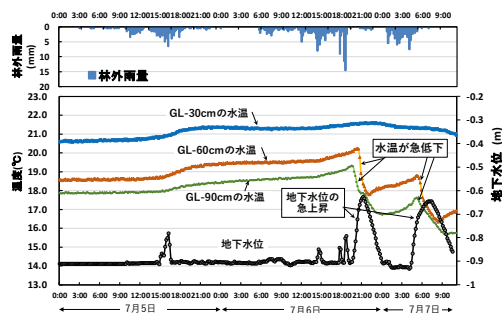


図3 斜面の林地で観測された降雨量と土中水の温度の関係<sup>6)</sup>

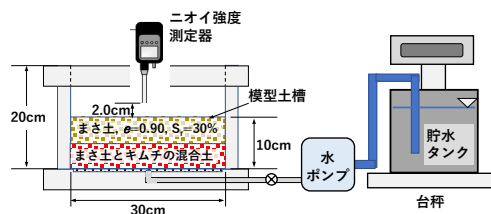


図4 ニオイ物質を含む地盤の底部からの浸透実験

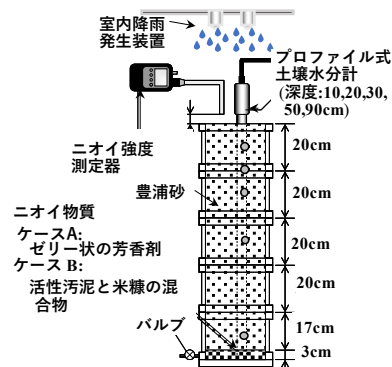


図5 降雨浸透過程のニオイ検知実験装置

(3)土石流危険渓流における長期モニタリングの実施と技術開発：住宅地を対象とし住民の早期避難、緊急避難に資する観測システムシステムの要件として以下が挙げられる。

- ・ 厳しい自然条件において安定して長期間計測できる必要がある、特に降雨のシーズン中はバッテリー交換等の作業を避ける必要がある。
- ・ 中規模までの土石流等の流出に対して観測を継続できる頑丈さを有する。
- ・ 年単位の長期間の計測が前提であり、システムの安定性が高く維持費を低廉にする必要がある。

本研究では、地盤変位を計測するセンサーを用いて土石流危険渓流における長期モニタリング技術の検討を行った。図6は、傾斜計と治具を組み合わせたセンサーの構造と渓流に設置して変位を計測する状況である。長さ110cmの鋼製パイプに傾斜計を固定し、地盤内に80cm埋め込んだ。センサーは危険渓流における土石流の流路となる箇所および流路の山側に設置した。最小計測可能変位量は

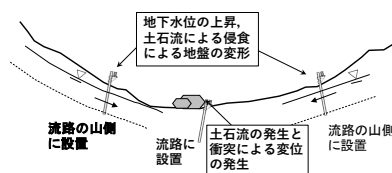
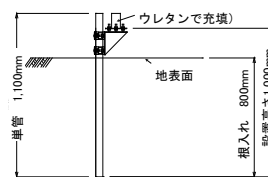


図6 地盤変位センサーの構造と設置位置

0.26mm, 計測範囲は±50cmである。2018年西日本豪雨災害の被災箇所である広島県熊野町川角地区大原ハイツの上の溪流にセンサー2台とデータ送信機1台を一組とする測点を5か所設置した。データの通信には低消費電力で広い範囲をカバーできるLPWA (Low Power Wide Area) のLoRa方式を採用した。図7は溪流内の地盤に設置した土石流センサーの状況である。



図7 地盤変位計測システムを設置した広島県熊野町の危険溪流(写真: 国土地理院)

#### 4. 研究成果

(1) 図8は広島大学構内ががら山の2地点で測定した貫入抵抗値 $q_d$ とニオイ強度である。ががら山は1999年と2018年に土石流災害が発生したが、いずれも人家から離れた個所であり、前兆現象としてのニオイは報告されていない。図のように、2点の地盤内にはニオイ強度が250~1000の強いニオイが分布していた。地点Fでは深度40cmのニオイ強度が155であったが深度1mでは676に増加するなど、深度によってニオイ強度が大きく変化した。図9は、広島県内で土石流災害があった箇所において地盤の深度30~50cmで測定したニオイ強度と採取した土の強熱減量(%)との関係であるが、両者には比較的良好な相関が見られた。強熱減量は土中の有機物量と強い相関性があるとされており、図9は地盤内の有機物とそれを分解する細菌類の存在がニオイの原因であることを示唆している。

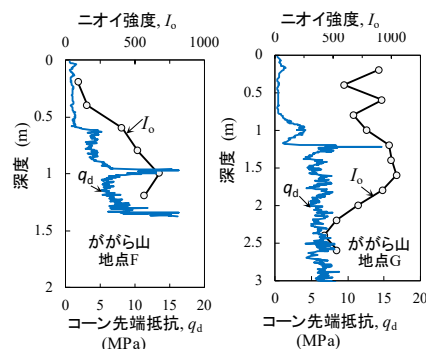


図8 地盤内のニオイの測定例

以上のように、地盤中の間隙空気中のニオイ強度を測定した結果、多くの箇所で高いニオイ強度が計測された。土砂災害の前兆現象として知覚されるニオイの由来はこの地盤の内部に存在するニオイであると考えられる。

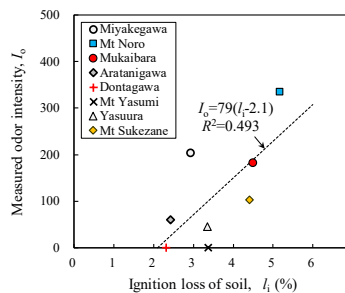


図9 ニオイ強度と強熱減量の関係

(2) 底部浸透実験における底部からの地下水位の高さと地表面でのニオイ強度の関係を図10に示す。底部から浸透を開始すると、地盤内の水位はほぼ一定の速度で上昇し約21分後に地表面に達した。この間、模型地盤の間隙中のニオイを含む空気は底部からの浸透水と置き換わって表層から排出されたはずであるが、水位が8cmに達するまでニオイ強度は平均43.6でほぼ一定であった。地盤内の水位が8cm以上になるとニオイ強度は急激に増加し、水位が地表に到達する直前に測定された最大ニオイ強度は184.0であった。図11は、実験室内の気流の影響を除去するため土槽の上部をビニールシートで覆った条件での結果である。浸透開始後ニオイ強度は71.0から一貫して増加し続け、ニオイ強度の急増が始まる時には114.0であった。これは、底部からの浸透と地下水上昇によって置換され表層から放出された間隙空気によるニオイ強度の増加と推測される。図10の実験では土槽上部が解放されていたため試験室内の気流の影響でニオイが希釈され、地表面でニオイ強度の増加が計測されなかったと考えられる。図11で地下水位が9cmに達したときにニオイ強度が急激に増加する傾向は図10と同様であるが、この原因は土層表面から2.0cmの高さにあるニオイ強度測定器が、ニオイ物質を含む間隙水のニオイを検知したためと考えられる。本実験の結果は、強いニオイ発生の主たる原因が、ニオイを含む間隙空気ではなく、ニオイを含む地下水の地表への接近であることを示している。

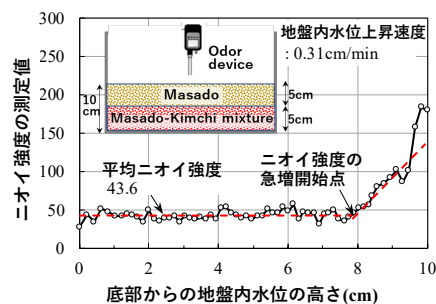


図10 底部浸透実験のニオイ強度と地盤内水位の関係(水位上昇0.31 cm/min)

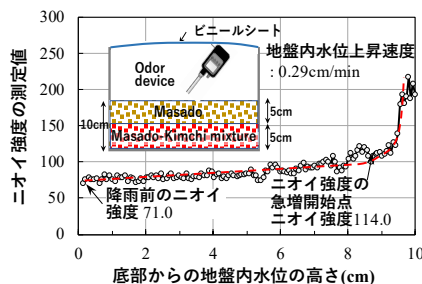


図11 底部浸透実験のニオイ強度と地盤内水位の関係(水位上昇0.29 cm/min)

模型地盤を作成してから24時間後に、降雨強度20mm/hの降雨を開始し、各深度における水分量と地表面のニオイ強度を測定した。ニオイ物質として芳香剤を使用した実験(ケースA)

では土層作成後の 24 時間で地表面のニオイ強度が 66 まで上昇していた。図 12 は、降雨開始後の時間に対する地盤の体積含水量の変化である。降雨開始から 30 分後に図 2 で説明した平衡含水帯 (EWCZ) が地表面近くに形成された。平衡含水比帯の下端は ほぼ一定の速度で下降し 120 分後には下端の深度が約 90 cm となった。その後、平衡含水比帯が土層底部 (97cm) に到達すると、底部から地盤の飽和が始まった。240 分には深度 90cm が飽和して自由水面が形成されたが、地下水水位 (自由水面の高さ) はほぼ一定の割合で上昇し、720 分で深さ 10 cm に達して、最終的に地下水水位が地表面近くに達した。

図 13 は降雨時間と各深度の飽和度、地表面ニオイ強度の関係である。降雨開始直後にニオイ成分が雨水に吸収されてニオイ強度が 0 に低下し、その後変化しなかった。ニオイ強度は地下水水位が地表近くまで到達したときに急増し最終的には 160.0 になった。降雨浸透実験でも底部浸透実験と同様にニオイ強度の急増は、浸透時の間隙空気放出ではなく、ニオイ物質を含む地下水が地表面付近に達したことによるものと推測された。

以上より、土砂災害の前兆現象としてのニオイの発生は、雨水の浸透と底部からの地下水の浸透によりニオイ物質を含む地下水の水位が地表近くに達したことで起こり得るといえる。

(4) 土砂災害警戒区域内にある住宅地の防災を目的として、土石流危険渓流に設置する地盤変位センサーと計測システムを開発した。開発したセンサーを、2018 年に土石流が発生した広島県熊野町川角地区大原ハイツ上流の渓流内の 5 か所に設置し、地盤変位の観測を約 3 年間実施した。測点 1, 3 のセンサーの日変位を、雨量計による日降雨量とともに図 14 に示した。計測中の最大の雨量は 2022 年 7 月の 322mm であったが、有意な地盤変位は観察されなかった。豪雨後の調査で、渓流内で土砂流出が発生しておらず観測が渓流の状態を反映していたことを確認した。3 年間において大きな問題は図 14 に示しているが、間欠的に発生する欠測であった。この原因は、第一に樹木に設置した送信機と渓流下の住宅地に設置した受信機の通信不調であり、安価な LoRa 方式の通信の課題といえる。第二の原因はバッテリーの電圧低下による不調であった。この点を改善するため、受信機と送信機を、ゲートウェイおよび新たに開発した IoT デバイスとにそれぞれ交換した。さらにバッテリーに替えて送信機の箱に取り付けた小型ソーラーパネルを電源とすることで欠測の頻度は大幅に減少した。以上の知見は今後ニオイセンサーを用いた土石流の危険余地に活用できる。

#### <引用文献>

- 1) 国土交通省砂防部 (2006), 土砂災害警戒避難に関わる土砂災害前兆情報の活用の方について, [http://wwzu.mlit.go.jp/river/sabo/kondankai/zencho/060331\\_s1.pdf](http://wwzu.mlit.go.jp/river/sabo/kondankai/zencho/060331_s1.pdf). (2023 年 5 月 11 日確認)
- 2) Athapaththu A.M.R.G., Tsuchida T., Kano S. (2014), New geotechnical method for natural slope exploration and analysis, *Natural Hazards*, No.75, pp.1327-1348.
- 3) 土田孝・由利厚樹・加納誠二・中藪恭介・矢葺健太郎・花岡尚・川端昇一 (2013), 地盤内における強度と斜面崩壊時の発生に関する一考察, 地盤工学ジャーナル, Vol.8, No.2, pp.339-348.
- 4) Tsuchida T., Athapaththu A.M.R.G., Kawabata S., Kano S., Hanaoka T., Yuri H. (2014), An individual landslide hazard assessment of natural valleys and slopes based on geotechnical investigation and analysis, *Soils and Foundations*, Vol.54, Issue 4, 2014, pp.806-819.
- 5) Tsuchida T., Moriwaki T., Nakai S., Athapaththu AMRG (2019), Investigation of multiple slope failures and debris flows of 2014 Disaster in Hiroshima, Japan, *Soils and Foundations*, Vol.59, Issue 4, pp.1085-1102.
- 6) 小橋力也・北真人・内田龍彦・梶昭仁・宮田英樹・河原能久(2019), 土石流危険度予測のための源頭部における豪雨時の雨水浸透過程に関する研究, 河川技術論文集, 第 25 巻, pp.669-674.

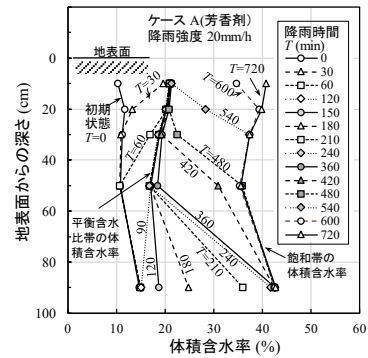


図 12 降雨浸透実験における各深度の体積含水率の変化

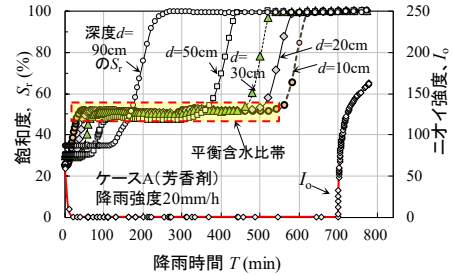


図 13 5 か所の深度における飽和度および地表面ニオイ強度と降雨時間の関係 (ケース A)

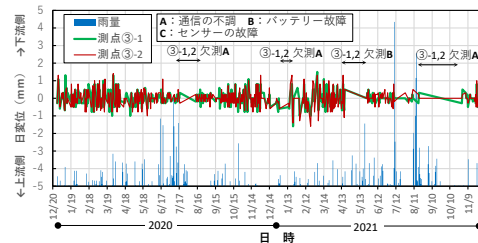
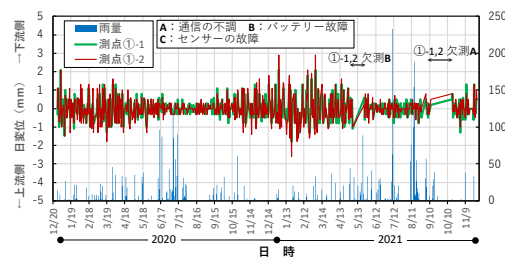


図 14 測点 1,2,3 の日変位と日降雨量 (2020 年 1 月から 2021 年 11 月)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Takashi Tsuchida, Shohei Dohi and Kyosuke Nakayabu	4. 巻 25
2. 論文標題 Study on the occurrence of odors as precursors of landslide disasters related to the rainwater infiltration process	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of GEOMATE	6. 最初と最後の頁 149-157
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.21660/2023.107.3836	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 土田孝，中井真司，高山陶子，中藪恭介，原田隆弘，塚本峻一，筒井駿吾	4. 巻 39
2. 論文標題 3D点群データとAI技術による斜面崩壊リスクの把握手法	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 地盤と建設	6. 最初と最後の頁 43-56
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 土田孝，大町正和，橋本涼太，梅本秀二	4. 巻 26
2. 論文標題 住宅地に隣接した土石流危険渓流のセンシング	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 EICA，環境システム計測制御学会誌	6. 最初と最後の頁 54-59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 土田孝	4. 巻 142-1
2. 論文標題 想定外に直面するインフラと防災対策	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会誌	6. 最初と最後の頁 6-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hashimoto Ryota, Tsuchida Takashi, Moriwaki Takeo, Kano Seiji	4. 巻 60
2. 論文標題 Hiroshima Prefecture geo-disasters due to Western Japan Torrential rainfall in July 2018	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 283 ~ 299
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2019.11.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 土田孝, 橋本涼太, 大町正和, 梅本秀二	4. 巻 -
2. 論文標題 住宅地の土石流対策のための傾斜計を用いたセンサーによる危険渓流監視システムの現地試験	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第10回土砂災害に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 91 ~ 96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 土田孝, 橋本涼太, 内田隆彦, 山中勝司, 和泉公明, 川崎梨江	4. 巻 -
2. 論文標題 西日本豪雨災害の体験に基づいた豪雨時土砂災害避難体験VRの開発と防災教育への適用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第10回土砂災害に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 163 ~ 168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 土田孝・橋本涼太・大町正和・梅本秀二	4. 巻 38
2. 論文標題 土石流災害を対象としたワイヤレスセンサーを用いた渓流監視システムの開発	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地盤と建設	6. 最初と最後の頁 77 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 福田直三, 土田孝, 猪股雅美, 川崎梨江, 山土博三, 坂手顕介	4. 巻 -
2. 論文標題 018.7豪雨被災経験を活かした防災マップ 東広島市高屋東小学校区の事例	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第10回土砂災害に関するシンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 181 ~ 186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 土田孝, 橋本涼太, 大町正和, 梅本秀二
2. 発表標題 住宅地・道路の防災のための土石流センサーの開発と溪流における実証試験
3. 学会等名 2022年度地盤工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土田 孝, 橋本 涼太, 内田 龍彦, 山中勝司, 和泉公明, 川崎梨江
2. 発表標題 豪雨時土砂災害避難体験VR による防災教育
3. 学会等名 日本災害情報学会第22 回学会大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	杉山 実  (Sugiyama Minoru)  (90463562)	日本工営株式会社中央研究所・中央研究所・専門部長   (92103)	2022年3月31日まで。

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件



8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------