

土砂・洪水氾濫による家屋被害の実態把握と地形分析

坂井佑介・山越隆雄・對馬美紗

1. はじめに

近年、気候変動の影響の顕在化により豪雨が激化・頻発化し、土砂・洪水氾濫が全国で多数発生している。土砂・洪水氾濫は、上流域で大量に生産された土砂が河道に供給され、下流域に流下して土砂や泥水が氾濫することから、広域に亘って甚大な被害を及ぼす現象である（写真-1、2）。また、河道が埋塞された場合は、大量の土砂を含む泥水が河道外を流下することから、家屋被害が生じるとともに、家屋流失が生じる場合には人的被害が生じることもある。また、家屋周辺で土砂が厚く堆積して早期の生活再建を困難にしている。

これまで国土技術政策総合研究所では、平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨、令和元年台風19号で発生した土砂・洪水氾濫の家屋被害について調査をしてきた^{1)~3)}。本研究では、異なる地域で発生した複数の土砂・洪水氾濫発生事例における家屋被害の実態を統一的に整理するとともに、家屋被害が発生した場所の地形を分析することにより、土砂・洪水氾濫による家屋被害の程度と地形との関係を明らかにするものである。

2. 調査概要

2.1 調査対象流域

本研究における調査対象流域は、近年、土砂・洪水氾濫が発生した災害において、現地調査において明らかに河道が埋塞されたことを確認した流域である、平成29年7月九州北部豪雨（以下「H29災害」という。）における筑後川水系支川の赤谷川・白木谷川・寒水川・北川（福岡県）、平成30年7月豪雨（以下「H30災害」という。）における大屋大川・天地川・総頭川（広島県）、令和元年台風19号（以下「R1災害」という。）における阿武隈川水系支川の内川支川五福谷川（宮城県）とした。それぞれの流域の諸元を表-1、位置を図-1に示す。



写真-1 土砂・洪水氾濫による被害状況
(宮城県伊具郡丸森町五福谷川 2019年10月17日撮影)



写真-2 土砂・洪水氾濫による被害状況
(広島県呉市大屋大川 2018年7月19日撮影)

2.2 家屋被害実態調査

被害実態の調査は、調査対象流域内において、河道から離れた高台など、明らかに土砂・洪水氾濫被害を受けないと考えられる土地の上に建つ家屋を除き全ての家屋を対象とした。

家屋被害は、主に災害発生直後にヘリコプターやUAVにより撮影された写真・動画、災害発生前後のオルソ画像（国土地理院提供）を用いて把握し、一部地域では補足的に現地調査を実施した。家屋被害の把握に用いた資料の一覧を表-2に示す。

表-1 調査対象流域の諸元

災害名	河川名	流域面積(km ²)	平均流路勾配
平成29年7月九州北部豪雨	赤谷川	20.01	1/19
	白木谷川	3.45	1/13
	寒水川	3.17	1/10
	北川	6.98	1/26
平成30年7月豪雨	大屋大川	6.39	1/16
	天地川	3.63	1/11
	総頭川	4.63	1/13
令和元年台風19号	五福谷川	26.10	1/29

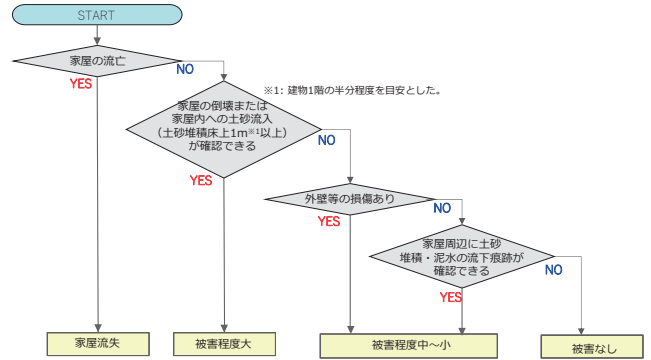


図-2 家屋被害の被害程度の判定フロー



図-1 調査対象流域の位置

を簡易化したものである。さらに、土砂・洪水氾濫による被害家屋の分布を把握するために、巨礫や土砂、流木の堆積状況をもとに、「土石流・崩壊等による被害」と「土砂・洪水氾濫による被害」に分類を行った。家屋被害実態調査の結果の例を図-3に示す。本研究では、このうち「土砂・洪水氾濫による被害」について分析する。分析対象となった全家屋数は、H29災害：2,862戸、H30災害：3,989戸、R1災害：247戸である。なお、家屋の住家・非住家の分類はしていない。

2.3 分析方法

家屋被害の発生場の地形を分析するため、地形の指標として、河道から家屋までの距離（以下「河道距離」という。）、河道と家屋の比高（以下

また、家屋の被害状況に応じて、図-2に示すフローに基づいて、被害程度（家屋流失、被害程度大、被害程度中～小、被害無し）の分類を行った。図-2のフローは、広範囲をヘリコプターやUAVにより撮影された写真・動画等から判定すること目的として、国土技術政策総合研究所⁴⁾や小松ら⁵⁾で使用されている現地調査に基づく分類フロー

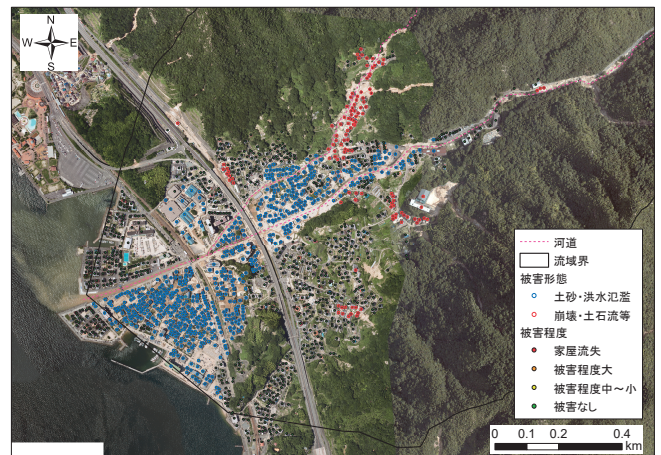


図-3 家屋被害実態調査の結果例

表-2 家屋被害の把握に用いた資料

種別	H29災害		H30災害		R1災害	
	作成機関	撮影時期	作成機関	撮影時期	作成機関	撮影時期
災害後 オルソ画像	国土地理院	H29.7.13, 7.31	国土地理院	H30.7.9, 7.11	国土地理院	R1.10.20
災害前 オルソ画像・衛星画像	国土地理院※1	2007年以降	国土地理院※1	2007年以降	GoogleEarth※2	H30.10.21
ヘリ撮影写真・動画	国際航業・パスコ共同撮影	H29.7.7~7.13	国土交通省	H30.7.9, 7.10	国土交通省	R1.10.13, 10.17, 10.20
			広島県	H30.7.7		
UAV撮影写真・動画	国土地理院	H29.7.7~7.8	国際航業・パスコ共同撮影	H30.7.9	国土交通省	R1.10.18
			国土交通省	H30.7.26~7.28		

※1：地理院地図による公開データを使用（空中写真・衛星画像2007年～）
 ※2：GoogleEarthの衛星画像で確認

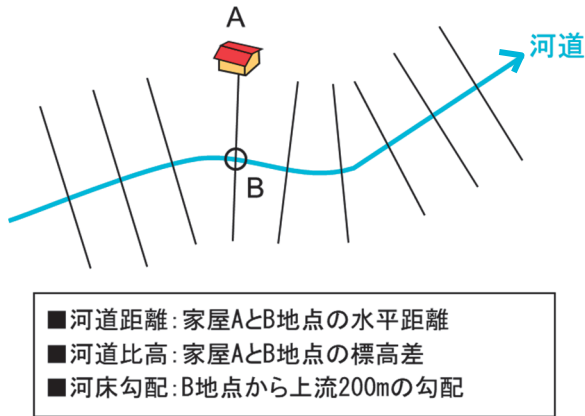


図-4 地形指標の計測イメージ

「河道比高」という。) 河床勾配をGISによって計測した。計測手法のイメージを図-4に示す。

まず、災害発生前に計測された航空レーザ測量データ(1mDEM)を基に、ArcGIS Desktop 10.7の水文解析ツールで河川ラスターを作成した上で、実際の河道と整合するように河道ラインを作成する。航空レーザ測量データは国土交通省、広島県が実施したものを使用している。そして、家屋から河道ラインに垂線を引き「直角する地点(図-4中のB)」を設定する。河床勾配はこの「直角する地点」から河道に沿った上流200mの勾配とした。また、河道距離は家屋と「直角する地点」の間の水平距離、河道比高は家屋と「直角する地点」の標高差とした。その上で、地形指標毎に家屋被害を調査した全家屋に対する被害程度の割合を整理することで、家屋被害の発生場の地形を分析する。

3. 調査結果

3.1 河道距離による整理結果(図-5)

全体的な傾向として、全ての災害で河道距離が小さくなるほど家屋流失・被害程度大・被害程度中～小を合わせた被害有り(以下、「被害有り」という。)の割合が増える傾向にある。また、被害程度大と家屋流失についても河道距離が小さくなるほど割合が増加する傾向が確認できる。

被害程度毎に発生・非発生の境界を確認すると、被害程度中～小は全ての災害で400m以上でも存在している。被害程度大について、H29災害では150m以下、H30災害では350m以下、R1災害では300m以下で発生しており、発生・非発生の境界は災害によって異なる。家屋流失について、

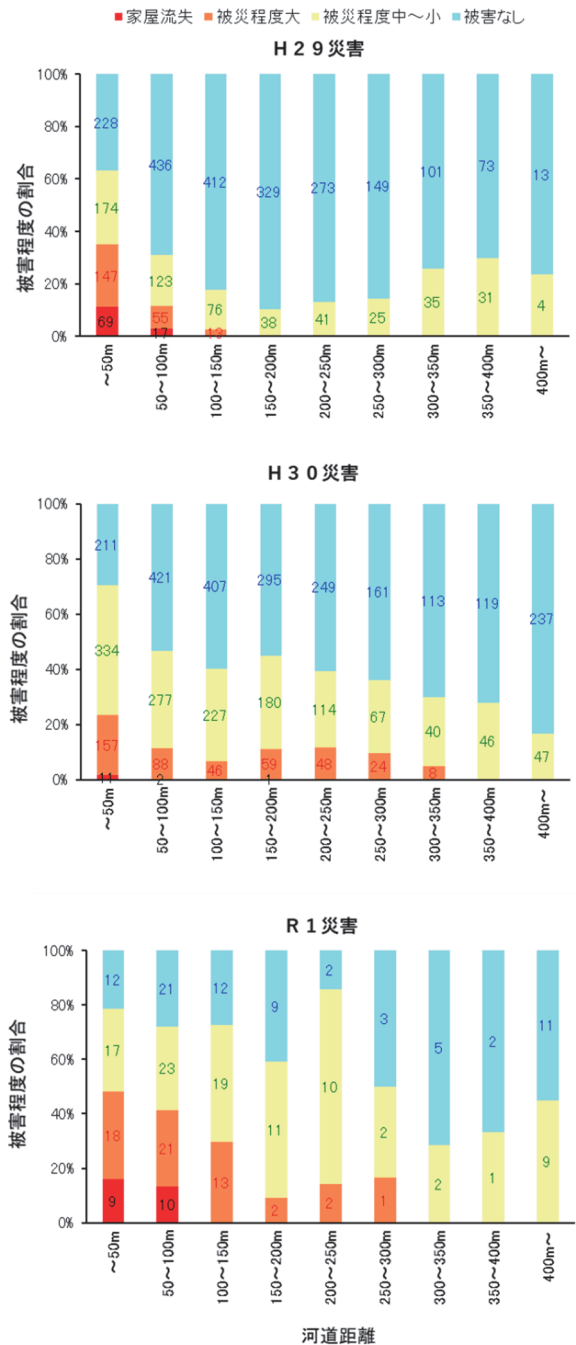


図-5 河道距離と被害程度の関係
(グラフ内の数字は戸数、青：被害なし、緑：被害程度中～小、茶：被害程度大、黒：家屋流失)

H29災害では100m以下、H30災害では200m以下、R1災害では100m以下で発生しており、H30災害の1事例を除くと100m以下で発生する結果となった。

3.2 河道比高による整理結果(図-6)

全体的な傾向として、H30災害では河道比高が小さくなるほど被害有りの割合が増加する傾向が見られ、H29災害及びR1災害では、3~4mで被害有りの割合が最も大きくなるなど、中間的な位

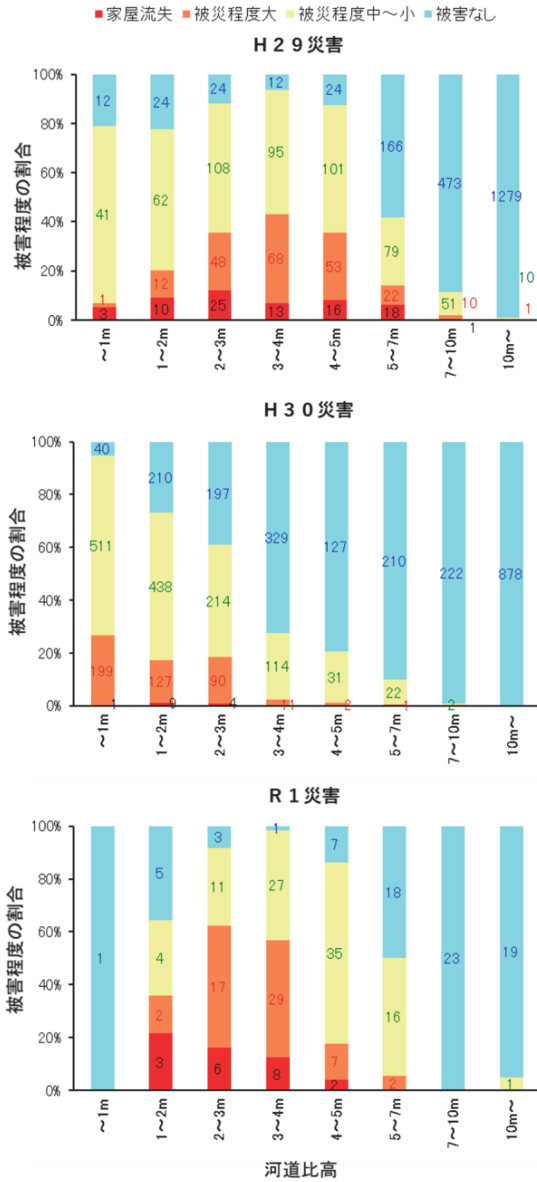


図-6 河道比高と被害程度の関係
(グラフ内の数字は戸数、青：被害なし、緑：被害程度中～小、茶：被害程度大、黒：家屋流失)

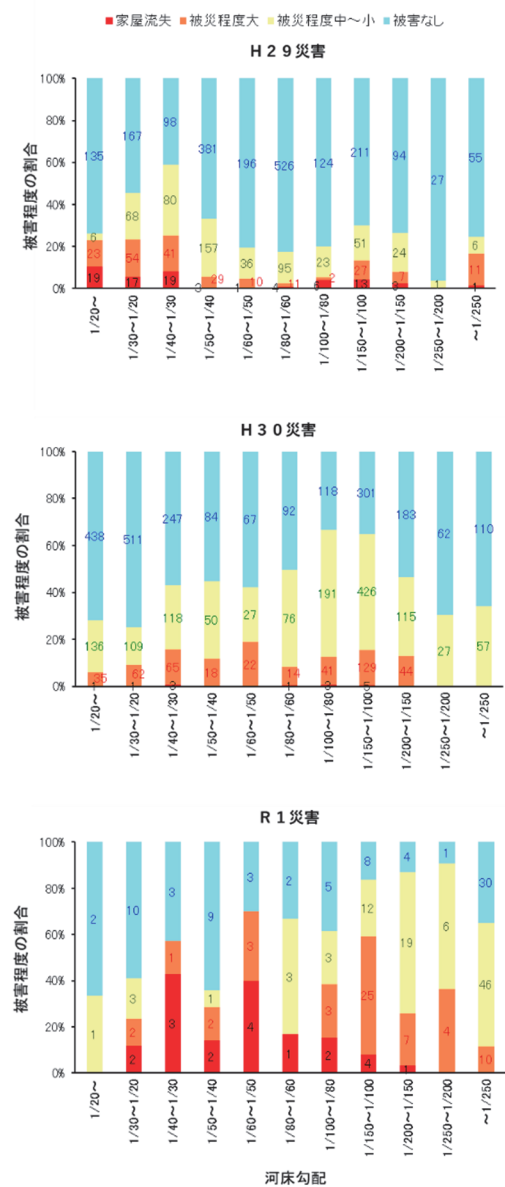


図-7 河床勾配と被害程度の関係
(グラフ内の数字は戸数、青：被害なし、緑：被害程度中～小、茶：被害程度大、黒：家屋流失)

置にピークが存在した。この傾向は被害程度毎でも概ね共通している。

発生・非発生の境界を確認すると、被害程度中～小について、H29災害及びR1災害では10m以上でも発生しているが、H30災害では10m以下で発生し、全体では概ね10m以下で発生する結果となった。被害程度大について、H29災害では10m以上でも発生しているが、H30災害及びR1災害では7m以下で発生し、H29災害の1事例を除くと10m以下で発生した。家屋流失について、H29災害では10m以下、H30災害では3m以下、R1災害では5m以下で発生しており、発生・非発生の境界は災害によって異なる。

3.3 河床勾配による整理結果 (図-7)

全体的な傾向として、河床勾配が急勾配になるほど被害有りが増加するような傾向は認められなかった。家屋流失については、H29災害では1/20～1/40、R1災害では1/30～1/60といった一定の範囲で割合が多くなる傾向となった。

発生・非発生の境界を確認すると、被害程度中～小は全ての災害で1/250より緩勾配でも存在している。被害程度大について、H29災害及びR1災害では1/250より緩勾配でも発生しているが、H30災害では1/200より急勾配で発生している。家屋流失について、H29災害では1/250以上でも発生しているが、H30災害では1/150、R1災害で

は1/200より急勾配で発生し、H29災害の1事例を除くと1/200より急勾配で発生する結果となった。

4. 考察

4.1 地形指標と被害程度との関係

河道距離については、被害程度大・家屋流失と河道距離との間に傾向が確認できた。また、家屋流失の発生・非発生の境界が1事例を除くと100m以下となっており、災害毎に類似していた。これは、河道に近いほど土砂を含む流速の速い流れとなり、被害程度が大きくなること等が影響していることが考えられる。一方で、被害程度中～小については傾向や発生・非発生の境界が確認できなかったことから、一旦氾濫すると河道の横断方向には広範囲に影響することが考えられる。

河道比高については、3事例中2事例で被害割合が中間的な位置でピークを示した。この要因として、災害前の河道と家屋との比高との関係が河道の埋塞によって変化した可能性が考えられる。また、被害程度中～小や被害程度大は、発生・非発生の境界が概ね10m以下で災害毎に類似していたことから、河道比高は土砂・洪水氾濫の影響が及ぶ範囲に直接関係している可能性が示唆される。

河床勾配については、被害程度中～小・被害程度大と河床勾配との間に明瞭な傾向は確認できなかった。これは、河道勾配が土砂・洪水氾濫の影響が及ぶ範囲を直接表していないため、値のばらつきが大きくなったことが考えられる。一方で、家屋流失は、発生・非発生の境界が1事例を除くと1/200より急勾配となっており、災害毎に類似していた。これは、家屋を流失させるために必要となる流体力との関係などが影響している可能性が考えられる。

このほか、河道距離と被害程度大、河道比高と家屋流失との関係について、発生・非発生の境界は確認できるものの、その値は災害毎に異なっていた。この要因として、災害が発生した流域の地形的特徴の違いが影響している可能性が考えられる。ただし、発生・非発生の境界は本研究における区分方法にも依存するため、例えば発生・非発生の境界が確認できなかった河道距離と被害程度中～小の割合の関係についても、河道距離の区分をより大きい範囲まで広げることで境界が確認で

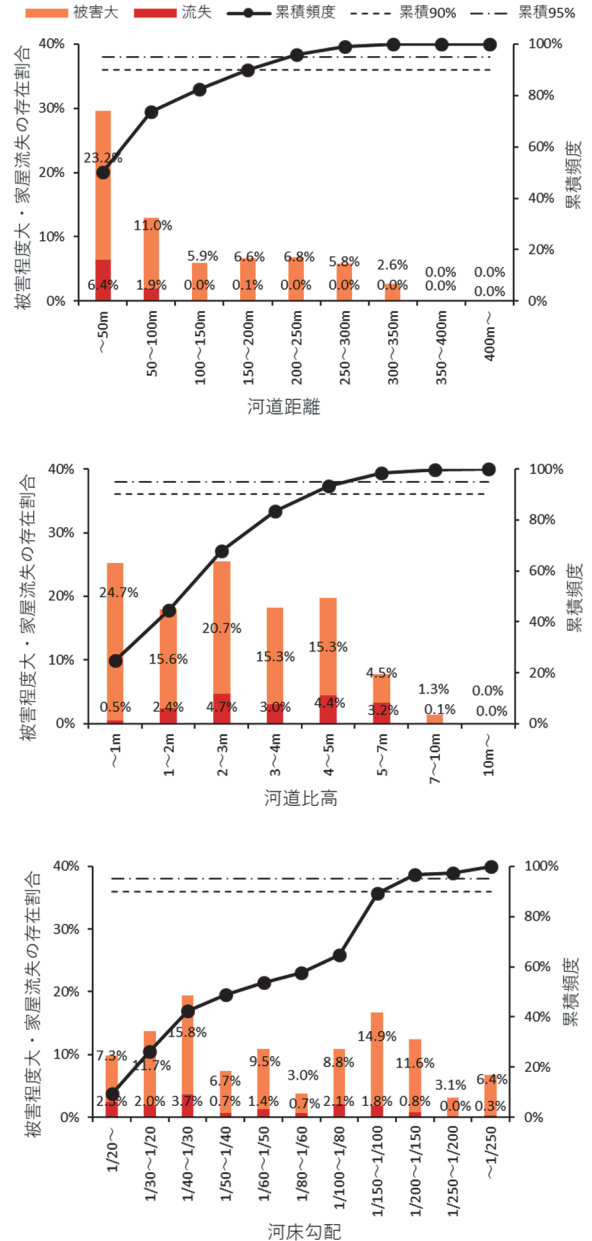


図-8 被害程度大及び家屋流失と地形指標との関係 (グラフ内の数字は存在割合)

きる可能性があることには留意が必要である。以上、近年の3つの災害事例を分析した結果から、本研究における地形指標の区分の中では、被害程度中～小から家屋流失までを含めた被害の有無を対象とする場合は河道比高、被害程度大を対象とする場合は河道距離・河道比高、家屋流失を対象とする場合は河道距離・河道比高・河床勾配が簡易的に被害の及ぶ範囲を想定する上で目安となる地形指標になるものと考えられる。一方で、一つの地形指標のみでは個々の家屋の被害程度を明確に区分できるものとはならず、より詳細な被害発生要因の分析や被害想定のためには河床変動計算等のより詳細な検討が必要であることもわ

かった。

4.2 被害程度大及び家屋流失となる地形指標

土砂・洪水氾濫による、特に甚大な被害が発生する地形を概查的に把握するため、全ての災害を対象として被害程度大及び家屋流失の地形指標毎の存在割合と累積頻度を整理した(図-8)。

河道距離について、100m以下で被害程度大及び家屋流失が明瞭に増加する。また、被害程度大及び家屋流失の90%は河道距離200m以下、95%は河道距離250m以下で発生していることがわかった。

河道比高について、5m以下では河道比高の大きさに関わらず同程度の割合で被害程度大及び家屋流失が発生している。また、被害程度大及び家屋流失の90%は河道比高5m以下、95%は河道比高7m以下で発生していることがわかった。

河床勾配については、1/250より緩い勾配でも被害程度大が発生しているが、家屋流失はH29災害における1戸を除き、1/200より緩い勾配では発生しなかった。被害大及び流失の90%及び95%は河床勾配1/200より急な場所で発生していることがわかった。

5. おわりに

本研究では、異なる地域で発生した複数の土砂・洪水氾濫発生事例における家屋被害の実態を整理するとともに、家屋被害が発生した場所の地形を分析した。この結果、家屋被害の程度と地形指標との関係を明らかにするとともに、特に、被害程度大や家屋流失が多く発生する地形指標を概略的に把握した。

一方で、被害の全体像を把握することに主眼を

置いたことから、各災害・流域における降雨状況や地形的特徴(谷底平野、扇状地等)は考慮されていない。また、土砂・洪水氾濫では、土砂の堆積による河床変動や滞筋の変化、流路の蛇行による側岸侵食等、多様な土砂移動プロセスを含んでいる。このことから、今後は、同様のデータを蓄積することと併せて、降雨状況や地形的特徴等を踏まえた分析や河床変動計算等の数値計算を用いた分析を行うことで、土砂・洪水氾濫による家屋被害の発生場をより詳細に分析していきたいと考えている。

謝 辞

本研究に係るデータを提供頂いた国土地理院、広島県、株式会社パスコ、国際航業株式会社の方々に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 澤村朱美ら：平成29年7月九州北部豪雨における土砂洪水氾濫による被災家屋の分布とその特徴、平成30年度砂防学会研究発表会概要集、pp.177～178、2018
- 2) 澤村朱美ら：平成30年7月豪雨の土砂・洪水氾濫による家屋被害範囲の地形的特徴、2019年度砂防学会研究発表会概要集、pp.435～436、2019
- 3) 澤村朱美ら：令和元年台風19号豪雨の土砂・洪水氾濫による家屋被害範囲の地形的特徴、2020年度砂防学会研究発表会概要集、pp.103～104、2020
- 4) 国土技術政策総合研究所・土木研究所：平成25年(2013年)台風26号伊豆大島土砂災害調査報告、国総研資料第875号、土木資料第4302号、pp.3-71～3-74、2015
- 5) 小松美緒ら：土石流の堆積深と家屋被害の程度の関係、砂防学会誌、Vol.72、No.4、pp.21～28、2019

坂井佑介



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室主任研究官
SAKAI Yusuke

山越隆雄



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室長
YAMAKOSHI Takao

對馬美紗



国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室交流研究員
TSUSHIMA Misa