

2019年長野県千曲川洪水氾濫を対象とした 家屋被害の調査報告と水害調査ガイドライン (案)の改善の提案

ON-SITE SURVEY FOR BUILDING DAMAGE DUE TO FLOOD INUNDATION
AT CHIKUMA RIVER IN NAGANO PREFECTURE IN 2019 AND PROPOSAL TO
IMPROVE GUIDELINES FOR FIELD SURVEY OF RIVER FLOOD DISASTER

八木隆聖¹・呉修一²・石川彰真¹
Ryuusei YAGI, Shuichi KURE and Shouma ISHIKAWA

¹学生会員 富山県立大学大学院 環境工学専攻 (〒939-3980 富山県射水市黒河5180)

²正会員 博士(工) 富山県立大学准教授 工学部環境・社会基盤工学科
(〒939-3980 富山県射水市黒河5180)

A heavy rainfall caused by Typhoon No. 19 resulted in flood inundation at the Chikuma River in Nagano Prefecture Japan on October 13, 2019. In particular, severe flood inundation damages at Hoyasu district along the Chikuma river were observed. In this paper, building damages in the district were focused and reported based on an on-site field survey conducted by the authors.

From the on-site survey results, it was found that highly damaged houses were observed along the two flow pathways in the inundation areas because of the local bathymetry and land surface roughness. Also, highly damaged houses were found around 350 m from the bank failure point. Finally, we proposed the middle-ranked damage classification in the guidelines for field survey of river flood disasters to improve the building damage survey results.

Key Words : flood disaster, guidelines, building damage, flood damage function, Chikuma river

1. はじめに

日本の各地で毎年のように洪水氾濫等の水害が発生している。2019年10月に発生した台風19号は、長野県、宮城県、福島県など多くの地域で豪雨災害を生じさせた。著者らのグループは、2015年9月関東・東北豪雨¹⁾、2016年岩手豪雨³⁾などでの豪雨災害後に、現地調査やその後の解析に従事している。2015年9月の関東・東北豪雨では、鬼怒川の堤防決壊に伴う家屋の流失や大規模損壊が多くみられた。洪水氾濫から人命を守るためには事前避難が重要であるが、河川氾濫などは避難場所に向かう際に被害が生じた事例も多数あるため、自宅に留まり2階などへの垂直避難が有効な場合もある。このような水平避難と垂直避難の判断を正確に行うためには洪水氾濫が生じた事例で、家屋の被害状況を十分に調査し水深、流速、流体力、家屋の種類、築年数等に応じて比較検討することが重要となる。

海岸工学の分野では、従来から津波被害関数を用いて、

津波の外力と家屋被害の分類を整理することが進められており⁴⁾、2011年の東北地方太平洋沖地震での津波被害を契機に多くのデータがまとめられている。しかしながら、洪水氾濫では、洪水被害関数に関して鈴木ら⁵⁾、久松ら⁶⁾の取り組みなどがあるが、まだまだデータの蓄積が少ないのが現状である。このような状況をふまえ、著者らのグループは水害調査のガイドラインの取りまとめを進めており^{7) 8)}、著者らの一人は、家屋被害調査の章を担当している。このようなガイドラインの策定、被害分類の公表により、洪水被害関数の蓄積が可能となり、水平・垂直避難の判断に資する情報を提供することが可能になると考えられる。実際に、洪水浸水想定区域図では、家屋倒壊等氾濫想定区域が明示されているが、これら区域をより正確に表現し、事前の水平避難へとつなげる事が重要となってくる。

本論文では、2019年10月の台風19号で生じた長野県千曲川の洪水氾濫を対象とし、長野市穂保地区の堤防決壊付近の家屋被害調査を行った結果を報告する。また、調査より明らかとなった被害分類結果などの知見より、水

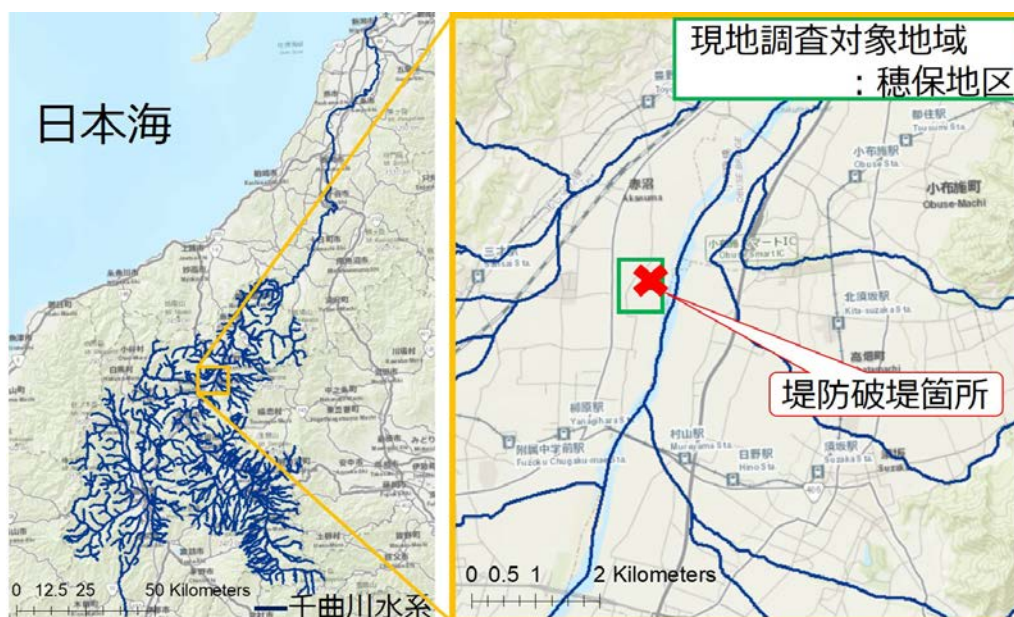


図-1 千曲川および穂保地区の位置関係

害調査ガイドライン（案）の家屋被害分類の改善を提案することを目的とする。

2. 千曲川と台風19号による被害の概要

台風19号により2019年10月11日から13日にかけて長野県の千曲川上流域で200～400 mmの降雨があり、千曲川で多くの堤防決壊・欠損などの被害が生じた。特に長野市の穂保地区では甚大な洪水氾濫が生じ、多くの家屋で浸水被害が生じた。本洪水氾濫により長野市で2名の死者が生じているが、死因は1階での溺死と水平避難時の溺死と想定されており⁹⁾、2階に垂直避難したが家屋の流失・大規模損壊などにより死亡した事例は現状では確認されていない。

千曲川は、信濃川水系で新潟・長野県境より上流が千曲川、下流が信濃川となる。千曲川の流域面積は、7,163 km²であり、直轄区間の流路延長は134.9 kmである。千曲川および穂保地区の位置関係を図-1に示す。千曲川は、山間狭窄部のせき上げによる洪水リスクが従来から指摘されており、実際に多くの洪水が発生している。平成のみでも、平成7年、10年、11年、16年、18年に洪水氾濫が生じている¹⁰⁾。

3. 家屋被害調査

2019年10月11日～13日の台風19号による千曲川での洪水氾濫発生後、10月17日、18日および11月2日、3日にわたり穂保地区を対象とし、洪水氾濫による家屋被害状況の調査を行った。被害調査は、著者らの一部が従来から



図-2 浸水深の調査の様子

提案している土木学会水工学委員会の水害調査ガイドライン（案）⁷⁾の家屋被害調査方法に基づき実施した。以下に調査手法の概要と今回の調査結果を記す。

(1) 調査手法

ガイドラインに基づき、千曲川の穂保地区の家屋被害に関して調査を行った。図-2に示すよう、浸水被害の生じた家屋に対して、居住者の許可を得たうえ、浸水深・床上浸水深の計測、侵食状況の判定などを実施し、家屋被害の分類を判断する。また、家屋被害状況の写真を、こちらも許可が得られれば、個人情報（表札や写真など）が写らないよう注意しつつ撮影した。被害状況を、ガイドラインより転載した表-1に示す家屋被害分類に基づき分類し、③の損壊大以上で水平避難が必要不可欠であった状況とする。

表-1 家屋被害分類の概要

参考写真	損害状況	損害の程度	浸水深の目安
	建物および基礎が流失 家屋周辺地盤の激しい洗掘	①流失 (基礎無し)	1階天井以上の浸水
	建物は流失するが基礎は残存	②流失 (基礎有り)	1階天井以上の浸水
	建物の傾斜 主要構造の破損 修繕なしに再居住不可 流失・全壊の恐れあり 家屋周辺地盤に洗掘あり 外観に穴等の大きな損壊あり	③損壊大	1階天井まで浸水
	床上浸水しているが流失・全壊の 恐れ無し 家屋周辺地盤に洗掘なし 外観にへこみや亀裂程度の小さな 損壊 修繕なしで再居住可	④損壊小	床上浸水
	浸水のみ 外観に損傷なし	⑤浸水のみ	床下浸水

既存の家屋被害分類調査票の代表的なものとして、国土交通省都市局¹¹⁾が東日本大震災の津波被害を対象として作成したものと、田中・重川¹²⁾がH23年新潟・福島豪雨の只見町被害を対象として作成した調査票が挙げられる。国土交通省都市局¹¹⁾は、被害を全壊（流失）、全壊（再利用困難）、全壊（1階天井以上浸水）、大規模半壊、半壊（床上浸水）、一部損壊（床下浸水）の6段階に分類することで津波における損壊状況調査を行っている。しかしながら、現地緊急水害調査の観点から考えた場合、全壊（再利用困難）と全壊（1階天井以上浸水）の判断が難しいのと、大規模半壊と半壊の相違が床上浸水深に基づいており外観から判断するのが難しいと考えられる。

このように表-1に示される分類は、外観の損傷程度から判断できる簡易なものとなっている。これは、水害調査現場で床上浸水深等を詳細に調べるのは時間的制約や被災者のプライバシー保護の観点から困難な場合が多いためである。

(2) 調査結果

調査の過程で、被害の大きかった公共施設の写真を一

例として図-3に示す。公共施設の位置は後述する図-4を参照されたい。個人家屋の被災写真の公表は、本論文では差し控えたい。このような被害写真からも当時の氾濫流の強さが感じられる。穂保地区の80棟を対象とした調査より明らかとなった家屋の被害状況の分布を図-4に示す。図-4に示されるよう、堤防決壊地点から350 m離れた地点でも損壊大の被害がある点は特筆すべきである。従来から河川堤防から300 mまでの範囲に避難勧告を出す市町が存在したが、河川の規模に応じて、見直しが必要となる。更に図に示すよう、氾濫流により200 m程度流出した家屋も存在するなど、今回の千曲川の堤防決壊によって生じた氾濫流の強さが感じ取れる。

重要な点として、図-4に示されるよう顕著な家屋被害は2方向に沿って生じていることがわかる。この2方向の流れはマスコミの多くの空撮動画などで実際に確認されている。これは、氾濫流が地形や家屋・植物群などの影響で、2方向に顕著な流れを示したものと推測される。図-5、6に家屋の被害状況と浸水深・床上浸水深の関係を示す。流失した家屋に対しては浸水深が測定できなかったため除外している。また浸水深の測定などの同意が得られなかった家屋も含まれていない。通常の浸水深



図-3 公共施設の被害状況の一例（左：体育館，右：公民館）

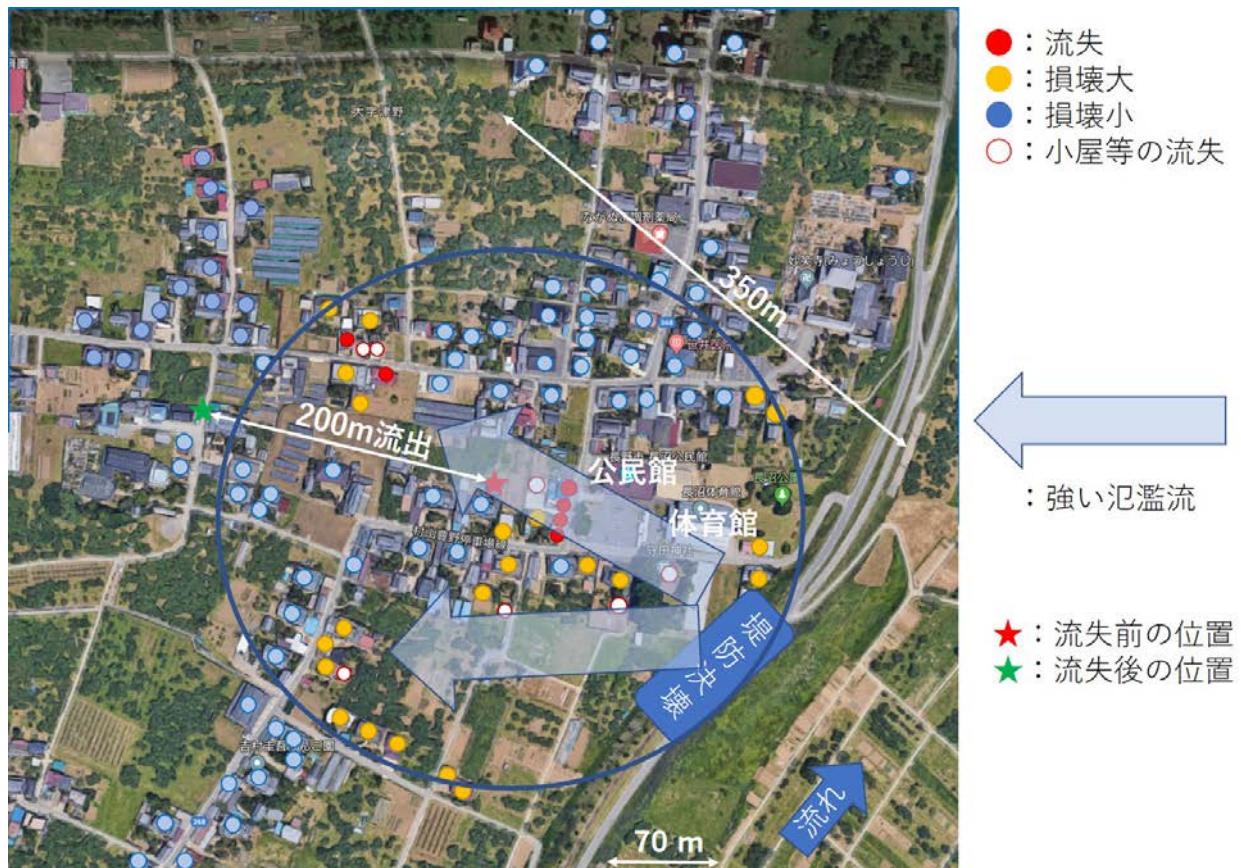


図-4 穂保地区における家屋被害の空間分布

のみならず床上浸水深も計測できたものが図-6であり、浸水深のみの図-5よりプロット数が減少している。浸水深からある程度の値（50 cmなど）を差し引いて床上浸水深とする場合もあるが、現場では氾濫流による土砂の堆積が顕著であったので床上浸水深を計測している。床上浸水深や浸水深の計測は現場では困難な場合があり、表-1に示すガイドラインの分類では浸水深の測定は不要で目視から判断できるようになっている。図より、損壊大の殆どは床上浸水深が大きいことがわかる。しかしながら、浸水深、床上浸水深が小さくても損壊大となった家屋も存在しており、当然ながら流速や流体力の影響と考えられる。今後は、氾濫解析を実施することで、家屋被害と流体力の関係を定量的に評価した家屋被害関数の作成を行う必要がある。また、氾濫解析でこの2方向の顕著な流れを表現可能かの検討も行う予定である。この

2方向の流れを表現するためには、詳細な地形データおよび地表面粗度係数、家屋の抗力なども評価する必要があるであろう。また、河川も多くの氾濫解析で実施されているような1次元の解析ではなく2次元で解析する必要の有無なども今後検証していく予定である。

4. 水害調査ガイドライン(案)の改善

図-4に示した被害分類結果では、多くの家屋が損壊小となっている。しかしながら、長野市役所が実施した罹災証明用の家屋被害調査では、一括判定が導入され対象地区の全てが全壊と判定されている。調査の目的は異なるが、同じ家屋被害で「損壊小」、「全壊」と調査結果が異なれば、被災者の実際の感覚・心情と相違が生じる

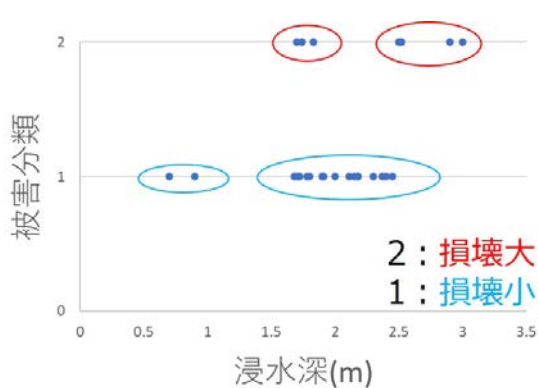


図-5 家屋の被害状況と浸水深の関係

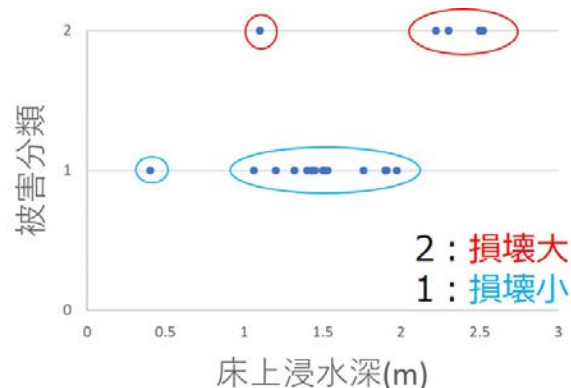


図-6 家屋の被害状況と床上浸水深の関係

可能性がある。今後、調査結果を公表した場合に被災者感情に悪影響をおよぼす可能性や、被災者感情を考慮して調査結果の公表を躊躇する可能性などが懸念される。

今回の調査では多くの家屋で高い床上浸水深を記録したが、1階天井までの浸水は確認されず外観の被害なども大きくないため、表-1に示される損壊大には判定されない。本研究で用いた水害調査ガイドライン（案）では、他の調査手法のように浸水深・床上浸水深を詳細に計測した細かい被害分類を行っていない。これは、調査が簡易かつ現場で床上浸水深などの測定を不要とすることも考慮しているためである。しかしながら、例えば堤防決壊位置が異なるなど、氾濫流況に差異が生じた場合は、今回の損壊小は、流失・全壊の恐れがあったとも考えられる。よって、もし床上浸水深などの計測が可能であった場合、表-1の分類に以下の「④損壊中」を含め、より詳細な被害分布を算出し示すことも可能となる。

- ・被害の程度：④損壊中
- ・浸水深の目安：床上1.0 m 以上 天井未満
- ・被害状況：損壊大ほどの被害はなく洗掘なども確認されないが、床上浸水深が深く、流況が異なれば損壊大や流失の恐れがあった。

浸水深の目安として床上1.0 m以上としたのは、図-6に示す今回の調査結果に基づいている。上記の分類を用いた場合、図-4の被害状況は図-7のように殆どの家屋で損壊小が損壊中となり、実際の感覚とより合致すると思われる。

しかしながら、上記は床上浸水深が計測できた場合のみに適用可能な改善案であり、基本的には目視のみでの対応を現段階では考えている。よって上記の分類ではなく、「損壊小」、「損壊大」の名称を「流失危険度小」、「流失危険度大」などに変更することを、まずは検討していきたい。このような議論も含め、今後もデータの蓄積と精査を通じ、水害調査ガイドライン（案）の改善が必要となる点は注意されたい。

5. まとめ

本論文では、2019年台風19号による千曲川での洪水氾濫を対象とし、長野市穂保地区で実施した家屋被害調査の結果を報告したものである。以下に現地調査より得られた知見を列挙する。

- 1) 穂保地区の堤防決壊付近の80棟を対象に家屋被害調査を行い、①流失、②損壊大、③損壊小で、家屋被害の状況を面的に詳細に評価することが出来た。
- 2) 堤防決壊箇所から約350 m離れた家屋でも、損壊大の被害があり流失の危険があった。また、氾濫流により200 m程度流失した家屋も存在することを明らかにした。
- 3) 顕著な家屋被害は、堤防決壊箇所から2方向に沿って生じていることが明らかとなった。これは氾濫流が氾濫域の微地形や家屋・植物群などの影響で、2方向に顕著な流れを示したためである。このように、浸水深のみではなく流速・流体力などを用いた詳細な評価が家屋被害のリスク評価には必要不可欠であることが再確認された。
- 4) 水害調査マニュアル（案）の家屋被害調査に関して、床上浸水深を計測可能であれば「損壊大」と「損壊小」の間である「損壊中」を導入することを提案した。これは、破堤条件の相違によっては十分に損壊大となる恐れがあった家屋が「損壊小」の状態で多数散見され、これらを実際に損壊小の家屋と比較し詳細な被害の空間分布として評価することが水平・垂直避難の議論にとって有益であると判断されるためである。

今後は洪水氾濫計算を実施することで、家屋被害と流体力の関係や上記の2方向の氾濫流の流れの再現などに取り組んでいく予定である。また、このような家屋被害、洪水被害関数のデータの蓄積は、まだまだ不十分であり、今後の蓄積が重要となってくる。

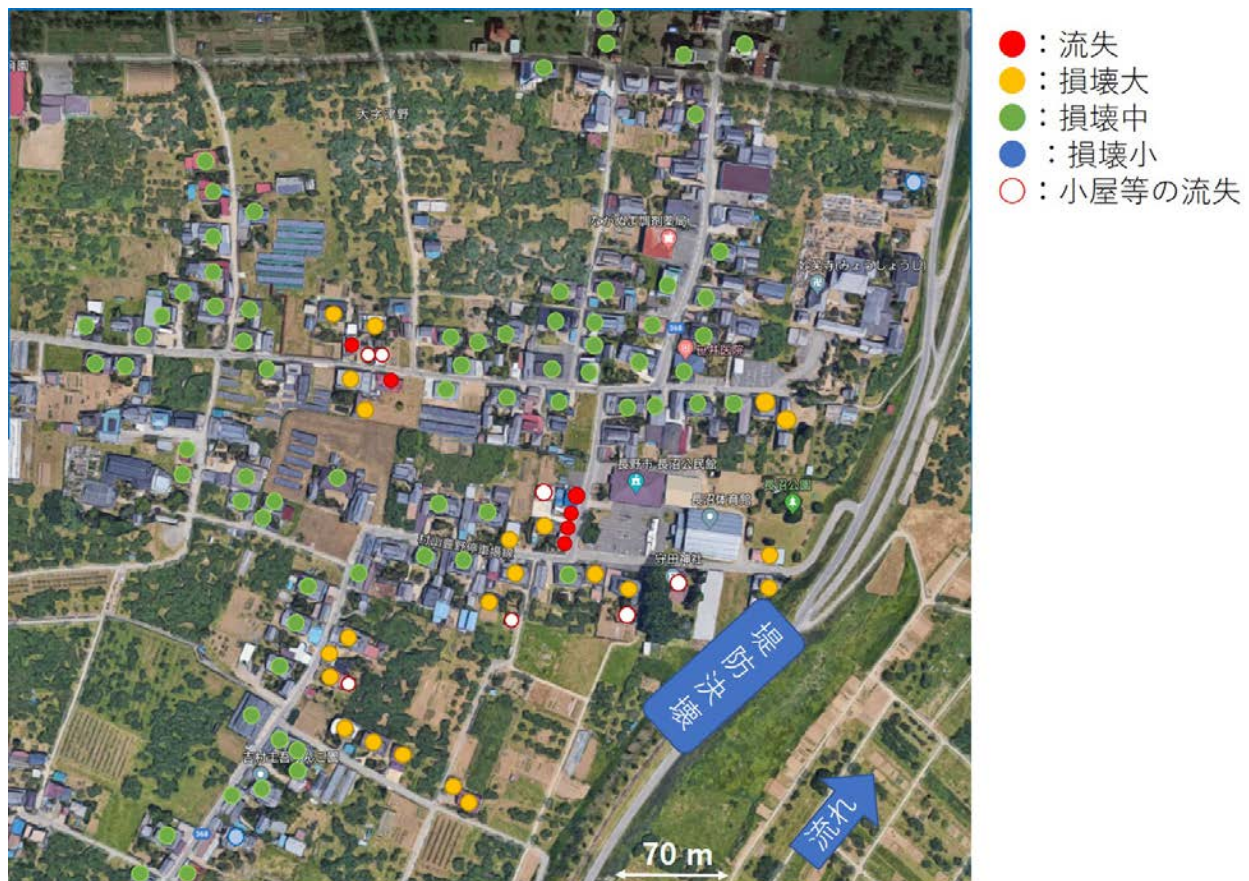


図-7 家屋被害の分類 (損壊中を新たに含む)

謝辞：本研究は、JSPS科研費 JP18K04372および令和元年度河川砂防技術研究開発の研究助成を受け実施したものです。現地調査では、国土交通省北陸地方整備局、長野県、土木学会中部支部の支援を頂き、穂保地区の住民から多大なご協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。末尾ですが、台風19号などで被災された方々に心よりお見舞いを申し上げます。

参考文献

- 1) 呉 修一，森口周二，堀合孝博，小森大輔，風間 聡，田中 仁：2015年9月東北豪雨による渋井川洪水氾濫の特徴，自然災害科学，Vol.35，No.2，pp.87-103，2016.
- 2) 呉 修一，林 晃大，森口周二，堀合孝博，田中 仁：2015年9月渋井川洪水氾濫を対象とした可能最大流体力の算定，河川技術論文集，Vol.22，pp. 297-302，2016.
- 3) 森口周二，大河原正文，呉 修一：2016年台風10号による岩手県内の被害の分析 -地盤工学と河川工学の観点から-，地盤工学ジャーナル，Vol.13，No.2，pp. 149-158，2018.
- 4) 越村俊一，行谷佑一，柳澤英明：津波被害関数の構築，土木学会論文集B，Vol.65，No.4，pp. 320-331，2009.
- 5) 鈴木進吾，越村俊一，原田賢治，岡本 学，福留邦洋，菅磨志保，河田恵昭：2004年7月新潟豪雨水害の災害調査による家屋被害関数の構築，水工学論文集，Vol.49，pp.439-444，2005.
- 6) 久松力人，河辺 賢，水野佑亮，篠塚義庸，堀江 啓：平成27年9月関東・東北豪雨の保険損失に基づく洪水被害関数の構築，土木学会論文集B1(水工学)，Vol.73，No.4，pp. I_1279-I_1284，2017.
- 7) 土木学会水工学委員会水害対策小委員会水害調査法WG：水害調査ガイドライン，
<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/hydrolab/guideline/> (2020/4/2閲覧)
- 8) 呉 修一，大槻順朗，八木澤順治，永野博之，二瓶泰雄：水害時における調査方法の標準化および共通データベース構築に向けたガイドラインの提案，河川技術論文集，Vol.23，pp. 67-72，2017.
- 9) 令和元年台風第19号等による災害からの避難に関するワーキンググループ：現地調査・ヒアリング結果，2019.12.18，
<http://www.bousai.go.jp/fusuigai/typhoonworking/pdf/dai1kai/siryo4.pdf> (2020/4/2閲覧)
- 10) 北陸地方整備局千曲川河川事務所：主要洪水の概要
<http://www.hrr.mlit.go.jp/chikuma/shiru/kouzui/gaiyou/index.html> (2020/4/2閲覧)
- 11) 国土交通省都市局：東日本大震災からの津波被災市街地復興手法検討調査，2011. <http://www.mlit.go.jp/toshi/toshihukkou-arkaibu.html> (2020/4/2閲覧)
- 12) 田中 聡，重川希志衣：水害における建物被害認定調査の実際—H22年小山町水害，東日本大震災，H23年新潟・福島豪雨災害—，地域安全学会概要集，No.29，pp.105-106，2011.

(2020. 4. 2受付)