

令和 2 年度
東北地域災害科学研究集会
講演予稿集

開催：令和 2 年 12 月 25 日(金) ・ 26 日(土)

会場：オンライン会場 Zoom (日本大学)

< 第 2 会場 >

会場 Zoom (第二会場_25 日)

第1部 12 月 25 日(金)13 : 00 - 14 : 15

(司会 : 井良沢 道也先生)

会場 Zoom (第二会場_26 日)

第2部 12 月 26 日(土)10 : 00 - 11 : 30

(司会 : 朝岡 良浩先生)

第3部 12 月 26 日(土)12 : 30 - 14 : 00

(司会 : 柴山 明寛先生)

<第2会場:Zoom(日本大学工学部)>

令和2年(2020年12月25日(金))

【第1部】 会議名:第二会場_25日 司会:井良沢道也先生		
13:00-13:15	台風19号による岩手県内の土砂災害に対する避難の実態	○石戸みさと(岩手大学農学部)、青木佳音(同左)、熊谷誠(岩手大学地域防災研究センター)、井良沢道也(岩手大学農学部)、厚井高志(北海道大学)、金俊之(青森県庁)、
13:15-13:30	釜石市内小中学校における土砂災害防災教育の取り組み	○青木佳音(岩手大学農学部)、石戸みさと(岩手大学農学部)、井良沢道也(岩手大学農学部)、和田智恵(釜石市教育委員会)、福留邦洋(岩手大学地域防災研究センター)、
13:30-13:45	秋田県災害履歴データベースを用いた落石災害の誘因解析	○村井克成(岩手大学農学部)、羽田京香(岩手大学農学部)、松嶋秀士(岩手大学農学部)、井良沢道也(岩手大学農学部)、林一成(奥山ボーリング㈱)
13:45-14:00	地すべり巡視員制度の現状と課題	○羽田京香(岩手大学農学部)、井良沢道也(同左)
14:00-14:15	災害イベントの経験による自主防災組織の活動への影響	○熊谷 誠(岩手大学地域防災研究センター)

15:00-17:35	公開講演 (Zoom東北大学)
-------------	-----------------

令和2年(2020年12月26日(土))

9:00~9:50	地区総会 第1会場 (会議名:第一会場_26日)
-----------	--------------------------

【第2部】 会議名:第二会場_26日 司会:朝岡良浩先生		
10:00-10:15	Prediction of Sediment production in Abukuma River basin due to rainfall sensitivity	○Edea Loa(Faculty of symbiotic science Fukushima university), Seiki KAWAGOE(Faculty of symbiotic science system Fukushima university)
10:15-10:30	分布型流出モデルを用いた阿武隈川の洪水予測に関する基礎的検討	○菅野眞子(日本大学工学部土木工学科)、朝岡良浩(日本大学工学部土木工学科)
10:30-10:45	福島県の降雨特性を不確実さとして考慮した斜面崩壊リスクの評価事例	○中村晋(日本大学工学部土木工学科)
10:45-11:00	深層学習による高速道路斜面の豪雨時崩壊確率の推定ー東北地方における令和元年台風19号および21号の事例ー	○加村晃良(東北大学)、大塚智貴(東北大学)、風間基樹(東北大学)長尾和之(東日本高速道路株式会社)、澤野幸輝(株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北)
11:00-11:15	玉川酸性水の中和を目的とした石炭灰造粒物の製造に関する研究	○齋藤憲寿(秋田大学)、加賀谷史(秋田大学)、池内孝夫(秋田大学)、佐々木明日香(秋田大学)、網田和宏(秋田大学)
11:15-11:30	石炭灰造粒物を用いた玉川酸性水の中和実験	○加賀谷史(秋田大学)、齋藤憲寿(秋田大学)、佐々木明日香(秋田大学)、池内孝夫(秋田大学)、網田和宏(秋田大学)

11:30-12:30	昼食
-------------	----

【第3部】 会議名:第二会場_26日 司会:柴山明寛先生		
12:30-12:45	中国武漢における水害の発生原因と対策	○周晋(東北大学大学院工学研究科)、柴山明寛(東北大学災害科学国際研究所)、佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)
12:45-13:00	インドネシアCitarum川上流域の洪水氾濫解析に関する基礎的検討	○神谷青佑(日本大学工学部土木工学科)、朝岡良浩(日本大学工学部土木工学科)、若林裕之(日本大学工学部土木工学科)
13:00-13:15	UAV-SfM 三次元点群を用いた水害ハザードバーティカルマップ	○橋本雅和(東北大学災害科学国際研究所)、市川健(復建技術コンサルタント)、那須野新(復建技術コンサルタント)、佐藤翔輔(東北大学災害科学国際研究所)
13:15-13:30	阿賀野川上流域の融雪出水に対する積雪・融雪の寄与	○神戸智志(日本大学大学院工学研究科)、朝岡良浩(日本大学工学部)
13:30-13:45	2020年7月28-29日の山形県最上川水系における洪水被害	○川辺孝幸(元山形大学地域教育文学部)
13:45-14:00	令和2年7月豪雨災害時の学校の対応ー山形県内小中学校ー	○村山良之(山形大)、佐藤健(東北大)、桜井愛子(東洋英和女学院大・東北大)、北浦早苗(東北大)、小田隆史(宮城教育大)、林田由那(宮城教育大)、熊谷誠(岩手大)

<第2会場>

— 第1部 (5題) —

司会：井良沢 道也 先生

12月25日(金)13:00~14:15

会議名 (第二会場_25日)

台風 19 号による岩手県内の土砂災害に対する避難の実態

岩手大学農学部 石戸みさと 青木佳音 熊谷誠 井良沢道也
北海道大学 厚井高志 青森県庁 金俊之

1. はじめに

令和元年 10 月に発生した台風 19 号は東日本を中心に広い範囲で記録的な大雨が観測された。岩手県内では沿岸部を中心に土砂災害が多数発生し、人的被害・物的被害に加えて孤立する地域もあった。台風 19 号は大規模な被害が見込まれるとして早い段階から市町村が避難を呼びかけていたが、当時指定避難所に避難した人数は避難対象者数の 1%にも満たなかった*。住民の命を守るためには構造物の整備等によるハード対策だけでなく、住民の積極的な安全な場所への避難行動を促す必要がある。そのため住民が避難行動をとらない理由および警戒避難における問題点を把握する必要があると考えた。

以上の背景を踏まえ、本研究では今年の台風 19 号による被害が大きかった地区で住民に聞き取り調査を行った。調査結果から避難行動における課題を吟味し、より効果的に避難を促す方法を考察する。

2. 聞き取り調査

避難実態と当時の状況を知るために、聞き取り調査を行った。聞き取り調査は 2020 年 9 月 12 日から 14 日にかけて岩手県宮古市大字白浜地区および岩手県釜石市平田佐須地区で行った。この 2 地区は幸い人的被害がなかったものの、県内でも特に土砂災害被害の大きかった地区である。当日は各地区の区長に被害状況等を伺った後住民への聞き取り調査を行った。

以下は聞き取り結果を一部抜粋したものである。

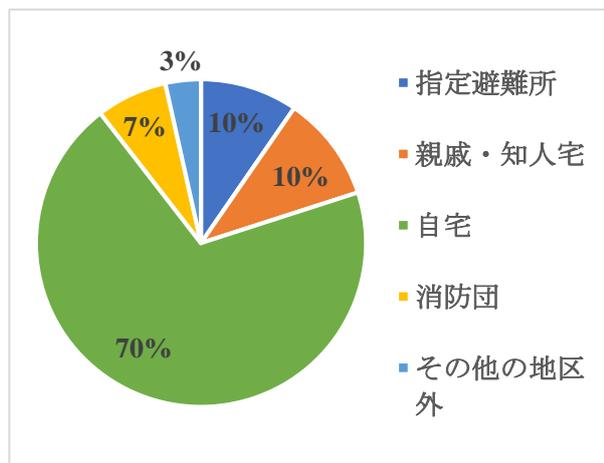


図 1 : 白浜地区の避難実態 (n=115)

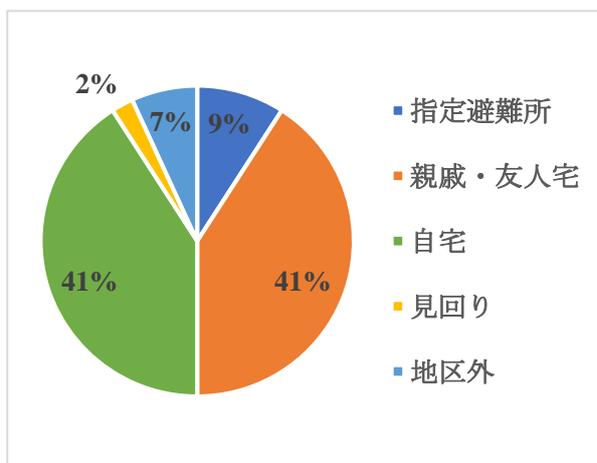


図 2 : 佐須地区の避難実態 (n=44)

* The correspondence situation accompanied with the typhoon No. 19 approach of sum first year Saturday, October 12 to order by Iwate prefecture

図 1・図 2 は各地区の避難実態を円グラフにしたものである。どちらも避難しなかった住民の割合が最も高い。単独での避難が難しい高齢者が多いことが関係しているのではないかと考えたが、地区内の 75 歳以上の住民は白浜地区 (n=122) で 20.5%, 佐須地区 (n=47) では 21.3% のため年齢に関係なく多くの住民が避難しなかったことがわかった。

指定避難所の利用率が低い原因の一つに避難所が近くにないことが挙げられる。両地区から最寄りの指定避難所までは車で 10 分以上かかり、さらに狭い山道のため土砂災害のリスクが非常に高い。白浜地区では早い時期に消防団が希望者を避難所まで送迎する試みがあったが、それでも身体が不自由なことや避難所に対する印象から避難することを億劫に感じたのではないかと考えられる。

また、佐須地区の親戚・友人宅に避難した割合が目立つが、一家全員で避難しているために多く見えていると思われる。今後は家族構成と避難行動の関係性にも着目したい。

3. 今後について

今後は上記の聞き取り調査の結果を分析し、詳しい課題を考察する。さらに昔の地図と照らし合わせて両地区の土砂災害との関係を調べる。その結果から住民の警戒避難を働きかける方法を思案する所存である。

4. 謝辞

本調査を行うに当たり、岩手大学地域防災センター松林由里子先生、宮古市市役所危機管理監危機管理課防災係の山崎正幸氏、釜石市危機管理監防災危機管理課及び岩手県宮古市大字白浜地区の皆様、岩手県釜石市平田佐須地区の皆様にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

5. 参考文献

- (1) 井良沢道也ほか (2020) 「2019 年 10 月台風第 19 号による東北地方における土砂災害」、砂防学会誌, Vol.72, No.6, p.42-53
- (2) 佐藤翔輔・株式会社河北新報社 (2019) 「2019 年台風 19 号避難行動に関するアンケート 調査結果報告書」、東北大学災害科学国際研究所
https://irides.tohoku.ac.jp/media/files/disaster/typhoon/qsurvey_typhoon19_2019.pdf
- (3) 厚井高志ほか (2017) 「平成 29 年 7 月九州北部豪雨における土砂移動現象の時空間分布の推定と避難実態」
- (4) 気象庁 (2019) 「令和元年台風第 19 号とそれに伴う大雨などの特徴・要因について (速報)」
https://www.jma.go.jp/jma/press/1910/24a/20191024_mechanism.pdf
- (5) 岩手県 (2019) 「令和元年 10 月 12 日 (土) の台風第 19 号接近に伴う対応状況」
<https://iwate.secure.force.com/servlet/servlet.FileDownload?file=00P0I00001dpmMxUAI>

釜石市内小・中学校における土砂災害防災教育の取り組み

岩手大学農学部 青木佳音, 石戸みさと, 井良沢道也
釜石市教育委員会事務局 和田智恵, 岩手大学地域防災研究センター 福留邦洋

1. はじめに

近年の日本では、土砂災害の発生が増加しており、令和元年10月の台風19号は岩手県にも大きな被害をもたらした。釜石市では死者・重傷者は3名であるものの、道路被害（市管理分）は112箇所、河川被害（市管理分）は25箇所を引き起こす災害となった。

災害が多発する昨今、小・中学校における防災教育は児童生徒の命を守る観点及び地域防災力を向上する観点からその重要性は大いに高まっている。

同市では、「いのちの教育」の実践として津波については津波防災教育の手引き等を作成し、市内の小・中学校の防災教育を展開してきたものの、土砂災害については児童・生徒に必要とされる専門的な知見等に関する整理やその指導法等に課題が残っていた。そこで、岩手大学と釜石市教育委員会との共同で手引きの作成等を検討することとなった。

2. いのちの教育とは

いのちの教育は「釜石市が文部科学省の防災教育支援事業を活用し、子どもの安全をキーワードとした津波防災教育をテーマに、群馬大学、市の防災課、教育委員会及び各小中学校の連携プロジェクト」¹⁾を発展させた釜石市独自の防災教育であり、東日本大震災後に岩手県全体で行われている「いわての復興教育」（岩手県教育委員会）ともつながっている。

本教育の目標は『「自他の命を守るために、主体的に行動することができる子ども」を育てるために、教育活動全般で防災教育を核とし、自他の命を尊重する心を培うとともに、地域の人や自然、自然災害に対する理解を深めながら、主体的に自分で判断し行動できる資質や能力を育てる。』²⁾と定められており、防災教育のみならず「郷土愛・命・安全・社会貢献」の4つの領域を防災の視点として位置付けられている。また、平成27年度からは毎年各校の取り組みを掲載する実践事例集を発行するなど熱心に防災教育に取り組んでいる。

3. いのちの教育研修会

釜石市では、いのちの教育担当者が各校1名選出されていて、主にその教員に向けた研修会が今年も行われた。その際、土砂災害について土砂災害の種類の説明から始め、実際の災害の動画を交えて講話を行った。その後参加した教員向けにアンケートを実施した（小学校9校、中学校5校、計14校回答）。このアンケートから、「どんな災害の教員向け研修が必要か」という問いについては図1の通り、土砂災害についての研修が必要だという結果になった。土砂災害の防災教育で最も取り上げたい項目は図2の通り、「前触れ」・「土砂災害の危険箇所の把握」・「避難のタイミング」の順となっていた。

他にも、台風19号襲来時の被害や避難訓練の実施状況、研修の感想や今後の課題(自由記述形式)などについて調査し、それらの結果を元に赴く学校の選定及び行う授業内容の考案を行った。

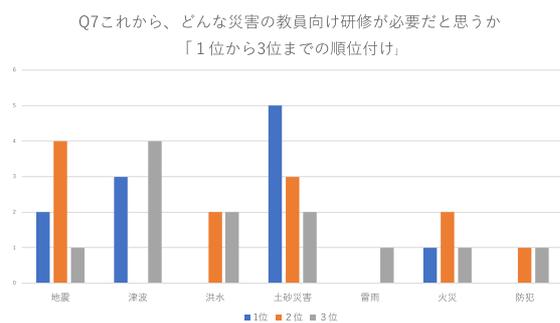


図 1:どんな災害の教員向け研修が必要だと思うか、



図 2:土砂災害の防災教育で取り上げたい項目

4. 防災授業を通じた調査方法

釜石市市内の小中学校に3校に赴いて2時限分の授業を行い、その事前・事後に児童・生徒にアンケート及びクイズを実施する。また教員への事後アンケートも行う。

小・中学校の選定はいのちの教育研修会でのアンケートを元に、①防災教育のために時間を増やすことができる、②地形的に危険な地域であり、③防災教育に意欲的、以上の3つの条件を満たす学校として平田小学校、栗林小学校、唐丹中学校を選定した。

小・中学校での授業内容は、1限目に講話を行い、2限目に国土防災技術株式会社から出されている、避難行動訓練 EVAG という防災ゲームを行う。1限目の講話はまず土砂災害の概要について知ることから始め、土砂災害の種類やその特徴を、実験を交えて具体的なメカニズムについて話した後に、避難する際注意すべき危険や災害時の避難行動の取り方について伝える。これらを通して土砂災害の性格を理解し、適切な避難態度を身につけさせることを目的とした。2限目に行ったEVAGとは、災害時の避難行動について考える防災ゲームであり、開発元によると「様々な事情を抱えた住民の立場になるロールプレイと、災害を疑似体験するシミュレーションを組み合わせ災害時の避難行動の難しさを実感することができます。」³⁾と紹介されている。このゲームを通し、災害時の避難行動や避難行動できない人の心理、避難後の問題について考えさせることを目指した。

5. 今後について

選定した3校で授業を行った後、事前事後のアンケート等を分析し、モデル授業の効果と課題を把握する。今回の結果を踏まえ、釜石市の教員を対象とした土砂災害に関する手引き等を検討する方向である。

謝辞

本調査を行うに当たり、平田小学校の皆様、栗林小学校の皆様、唐丹中学校の皆様、いのちの教育研修会参加者の皆様にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

1) 3. 岩手県釜石市からの実践報告

(1)釜石市教育研究所の取組 小嶋 秀一 (釜石市立 平田小学校 教諭)

<http://www.katada-lab.jp/bousai/doc/a1-31.pdf>(2020年11月21日取得)

2)釜石市教育委員会編 『令和元年度 いのちの教育実践事例集』

3) 国土防災技術株式会社「避難行動訓練 EVAG」<https://www.jce.co.jp/evag/>

秋田県災害履歴データベースを用いた落石災害の誘因解析

岩手大学農学部 村井克成、羽田京香、松嶋秀士、井良沢道也
奥山ボーリング株式会社 林一成

1.はじめに

落石は土砂災害に比べて頻繁に発生する災害であり、人的被害に繋がることもある。落石の大きさは数 cm～数 m まで様々で、人に直接的に影響を与えないものも多くあるため、正確な発生件数を把握するのは困難である。しかし、平成 28 年 5 月 4 日、島根県の一般県道にて落石が自動車に直撃する死亡事故¹⁾や、平成 28 年 9 月 30 日、秋田県の一般道にて落石がスノーシェッドを破損する事故²⁾など命に関わる落石災害が起きていることも事実である。

落石災害が多い秋田県は秋田県落石等道路防災計画に伴い、災害履歴データを集約・蓄積している。この災害履歴データを活用して、落石災害の誘因を解析できれば被害を減らすことが期待できる。そこで秋田県の災害履歴データベースを用いて落石の誘因や発生の多い時期を解析することで、どのような条件下で落石が発生しやすいかを特定することが本研究の目的である。

2.秋田県災害履歴データベースとは

秋田県では、秋田県落石等道路防災計画策定にあたり、道路パトロール日誌に基づく災害履歴調査を行い、災害履歴データベースを作成している。災害履歴データベースの入力項目は①日付（いつ）、②発生位置（どこで）、③発見者（だれが）、④災害種類別（何の）、規模（どれくらい）・落石径（長径・中径・短径）、⑥被災範囲、⑦既存の防災カルテ点検の範囲内/外、⑧緯度・軽度、⑨気象条件（降雨量、風速等）である³⁾。

3.解析手法

本研究の解析では、上記の災害履歴データベース（Excel）の入力項目に加えて、落石災害地点に最も近いアメダス観測所の日雨量、最大一時間雨量、前日の雨量、積雪量、日平均気温、最大風速、最大瞬間風速を気象庁の過去の気象データから収集した。また震度 4 以上の地震があった場合の震度も同様に収集した。入力したデータを Excel のフィルタ機能で並び替え、以下に示す項目について検討した。ここで解析期間は 2011 年～2020 年のデータベースである。

4.結果

解析した内容の一部の項目を下図に示す。

図 1 では月別で見ると 4 月～8 月に比較的多く災害が発生している。これは融雪や降雨によ

*Rockfall incentive analysis using Akita disaster history database by Katsunari Murai

る地盤の緩みの影響であると考えられる。また図2では2011年、2013年と多く起きていた災害が、年々減少傾向にある。これは落石対策が年々進み、落石が減っていると考えられる。

図3では誘因なしが大部分を占めているが本研究はしきい値の設定が検討課題である。今回の検討では要素を単一にしたが、落石は様々な要素が重なり合っ引き起こされるので、それらを考慮したしきい値を設定する必要がある。降雨は連続降雨 100mm 以上、最大一時間雨量 20mm を超えると土砂災害が発生しやすく⁴⁾、風速は 3~4m/s で落石件数が多くなる⁵⁾ など参考にすべきしきい値が多くある。

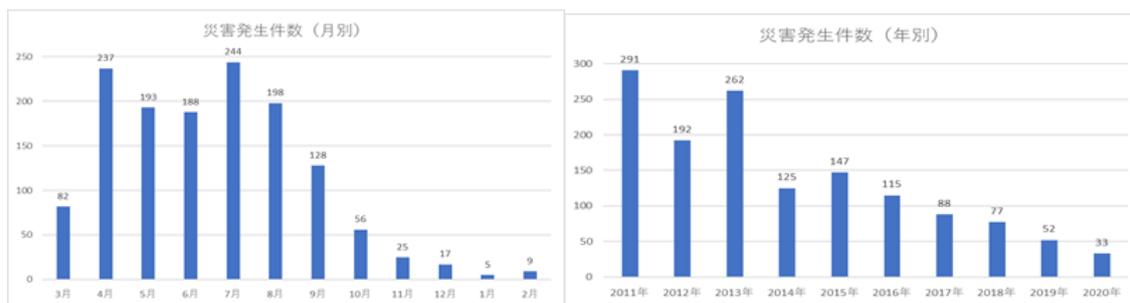


図-1 災害発生件数（月別） n=1382

図-2 災害発生件数（年別） n=1382

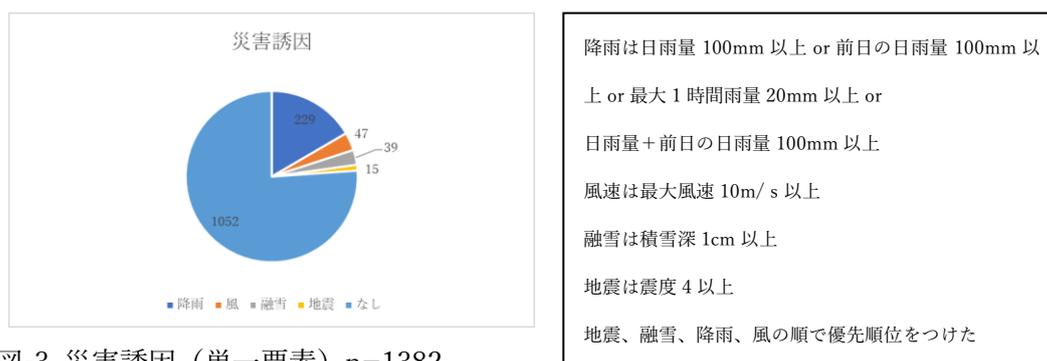


図-3 災害誘因（単一要素） n=1382

5.今後の課題

今後はしきい値を様々な文献からレビューするとともに今回のような単一要素ではなく各要因を合わせた複合要素を解析していく。また誘因が全くない落石発生箇所はどのような場所なのかもあわせて解析し、落石発生の条件をわかりやすく示すデータを作っていく。

参考文献

- 1) 島根県における道路の落石対策について 島根県土木部道路維持課 p1
- 2) 第2回秋田県落石等道路防災計画（案）策定検討委員会 秋田県建設部道路課 p13
- 3) 秋田県落石等道路防災計画 平成29年 秋田県建設部道路課 p29
- 4) 土砂災害の留意点 www.earth-planning-kagawa.com/entrance/ryuuitenn
- 5) 落石誘因としての樹木根を介した風による地盤震動 杉井俊夫、浅野憲雄、余川弘至、市川夏輝 p64

地すべり巡視員制度の現状と課題

岩手大学農学部 羽田 京香 井良沢 道也

1. はじめに

近年の日本では、土砂災害発生件数が増加している。国土交通省が集計している土砂災害発生件数によると、平成30年度には昭和57年からの統計開始以降、過去最高件数(3,459件)を記録した¹⁾。

令和元年10月に台風19号が発生した際には、気象庁やメディアなどから自分や家族、周囲の人の命を守るために自ら行動すること・避難することが呼びかけられた。このように災害が発生した際、自分や家族の身の安全を守ることを「自助」、地域など、周囲の人たちが協力して助けあうことを「共助」、公的機関による救助・援助を「公助」という。平成23年3月に発生した東日本大震災のような大規模災害の場合、公的機関も被災してしまい「公助の限界」を迎えてしまう。また、対策工による災害対策、いわゆるハード対策の整備が進んでいない場所も見受けられる。そのため、今後も様々な土砂災害が発生し得る日本では、自助・共助が重要であると考えられる。

以上のような背景を踏まえ、本研究では自助・共助の一例として、新潟県における地すべり巡視員制度に焦点を当てた。本制度では、地すべり巡視員により実際に地すべりの兆候が発見され、早期の避難に成功した例もある。しかし、災害件数が多い年では巡視員の報告率が低いことや巡視員の高齢化、人手不足により制度が廃止された地域があることなどの問題点も見られる。そこで本研究では、制度の課題及び現状を把握し、制度の問題点を明らかにし、より具体的な制度の改善策を検討する。

2. 新潟県地すべり巡視員制度とは

新潟県は、急峻な地形と脆弱な地質により、土砂災害が発生しやすい自然条件にある。そのため、集中豪雨や地震等による土砂災害が多発し、毎年莫大な被害に見舞われている。新潟県では、昭和44年度魚沼市で発生した「水沢新田地すべり」など、死傷者を伴う大規模な地すべり災害が過去に発生している。そこで、新潟県は「地すべりの兆候の早期発見」を重要視し、昭和50年に地すべり防止区域を対象とした「地すべり巡視員制度」を開始した²⁾。

本制度は、地すべりの兆候を早期発見することで甚大な被害から住民や財産への被害を防止・軽減することを目的とした制度である。地すべり防止区域に地すべり巡視員を配置し、地すべりの兆候及び地すべり防止施設の異常の点検を定期的に行う。

3. 聞き取り調査

地すべり巡視員の活動の現状を知るために、聞き取り調査を行った。聞き取り調査は、令和2年8月19日に新潟県上越市下正善寺地区で行った。当日は、下正善寺地区を担当している地

*Issues and current status of the landslide patrol system by Kyoka Haneda

すべり巡視員の方，岩手大学の他に新潟県砂防課の方（2名），上越市砂防課の方（2名）にご参加いただいた。砂防課の方々と意見交換を交えつつ，主に巡視員の方への聞き取りを行った。以下に聞き取り結果の一部を記載する。

表 1 上越市下正善寺地区 聞き取り調査結果（一部抜粋）

質問	回答
1. 巡視活動の負担はどうか？	<ul style="list-style-type: none"> ・点検場所が山間地で坂も多く大変。 ・時期的に夏場の点検が大変。
2. 説明会で制度の内容や活動内容は理解できたか？	<ul style="list-style-type: none"> ・6年目だが1年目の時にしか説明会に参加していない。 ・説明会で大規模な災害についての説明がなく，理解が深まらなかった。そのため，分からないことが多いまま活動を始めることになってしまった。
3. 来年以降も活動を続けたいと思うか，なぜ続けているか？	<ul style="list-style-type: none"> ・報酬ももらっているため，任されている以上は続ける。 ・後任者がいないため辞めることができない。
4. 活動や制度について問題だと感じることはあるか？	<ul style="list-style-type: none"> ・主に高齢化と巡視箇所である水路付近の除草が問題 ・水抜きボーリングの詰まりを直すような用具等を支給してほしい。

今回の聞き取り調査により，資料のみでは知ることができなかった現状を知ることができた。例えば表1の質問2についてだ。事前にいただいた資料を読んだ段階では，説明会は毎年開催・参加するものだと考えていた。しかし，説明会は初めて巡視員に就任した方を対象にしており，複数年就任した方は希望者のみ参加するとのことだった。また，複数年就任した方の中で，説明会への参加を希望する方は減多にいないと聞いた。当日の調査に参加してくださった巡視員の方からは，「巡視員同士で集まれるような場がほしい。どのように点検箇所を回っているか，どんな時が大変かなどの意見交換をしたい」とご意見をいただいた。

4. 今後について

上記の聞き取り調査の結果を踏まえ，今後はアンケート調査を実施し，新潟県上越市における地すべり巡視員制度の現状及び課題を把握する。現状を把握し，アンケート結果を考察することで，地すべり巡視員に地域住民が協力できるような形の活動の提案を図る。

謝辞

本調査を行うに当たり，新潟県土木部砂防課，矢野敦久様，明道亮介様，及び上越市河川海岸砂防課，山岸拓也様，小山正彦様，上越市下正善寺地区地すべり巡視員の檜野繁雄様にご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国交省 HP 報道・広報 平成 30 年の土砂災害発生件数が確定しました
https://www.mlit.go.jp/report/press/sabo02_hh_000068.html（参照：2020年11月9日）
- 2) 地すべり巡視員必携書 令和元年5月 新潟県土木部砂防課 p.1

災害イベントの経験による自主防災組織の活動への影響*

岩手大学地域防災研究センター 熊谷 誠

1. はじめに

令和元年 6 月に発生した山形県沖の地震では、新潟県、山形県を中心に建物被害が多数発生した。この地震により津波注意報が発表され、住民の避難行動も生じた。山形県鶴岡市でも、建物被害が相当数生じ、住民避難と避難所開設などの対応が行われた。本報告では、地震前後の自主防災組織の活動の変化について、地理的条件や災害想定の有無に着目し、災害イベントの経験による自主防災活動への影響について検討する。

2. 調査の概要

本報告では、鶴岡市が平成 30 年度、令和元年度に実施した「自主防災活動実施状況調査」の結果を用いる。調査の概要は表 1 に示す通り。この調査は毎年度実施されており、年度によって一部、質問の変更があるが、講演会等の実施や研修等への参加といった「防災知識の普及」、防災マップの作成や要配慮者の名簿作成などの「地域内の安全点検」、避難訓練や DIG など「防災訓練の実施」の 3 つは基本項目として毎回含まれており、本報告でもこれらの項目を用いる。

調査時期	: 毎年度 1 月～2 月
実施主体	: 鶴岡市
調査方法	: 自記式調査票
配布・回収	: 行政連絡員による配布・回収 回収のみ FAX 併用
対象数	: 平成 30 年度 : 462 組織 令和元年度 : 462 組織
回収数	: 平成 30 年度 : 261 (回収率 56%) 令和元年度 : 208 (回収率 45%)

3. 地理的条件 (災害想定の有無) による比較

山形県沖の地震では強い揺れのほかに小規模ながら津波が観測され、沿岸部を中心に住民の避難も発生した。また自主防災組織による安否確認や避難所の開設、避難者受入れ等の活動が行われた地域もみられた。そこで、沿岸部とそれ以外の地区に分けて回答結果を比較した。なお、「沿岸部」は旧鶴岡市の沿岸に面した地区と松並、七窪の 2 地区、旧温海町の沿岸に面した地区の全 38 地区を対象とし、「沿岸部以外」は鶴岡市全地区から「沿岸部」の地区を除いた範囲を対象とした。

図 1 に、自主防災活動の有無を尋ねた結果を示す。

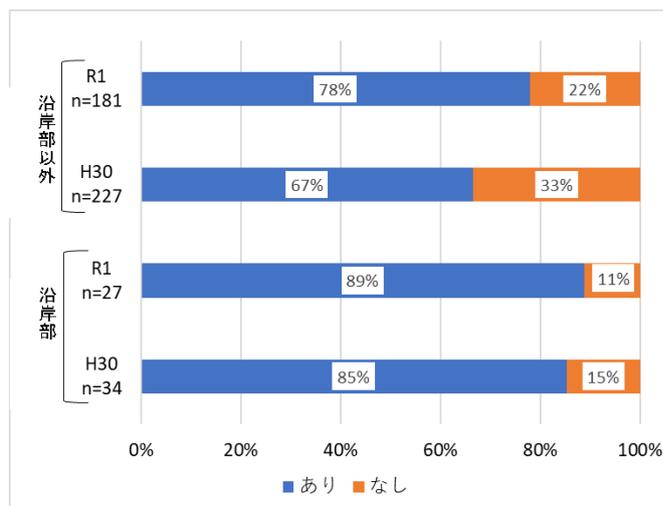


図 1. 自主防災活動の有無

* Changes to voluntary disaster prevention activities caused by disaster experience by Makoto Kumagai

「沿岸部」と「沿岸部以外」の両地区を比較すると、前者の活動「あり」の回答率が約8割～9割なのに対して、後者は約7割～8割程度であり、「沿岸部」の方が、取組みが活発であることがうかがえる。また、年度でみると両地区とも令和元年度の取組み率が高くなっていた。

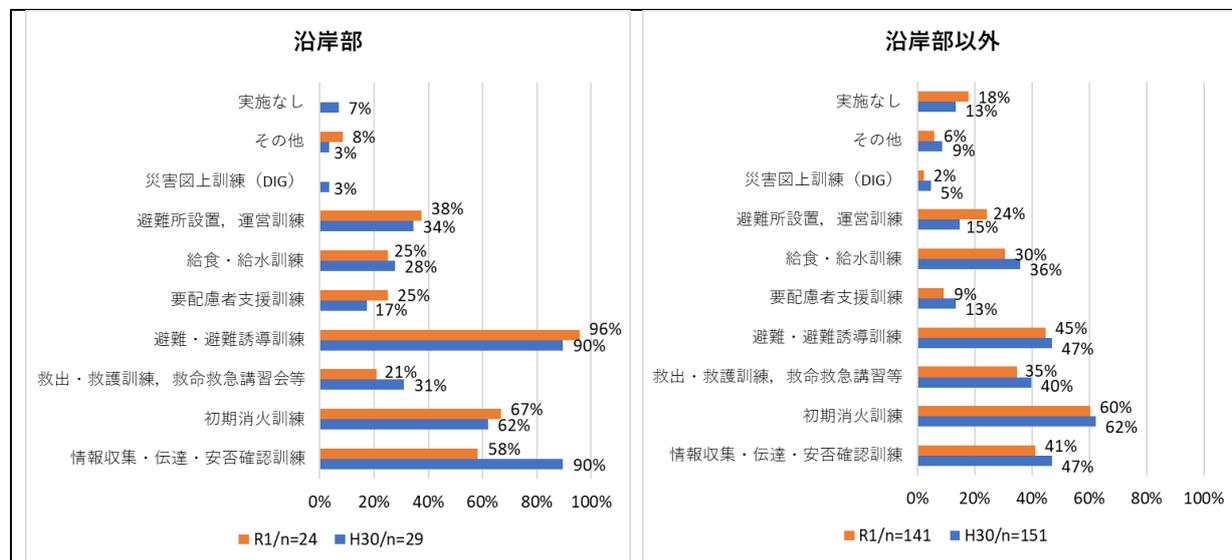


図 2. 防災訓練の実施状況

図 2 に、先に述べた 3 つの基本項目のうち「沿岸部」と「沿岸部以外」の両地区間で回答率に大きな差が見られた「防災訓練の実施状況」を示す。はじめに両地区を比較すると「沿岸部以外」では（初期消火訓練）が約 6 割と最も高い実施率であったが、「沿岸部」では（避難・避難誘導訓練）と（情報収集・伝達・安否確認訓練：平成 30 年度のみ）の 2 項目が 9 割以上の実施率を示した。「沿岸部」では毎年度、市と各自主防災組織の拠点であるコミュニティセンターまたは自治会事務局間で津波情報伝達訓練が実施されており、これに併せて一部の地区は避難訓練も行っていることから、これらの取組みが上記 2 項目の高い実施率に表れたと考えられる。次に、年度間の変化で目立ったものをみると「沿岸部」で、平成 30 年度に 90%だった（情報収集・伝達・安否確認訓練）の実施率が、令和元年度には 58%と著しく低下している。これは、山形県沖の地震により、毎年度実施されていた市の津波情報伝達訓練が中止となったことが影響していると考えられる。また、（避難・避難誘導訓練）は 90%から 96%と高い実施率で推移しており、地震前後でも取組みの積極性が維持されていることがうかがえる。

4. 今後の検証

本稿では、山形県沖の地震前後の鶴岡市内の自主防災組織の活動の変化について「沿岸部」の訓練において（情報収集・伝達・安否確認）の実施率が地震後に著しく低下した一方で、（避難・避難誘導訓練）の実施率は高いままで維持されていることを示した。今後は、地震時の各自主防災組織の活動状況等も踏まえて、その後の活動への影響についても考察していきたい。参考文献：鶴岡市自主防災活動実施状況調査資料（平成 30 年度・令和元年度）

<第2会場>

— 第2部 (6題) —

司会：朝岡 良浩 先生

12月26日(土)10:00~11:30

会議名 (第二会場_26日)

Prediction of Sediment production in Abukuma River basin due to rainfall sensitivity

Edea Loa Faculty of Symbiotic Systems, Fukushima University
Seiki Kawagoe Faculty of Symbiotic Systems Science, Fukushima University

1. Introduction

Japan's economic activities and population growth since the mid 19th century have contributed to significant developments that have resulted in land cover and land-use changes. The country is also prone to several natural disasters which also has a more significant impact on land cover and land-use changes. Two of the recent disasters are the Great East Japanese Earth Quake on March 11, 2011 (GEJE2011) and the Typhoon-*Hagibis* on October 2019 (Typhoon 201919). These ongoing land-use changes due to natural disasters and other human-made activities have led to land degradation and massive soil erosion, which may have some significant environmental concerns especially in vulnerable areas such as hilly terrain areas and the flood plain areas. Evaluating the soil erosion within the basin environment is, therefore, an important task that would be able to assist decision-makers in the land and water resource management and planning areas for predicting future disasters, proposing countermeasures and monitoring of basin outlets. The average annual soil loss of the basin, together with a large impact event of the year 2019, was analysed using the USLE equation. The main objective of this paper is to evaluate the Abukuma Basin average yearly soil loss for the year 2019, together with a large impact rainfall event and map out an impact map based on sub-basins.

2. Study area

The study area is approximately 5390 km² of watershed area and a total river length of 234km which runs from Fukushima prefecture to Miyagi prefecture (Fig.1). Abukuma River Basin is the second-longest river in the Tohoku region and sixth in the whole of Japan. The river is a first-class fresh water resource that is surrounded by mountainous areas that have summit heights in excess of 1,000 m and occasionally experience heavy rains (MLIT; Water and Disaster Management Bureau 2003).

3. Methodology

The widely used method/model for estimating soil loss referred to as the Universal Soil Loss Equation (USLE) was used to analyse the mean annual soil loss in the study area. The equation uses the product of five (5) different

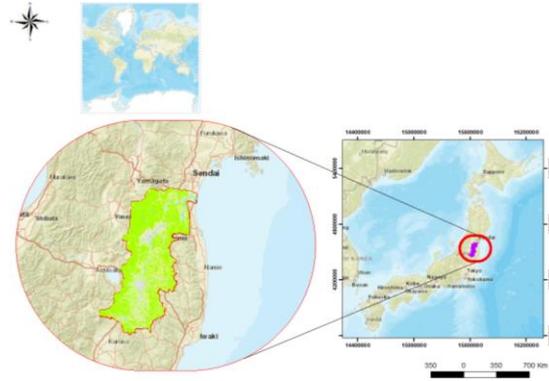


Fig.1: Study area

factors as follows;

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (1)$$

where, A is the mean annual soil loss per unit area, R is the rainfall erosivity factor, K is the soil erodibility factor, LS is slope length and steepness factors respectively, C is the land cover management factor and the support practice factor denoted by P . The rainfall erosivity factor (R) is the rainfall erosive force specifically for all the rainfall events in a year. The R -factor derived from 60 minutes rainfall intensity developed for Japan conditions by Hosoyamada & Fujiwara, (1984 a) was adopted to (Eq. (2)).

$$R = KE \times I_{60} \quad (2)$$

$$KE = (916 + 331) \times \log_{10} I \times 0.753 \quad (3)$$

The soil erodibility factor (K) is the measure of the susceptibility of soil particles to detach and transport due to the impact of the raindrop and surface runoff. The K -factor for this study is the the average value from the standard experimental results of sediment model user guide. From Clay to very fine sandy loam with the average K value of 0.78. The LS -factor (LS) or also known as the topographic factor is the combination outcome of the slope length and slope steepness represented by L and S respectively. The LS -factor for each land cell may be evaluated using the equation derived from Moore and Burch (1986) was adopted (Eq. (4)):

$$LS = \left(\frac{\text{Flow Acc.} + \text{Cell size}}{22.13} \right)^{0.4} \times \left(0.0896 \frac{\text{Sin Slope}}{0.0896} \right)^{1.3} \times 1.4 \quad (4)$$

Where: Flow Accumulation (Flow Acc.) denotes the accumulated upslope contributing area for a given cell.

The C-factor (*C*) is the crop or vegetation management factor. It represents the ratio comparing the soil loss from land under a specific crop and vegetation to the corresponding loss from the standard soil plot. In this study, Landsat 8 Operational Land Image (OLI) sensor data with spatial reflectance imagery of 30m resolution was utilised to perform a temporal analysis for an image in the year 2020. To determine the C-factor from remote sensing data, we used the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) to produce the C -factor map. (Eq.(5)):

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \quad (5)$$

The method proposed by Durigon et al. (2014) to estimate the C-Factor map (Eq.(6)).

$$C = \left(\frac{-NDVI+1}{2} \right) \quad (6)$$

The support factor denoted by *P*, which reflects the effect and impact of support practices provided in minimising the amount and rate of surface runoff, and eventually reduces the amount of erosion. In case of the study basin with huge natural forest catchments, urban centres where these practices are not done, the value of *P* is kept as 1.0.

4. Results and discussions

From the soil loss analysis it average soil loss for the year 2019 was 8, 264, 197m³. The impact from Typhoon 201919 alone on October 12, 2019 is estimated average of 37, 214, 484m³. The average soil loss based on the annual soil loss and the impact of the Typhoon 201919 indicate that Shirashikawa (78,775 ha) towards the northern and downstream end of the basin produced the highest soil followed by Yashirogawa (43,563 ha) and Abukumagawajōryū (30,954 ha) sub basin towards the southern end or the upstream sub-basins. The main factor contributing to the high volumes of soil losses in these three basins is due to the larger catchment areas compared to the smaller catchment. On the other hand, the soil loss impact map (Figure 2) – indicate that Uchigawa (10,703 ha), Nigorikawa (3,479 ha), Omorikawa (1,933 ha) and Hirosegawa (23,968 ha) were the highly impacted sub basins from the Typhoon 201919. These impacted sub-basins are located towards the mid to downstream end of the Abukuma basin. The average soil loss projection shows that by year 2050 Uchikawa will have produced average of 478,270m³ by year 2050. One of the major causes of which has caused the more significant impacts are due to the low NDVI and land use changes, and the

geographical steepness of the sub-basins observed from these four sub-basins.

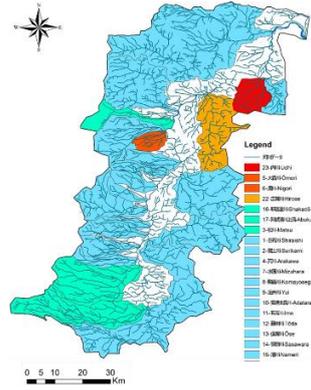


Fig.2 Sub-basin soil loss Impact Map of Study area

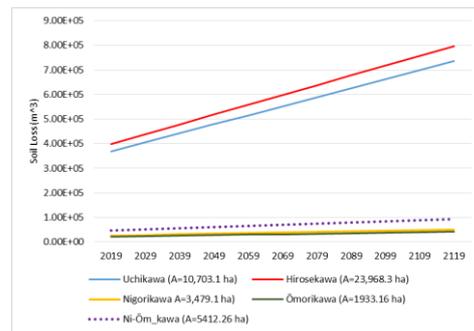


Fig.3 Impacted Sub-basin Avg Soil Loss estimated projection.

5. Conclusions

From this study, we can conclude and recommend that Uchikawa, Nigorigawa, Omorikawa and Hirosegawa sub-basins were the major impacted basins and are prone to produce more soil losses in the future if no attention is given. The outlets of the four (4) impacted sub-basins can be monitored in terms radio active concentrations – as research has confirmed that soil movement is one of the major carriers of radio active nuclides. Increasing Rainfall erosivity factor due to climate change increases the rate of Soil Loss, hence increasing the risk of slope failure – consequently, can lead to more significant soil losses. Further investigate on similar large impact events from the past is necessary to understand the trend of soil losses.

Acknowledgment: This research was supported by the Environment Research and Technology Development Fund (2-1907) of the Environmental Restoration and Conservation Agency of Japan, and Pacific Leads Program, JICA.

References :

Wischmeier, W. H., and Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses—a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

分布型流出モデルを用いた阿武隈川の洪水予測に関する基礎的検討*

日本大学工学部土木工学科 管野眞子

日本大学工学部土木工学科 朝岡良浩

1. はじめに

近年、日本各地で記録的な豪雨に伴う大規模な風水害が頻発化しており、その中でも 2019 年 10 月に発生した台風 19 号は信濃川水系や阿武隈川水系を中心に甚大な被害をもたらした。国土交通省によると、阿武隈川の中流域に位置する本宮、阿久津（郡山）、須賀川では計画降雨を上回ったことから、台風 19 号による洪水は超過洪水といえる。超過洪水時の被害を軽減するためには、ハード対策のみならずソフト対策の充実が必須であり、特に洪水予測は有益な情報の提供を期待できる。しかし、従来の集中型モデルによる水位予測システムでは、河川網を直接的に扱わないため本川と支川の合流部の流れが予測結果に反映されず、背水の影響を受けやすい地点の再現精度が低いため、結果が必ずしも警報・注意報の発令基準になるとはいえない。大規模な河川を対象とする場合、流域の地形条件・流路網をモデルに反映し、水系全体の流れを扱う分布型流出モデルの適用が、詳細な河川流出量の計算に有益と考えられる。

本研究は阿武隈川流域に分布型流出モデルを適用し、洪水予測を目的とした分布型流出モデルの性能を評価する。

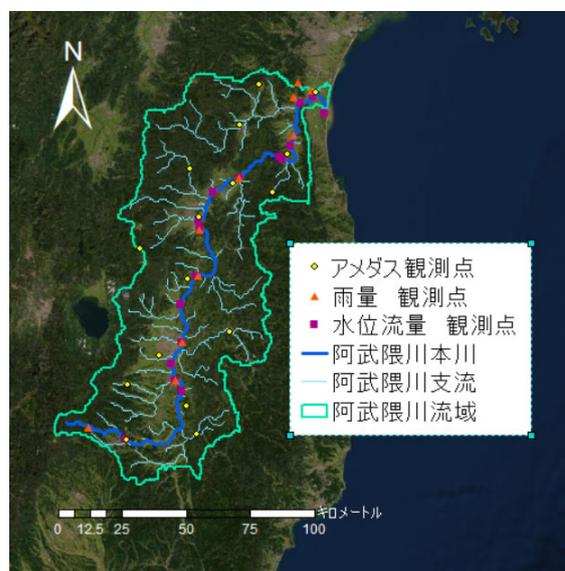


図 1 阿武隈川流域

2. 対象地域及びデータセット

(1) 阿武隈川流域

研究対象地域を図 1、阿武隈川流域の土地利用および粗度係数を表 1 に示す。阿武隈川は幹川流路延長 239 km、流域面積 5400 km² の一級河川である。四方を山々に囲まれ、阿武隈峡や阿武隈渓谷の狭窄部と開口部を交互に流れ、河川勾配が 1/200 から 1/4000 と起伏に富んだ地形特性である。

表 1 土地利用および粗度係数

種別	セル数	面積 (km ²)	粗度係数
田	67702	2708.08	2.00
その他の農用地	38163	1526.52	0.30
森林	175726	7029.04	0.70
荒地	2742	109.68	0.70
建設用地	28391	1135.64	0.03
道路	1468	58.72	0.03
鉄道	874	34.96	0.03
その他の用地	4986	199.44	0.30
河川及び湖沼	4973	198.92	0.25
ゴルフ場	2198	87.92	0.30

* Evaluation of Flood Forecasting with a Distributed Runoff Model in the Abukuma River by Mako Kanno and Yoshihiro Asaoka

(2) データセット

標高データおよび土地利用データを国土数値情報から取得し、200m メッシュにリサンプリングした。最急勾配法に基づいて標高データから河道網を作成した。降水量データは地域気象観測から取得し、重み付き距離平均法を用いて 200m メッシュのデータを作成した。粗度係数は土木学会 (2018)を参考に土地利用に応じて設定した(表 1)。分布型流出モデルの精度を検証するため、国土交通省の水文・水質データベースより 2017 年 10 月、2019 年 10 月の流量データを取得した。

3. 分布型流出モデルの概要

対象流域を 200m メッシュに分割し、斜面部と河川部に分類した。斜面部は表面流出と地下水流出、河川部は表面流出のみを仮定した。以下に基礎式を示す。

(1) 斜面部

表面流出に Kinematic Wave 法と連続式、地下水流出に貯留関数法を適用した。

$$\text{Kinematic Wave法} \quad -ghi + \frac{gn^2q_s^2}{h^3} = 0 \quad (1)$$

$$\text{連続の式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_s}{\partial x} = (PR - R_{in}) \quad (2)$$

$$\text{貯留関数法} \quad \frac{ds}{dt} = R_{in} - q_b \quad (3)$$

$$s = kq_b^p \quad (4)$$

ここで、 g は重力加速度 (m/s^2)、 q_s は表面流出の単位幅流量 (m^2/s)、 PR は降雨量 (m/s)、 R_{in} は浸透量 (m/s)、 t は時間 (s)、 x は流下方向の距離 (m)、 h は水深 (m)、 i は流路勾配、 n はマンニングの粗度係数 ($m^{-1/3}s$)、 s は見かけの貯留高 (m)、 k 、 p はモデル係数である。

(2) 河道部

河道部は Diffusion Wave 法と連続の式を適用した。

$$\text{Diffusion Wave法} \quad -gh \frac{\partial h}{\partial x} - ghi + \frac{gn^2q^2}{h^3} = 0 \quad (5)$$

$$\text{連続の式} \quad \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = PR \quad (6)$$

ここで、 q は単位幅流量(m^2/s)である。

4. おわりに

本研究は分布型流出モデルを用いて阿武隈川流域に適用し、洪水時の河川流出量の計算結果を検証する予定である。

参考文献

- 1) 土木学会: 水理公式集 [2018 年版], 丸善出版, 2018.

1. はじめに

近年降雨による土砂災害の被害が増えており、福島県においても平成23年7月の新潟福島豪雨、平成27年9月の関東東北豪雨、令和元年の10月に発生した台風19号による豪雨を起因とした土砂災害が発生している。降雨による斜面崩壊の発生頻度、発生の可能性が高い時間降雨量などを地域毎に評価し、崩壊リスクに関するハザードマップを作成して、避難等に係わるリスク情報を公開することや、復旧計画などを含む中期的な防災対策や予算措置を行うことが、持続可能な地域の保全を確保するために必要不可欠である。ここでは、福島県内で気候条件の異なる会津地域、中通り、浜通りから1地点ずつ抽出し、輝所長の降雨データに基づき年最大時間降雨量に対する降雨ハザードを求め、降雨特性の不確実さを考慮して算出した斜面崩壊フラジリティと合わせて、降雨による斜面崩壊リスクの評価を行った結果を報告する。

2. 検討に用いた福島県内における降雨データの考え方

ここでは福島県内で気象庁が降雨観測を実施している54地点を会津地域、中通り、浜通りに分け、3地域の中から降雨の多い主要な都市周辺の観測点である田島、白河、小名浜の3地点を抽出した。白河、小名浜では1967年より、田島は1977年より時間降雨量のデータが公開されている。

降雨群の考え方は、国土交通省が定義した「累加雨量」¹⁾に基づいて設定した。累加雨量とは、降雨が始まってから終了するまでの累積降雨量のことであり、無降雨が一定期間(6時間程度)続くと累加雨量がリセットされ、その無降雨が始まる時間までの間に降った時間降雨量の累積値と定義され、ここでもその時間帯における降雨を降雨群として、その降雨群の特性値として、降雨群の中の時間降雨量の最大値である最大時間降雨量、累積降雨量および降雨タイプの3とした。降雨タイプは、集中型、継続型および断続型の3つとし、その例として、白河市における降雨群の時間降雨量の変化を図-1に示す。また、白河市の降雨タイプとして、1987年~2016年に発生した降雨の降雨群について、降雨群の最大時間降雨量に応じた降雨タイプの割合と、その最大時間降雨量の発生回数との関係を図-2に示す。対象期間の間に降雨群は3380回発生していた。図-2の横軸の最大時間降雨量は2mmごととしている。最大時間降雨量が大きくなるにつれ降雨群の数は少なくなり、降雨タイプは集中型と継続型が主となり、断続型が極めて少なくなっている。

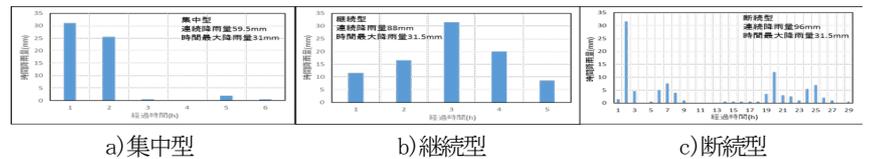


図-1 降雨タイプに応じた雨群の時間降雨量の変化

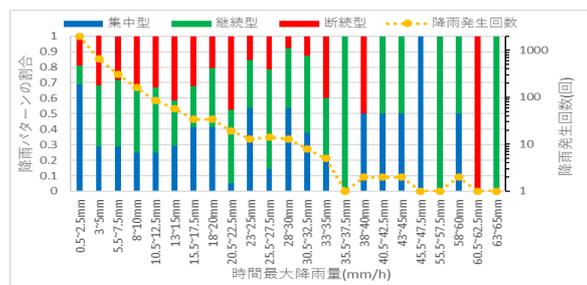


図-2 雨群の最大時間降雨量に応じた降雨パターンの割合および発生回数

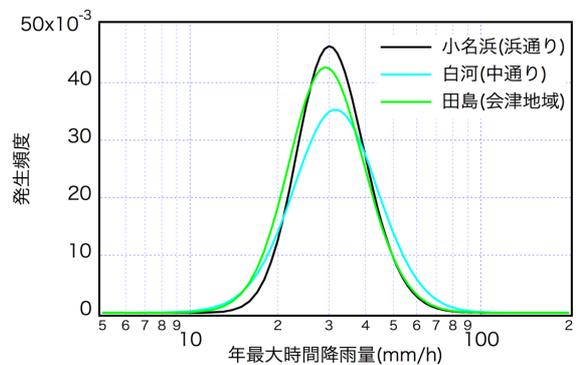


図-3 3地点における年最大時間降雨量の確率密度関数の比較

3. 会津地域、中通り、浜通りにおける年最大時間降雨量に関する降雨ハザード

会津地域、中通り、浜通りにおける3地点を対象として、降雨ハザード曲線に比較を行う。降雨ハザードは、降雨群の最大時間降雨量の中の年最大値(年最大時間降雨量に対応)に着目し、極値分布のうちグンベル分布にもとづき算出した。図-3に各地点における年最大時間降雨量の確率密度関数の比較を示す。3地点のグンベル分布に基づく確率密度関数の特性値である期待値に相当する u_0 は田島が29.2mm/h、白河が31.6mm/h、小名浜が30.11mm/hと同程度の値となっているが、その発生頻度の大きさは、小名浜、田島、白河の順となっていることが分かる。また、超過確率0.5に対応する年最大時間降雨量は、白河35.4mm/h、小名浜33.0mm/h、田島32.4mm/hの順となっている。田島については、冬期においては降雪量も多いことから雪の影響も検討する必要があるが、ここでは降雨に着目した崩壊リスクの評価を実施することにする。

4. 降雨による斜面崩壊フラジリティの評価

降雨による斜面崩壊のフラジリティを評価するために対象とする斜面崩壊の形態は、既往の土砂災害事例のうち最も多く発生している表層崩壊を対象とする。そこで、フラジリティ評価の対象とする斜面モデルには、不透水層上に崩壊が懸念される表層地盤を有する無限斜面を用いた。表層崩壊に帯する限界状態はすべり安全率 F_s が降雨に起因して1.0以下となる状態と定義した。すべり安全率 F_s が1.0となる状態は、鈴木による考え方²⁾を踏まえ降雨により浸透した雨により地下水位が上昇し、その上昇による重量の増加のみを考慮したすべり安全率が1.0となる時の地下水位を次式に示すように限界地下水位 Z_{wc} とし、地下水位が限界地下水位を超える状態と定義した。

$$Z_{wc} = \frac{C/\cos^2\theta - \gamma_1(\tan\theta - \tan\phi)}{(\gamma_1 - \gamma_2 + \gamma_w)\tan\phi - (\gamma_1 - \gamma_2)\tan\theta} \quad (1)$$

すると降雨に対する表層地盤内の地下水位の上昇、また下降過程を求めることが必要となる。ここでは、降雨群に関する情報が得られていること、さらに表層崩壊を崩壊モードとしていることから、前述の斜面モデルを対象とし降雨の非定常性を考慮して地下水位の上昇、下降過程が評価できる図-4に示す森脇ら³⁾による近似解を地下水位の評価に用いることとした。

斜面崩壊フラジリティの評価には、限界値および応答値としての地下水位の評価が必要になるが、その評価に際しての不確かさ要因には、表層地盤の強度、透水係数、飽和度などの特性、斜面勾配や表層厚、雨群の特性などがある。ここでは、主要な不確かさとして雨群に応じた地下水位の非定常変動を対象とし、他の要因については確定量とした。確定量とした値は、鈴木や森脇らの論文を参考に設定し、表層厚は1.0m、表層の強度特性($C=2\text{kN/m}^2$, $\phi=35^\circ$)、飽和度の単位体積重量 $\gamma_f=17.248\text{kN/m}^3$ 、不飽和度の単位体積重量 $\gamma=13.916$ などとした。また、斜面勾配、斜面長についてはパラメータとし、斜面勾配は35度、40度、斜面長は無限、100m、50m、25mで設定した。限界地下水位は、35度に対して0.434m、40度に対して0.214mとなる。

降雨タイプの地下水位の変化に例として、斜面長50m、斜面勾配40°に対する斜面に、図-1に示した時間降雨量の時間変化を作用した際地下水位の時間変化(1時間は定常状態として)を色の変化として図-5に示す。連続降雨量96mmの断続型では最大地下水位は29.9cmであるが、連続降雨量88mmの継続型では最大地下水位47.7cm、連続降雨量59.5mmの集中型では最大地下水位が33.6cmとなり、最大地下水位は継続型、集中型の順に高いことが分かる。断続型は、無降雨が多く発生することにより地下水位が斜面下方に流れ、水位が発達しないため、連続降雨量が同程度でも他のタイプに比べ、地下水位の上昇量が小さい。

次に、斜面長が無限大の斜面について、2.5mm毎の最大時間降雨量に応じた雨群の数に対して、その雨群毎に計算した地下水位の最大値(最大地下水位)が限界地下水位を超える状態、つまり崩壊が生じる状態の数との比を降雨の条件付き崩壊確率とし、雨群の最大時間降雨量との関係を条件付き崩壊フラジリティ特性とし、白河、小名浜について斜面勾配が30、35、40についての比較を図-6に示す。斜面勾配が40°についてみると、小名浜における雨群の最大時間降雨量が10mm/h以上において、白河より崩壊確率より降雨パターンの違いにより大きな値となっている。

5. 福島県における降雨特性を考慮した斜面崩壊確率の評価

図-3に示した3地点の年最大時間降雨量の確率密度関数を積分し、年最大時間降雨量 R_m と超過確率との関係である降雨ハザード $H(R_m)$ を図-6に合わせて示す。この年最大時間降雨量 R_m の発生頻度を、雨群の最大降雨量の発生頻度と見なすと、次式により斜面崩壊確率を求めることができる。ここで、降雨条件付きの斜面崩壊確率と雨群の最大降雨量との関係を降雨フラジリティ $F(R_m)$ と呼ぶことにする。

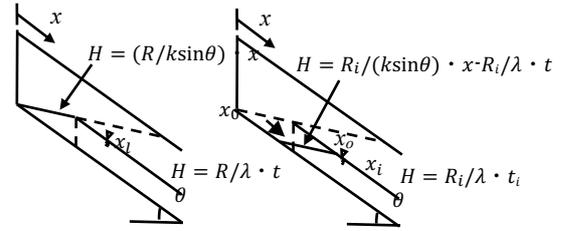


図-4 近似解に導出に用いた地下水位の発達・減水モデル

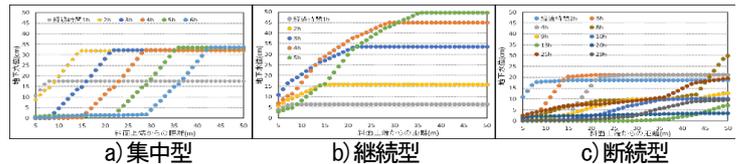


図-5 降雨タイプに応じた地下水位の時間変化

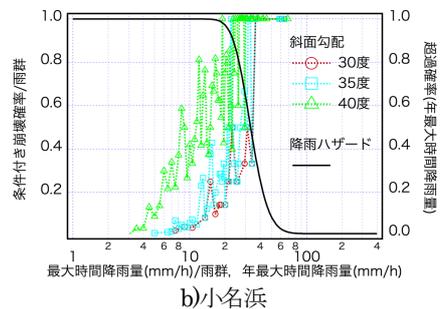
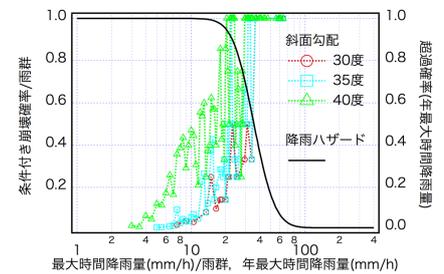


図-6 降雨パターンの不確かさを考慮した条件付き崩壊フラジリティ特性と降雨ハザード

$$Pf = \int_0^{\infty} F(R_m) \times \frac{dH(R_m)}{dR_m} dR_m \quad (2)$$

3地点について求めた降雨による斜面の崩壊確率と斜面勾配の関係を表-1に示す。表の確率は、斜面長が25m～無限大までの間の値に関する幅を示している。いずれの地点も表に示すように勾配が急になるにつれ崩壊確率が増加しているが、小名浜においては30度の勾配においても崩壊確率が0.04～0.44、崩壊発生の再現期間の期待値は2.3～25年と他2地点より短い再現期間も考えられる。さらに、小名浜では、35度の斜面についても、崩壊確率が0.52～0.23、崩壊発生の再現期間の期待値は2年以下となっていることが分かる。地域毎の際は、図-3に示した平均的な降雨の発生頻度の差異、さらに地域に応じた降雨パターンの差異などの影響が考えられる。

6. まとめ

ここでは、福島県内における降雨データをもちいて、降雨ハザードを評価し、降雨パターンの不確かさによる地下水位の変化を考慮した斜面崩壊確率の評価手法を示した。その手法を用い、会津地域、中通り、浜通りより抽出した田島、白河、小名浜の3地点について、斜面勾配や斜面長に応じた降雨による斜面崩壊確率を算出し、その比較を行った。その結果、地域に応じた平均的な降雨の発生頻度の差異、さらに地域に応じた降雨パターンの差異など、地域における降雨の特性は斜面崩壊の可能性に影響を及ぼすことが分かった。今後は斜面特性についても地域の特性を反映した、より現実的な斜面の表層崩壊リスクの評価を実施することが必要である。

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁:連続時間降雨量の定義及び過去の気象データ
- 2) 鈴木雅一:強度定数を用いた斜面崩壊発生限界雨量のモデル化, 新砂防, Vol.43, No.6, pp.3-8, 1991
- 3) 森脇寛・矢崎忍・黄文峰:降雨浸透に伴う地下水流の発達・減水過程と斜面崩壊に及ぼす影響に関する考察 Landslide, Vol.43, No.1, pp.9-19, 2006

表-1 地点毎の降雨による斜面崩壊確率と斜面勾配の関係

地 点	斜面勾配		
	30度	35度	40度
白 河	0.08-0.13	0.17-0.25	0.74-0.84
小名浜	0.04-0.44	0.52-0.63	0.87-0.89
田 島	0.04-0.16	0.19-0.23	0.75-0.76

深層学習による高速道路斜面の豪雨時崩壊確率の推定

－東北地方における令和元年台風 19 号および 21 号の事例－

東北大学 加村晃良, 大塚智貴, 風間基樹

東日本高速道路株式会社 長尾和之

株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北 澤野幸輝

1. はじめに

近年、異常降雨や大規模地震に起因して高速道路の切土および盛土が被災し、物流や日常生活に影響を与える事象が顕在化している。高速道路の延長の約4割が供用後30年以上を経過し、経年劣化に伴うリスクの高まりが懸念されており、効果的なアセットマネジメント手法の確立が急務となっている。芳賀ら¹⁾は、切土のり面における地形や地質等の条件を「素因」、降雨情報を「誘因」として、機械学習の手法の1つである深層学習を適用し、のり面リスク評価において深層学習が有効なツールになり得る可能性を示した。本研究では、令和元年台風19号と後続の21号を検証事例として、深層学習により高速道路のり面の崩壊確率を推定し、その妥当性評価および学習モデルの改善に関する検討を実施した。

2. 深層学習の概要

深層学習の構造は、のり面崩壊に関する「素因」と「誘因」および崩壊の有無を示す「正解ラベル」からなり、構築した深層学習モデルはこの正解ラベルに対応する崩壊確率をアウトプットする。素因については、東北地方の高速道路のり面において、1993年から2017年までの25年間で発生した213個所ののり面災害の事例から、東北地方ののり面災害に大きく影響を与える地形、地質等をスコアリングしたもの²⁾を正規化して学習に用いた(表1)。素因の降雨情報については、気象庁が提供する解析雨量から算定される1時間、24時間、48時間、72時間、168時間の各累積雨量を用いた。これらを入力層に配し、崩壊・非崩壊情報を正解ラベルとして、図1に示すような深層学習のモデルを構築した。検証には、2019年の台風19号および21号で崩壊した46箇所の事例を含む107データを用いた。

表1 深層学習に用いたのり面の素因の点数²⁾

項目	素因	配点	機械学習に用いた評点
地形	崖錐地形	35	0.7
	集水型傾斜	50	1
	尾根地形(頭部開発行為あり)	35	0.7
	尾根地形(頭部開発行為なし)	5	0.1
切土のり面地山の土質・地質	土砂	35	0.875
	ローム	25	0.625
	スレーキング性の岩	40	1
	花崗岩(まさ土含む)	40	1
	非スレーキング性の岩	10	0.25
崩壊性の構造	断層または褶曲軸あり	10	1
	断層または褶曲軸なし	0	0

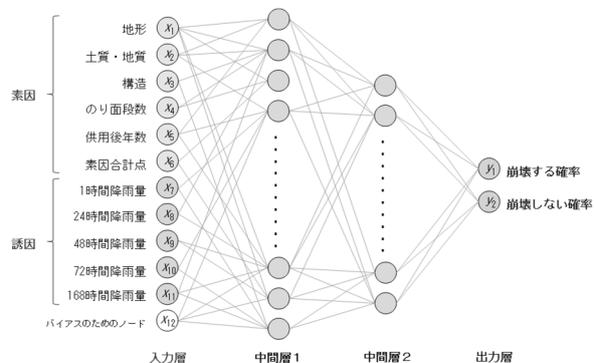


図1 本研究における深層学習の概念図

* Prediction of Failure Probability of Cut Slope on Expressway due to Heavy Rainfall via Deep Learning by Akiyoshi Kamura

3. 深層学習による推定結果

構築した深層学習モデルを用いて、台風 19 号および 21 号で実際に崩壊した斜面を含む 107 データ（崩壊事例 46、非崩壊事例 61）に対し、崩壊確率の算定を実施した。まず、台風 19 号の崩壊事例を学習させず、既往の学習データのみから台風 19 号被害を予測判定させた結果を表 2 に示す。ここでは、暫定的に、崩壊・非崩壊のしきい値を確率 50%として分類している。結果について、F 値に基づく敏感率を算定すると、この予測判定結果は的中率 65%と得られる。ここで、実際に崩壊しているのにも関わらず深層学習で非崩壊と判定した事例は、FN=16箇所であるが、これは崩壊事例の約 35%を見逃してしまうということを意味する。高速道路のアセットマネジメント援用を志向する中で、この見逃し率はできる限り低く抑えることが望ましい。

そこで次に、台風 19 号および 21 号に関する 107 データを約 6:4 に分け、65 データを学習にまわし、42 データをテストデータとして評価することとした。その結果を表 3 に示すが、的中率は 74%に向上しており、崩壊事例の見逃し率も 26%に低下していることから、台風 19 号関連のデータを学習させた効果が認められる。既往の学習データと台風 19 号関連のデータを比較すると、過去の崩壊事例は一定期間内にまとまった雨が降ることで崩壊した事例が多いのに対して、台風 19 号関連では、短期集中的な豪雨によって崩壊に至ったケースが多く、その違いが崩壊予測判定の結果に影響を及ぼしたものと考えられる。言い換えると、提案する深層学習モデルは、崩壊事例のデータを蓄積させて学習を逐次更新させていくことで、効果的なのり面の豪雨時崩壊確率の算定に寄与するシステムであると捉えることができる。

表 2 台風 19 号を学習データに含まないモデルでの

表 3 台風 19 号を学習データに含むモデルでの

		検証事例				検証事例	
		深層学習による予測				深層学習による予測	
		崩壊	非崩壊			崩壊	非崩壊
実際	崩壊	TP=30	FN=16	実際	崩壊	TP=14	FN=5
	非崩壊	FP=39	TN=22		非崩壊	FP=16	TN=7

(崩壊 46 + 非崩壊 61 の計 107 データ) (崩壊 19 + 非崩壊 23 の計 42 データ)

4. まとめ

本研究では、のり面崩壊の「素因」と「誘因」および崩壊の有無を示す「正解ラベル」からなる深層学習モデルを用いて、令和元年台風 19 号および 21 号の崩壊事例に関する検討を実施し、一定の有効性を確認した。今後は、更なる学習データの蓄積が望まれる。

参考文献

- 1) 芳賀奈津美, 風間基樹, 加村晃良, 長尾和之, 澤野幸輝: 高速道路の斜面災害の分析における Machine Learning の適用, 東北地域災害科学研究, Vol.56, pp.205-207, 2020.
- 2) 長尾和之, 澤野幸輝, 松崎孝汰, 加村晃良, 風間基樹: 被災のり面データに基づく東北地方の豪雨による高速道路のり面の崩壊素因の評価の試み, 土木学会論文集 C (地圏工学), 第 76 巻, 3 号, p.235-253, 2020.

玉川酸性水の中和を目的とした石炭灰造粒物の製造に関する研究*

秋田大学 齋藤憲寿・加賀谷史・池内孝夫・佐々木明日香・網田和宏

1. はじめに

玉川酸性水は、玉川温泉の 98 °C、湧出量 9 m³/min、pH1.1~1.4 の酸性—硫酸強酸性水¹⁾を要因とし、中和処理施設において pH4.6 程度まで上昇させて玉川へ放流している。また、玉川には支流からの流入もあるため、田沢湖へ流入する頃には pH5.8 程度まで上昇しているが、1930 年頃までに観測された pH6.8 には達しておらず、クニマスなどが生息できる環境はまだ取り戻せていない。

そこで本研究では、火力発電所から大量に産出される石炭灰（フライアッシュ）に着目し、玉川酸性水の中和を目的とした石炭灰造粒物の製造を行った。

2. 使用材料および造粒方法

フライアッシュとは、微粉炭を燃焼した際に発生する石炭灰のうち、集塵器で採取された灰である。ポゾラン反応により生成された水和物はセメントの水和生成物と類似した化合物となり、コンクリートの耐久性や水密性を高める効果がある。本研究ではフライアッシュ（II種）を使用しており、表 1 に物理的性質を示す。

造粒は転動造粒法²⁾を採用した。粒子が転動しながら成長していくため、粒度を制御しやすく粒子が球状で表面が滑らかとなる。本研究では低速回転するドラムへフライアッシュ、高炉セメント、消石灰を連続投入し、水を霧状に吹き付けた。図 1 にフライアッシュおよび石炭灰造粒物を示す。

3. 石炭灰造粒物の品質評価方法

走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて造粒物の断面を観察し、エネルギー分散型 X 線分光器 (EDS) を用いて元素の種類および構成比率の分析を行った。また、JIS A 1204 に準じてふるい分け試験を行い、粒径加積曲線を算出した。

表 1 フライアッシュの物理的性質

品質	試験値
二酸化ケイ素含有量(%)	61.8
強熱減量(%)	1.7
密度(g/cm ³)	2.22
比表面積(ブレーン法)(cm ² /g)	4000
フロー値比(%)	109
メチレンブルー吸着量(mg/g)	0.4

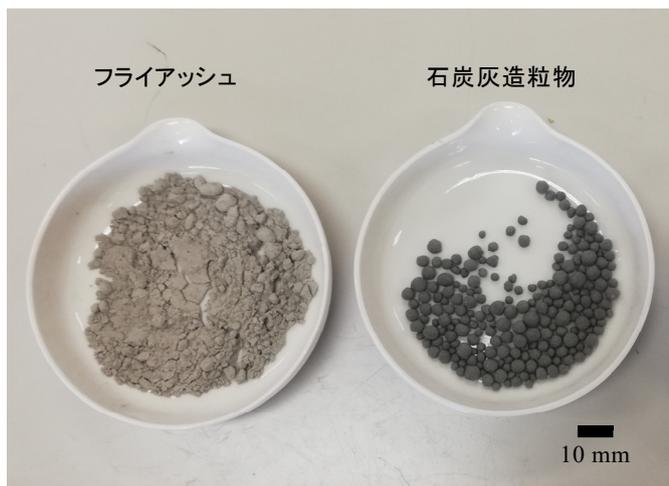


図 1 フライアッシュおよび石炭灰造粒物

*Study on the production of Coal Ash Granules for the purpose of neutralizing Tamagawa Acidic Water by Noritoshi SAITO, Fumito KAGAYA, Takao IKEUCHI, Asuka SASAKI and Kazuhiro AMITA

表 2 石炭灰造粒物の元素および構成比率

元素	Si	Al	Ca	Fe	K	Ti	Mg	Na	P	S	Cr	Cd	Pb
原子数(%)	55.38	22.00	13.25	2.55	1.23	0.87	1.72	1.11	0.99	0.79	0.12	0.00	0.00

4. 実験結果

表 2 に元素分析結果を示す。石炭灰造粒物は元素の 90 %以上を Si、Al および Ca で構成しており、重金属である Cr は 0.12 %含まれていた。しかし、Cd および Pb は検出されなかった。

図 2 に石炭灰造粒物断面の顕微鏡観察結果を示す。球状のフライアッシュの周辺に異なる複数の物質が付着し、積層していることがわかる。また、中央にはエトリンガイトのような針状結晶が見られた。

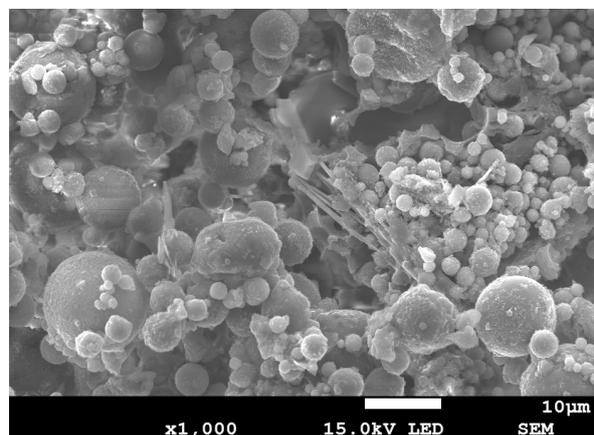


図 2 石炭灰造粒物の断面

図 3 に石炭灰造粒物の粒径加積曲線を示す。均等係数 (Uc) 2.3、曲率係数 (U'c) 1.2、平均粒径 (D_{50}) 2.0 mm、有効径 (D_{10}) 1.5 mm であった。また、造粒物全体の 76 %は粒径 2~4.75 mm であったが、これは材料の投入量や投入手順を変更することにより、調整が可能であると考えられる。

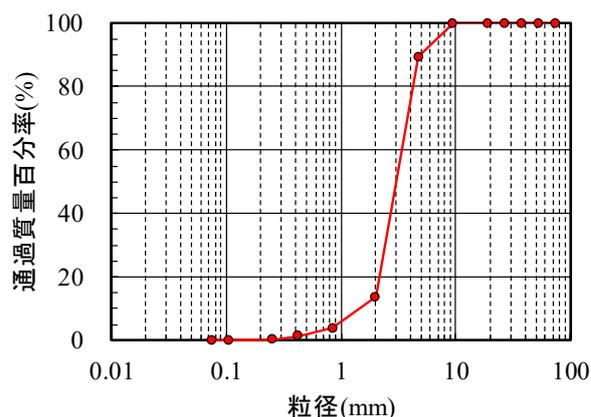


図 3 粒径加積曲線

5. まとめ

本研究では玉川酸性水の中和を目的として石炭灰造粒物を製造し、品質評価を行った。その結果、重金属である Cr は 0.12 %含まれていたが、Cd および Pb は検出されなかった。また、粒度分布を見ると造粒物全体の 76 %は粒径 2~4.75 mm であり、造粒物の断面を観察するとフライアッシュの周辺に異なる複数の物質が付着していた。

謝辞：本研究は秋田大学総合技術部研究助成および秋田大学理工学研究科技術部特別研修の支援を受けた。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 梅津芳生：玉川温泉酸性水の中和と水質改善，温泉化学，Vol.43，No.3，pp.69-77，1993.
- 2) 関口勲：粉体の凝集造粒とその操作，色材，Vol.53，No.10，pp.594-601，1980.

石炭灰造粒物を用いた玉川酸性水の中和実験

秋田大学工学部 加賀谷 史, 齋藤 憲寿, 佐々木 明日香, 池内 孝夫, 網田 和宏

1. はじめに

玉川温泉の大噴から流れ出す玉川酸性水は pH 1.1 程度と極めて酸性度が高く、現在は中和処理施設で pH 3.5 以上に調整してから放流しているが、そのために年間 1.5 万 t 以上もの莫大な量の石灰石を消費している。

また、国内の石炭火力発電所からは石炭の燃焼残渣である石炭灰が年間 900 万 t 程発生している。現在はこのうち 98% が再利用されているものの、その再利用先はセメント原材料が 7 割を占めており [1]、セメント需要の落ち込みがあった場合、それに伴う再利用率の大幅な下落が懸念される。

本研究ではこの石炭灰に含まれるアルカリ成分に着目し、石灰石の代替となる玉川酸性水の中和剤としての再利用可能性を検討したものである。

2. 実験

2-1. 造粒物の作製

取り扱いの簡便化、及び有害成分の溶出抑制のため、石炭灰に BB セメント及び消石灰 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を混合して球状の造粒物を作製し、これをふるい分けにより $2.00 < \phi < 4.75 \text{ mm}$ として以後の実験で用いた。

2-2. 酸性水の採取及び成分分析

中和試験においては、現地から採取した玉川温泉水 (pH 1.13)、河川水 (pH 5.58) 及び田沢湖水 (pH 5.80) を試料水として用いた。

また、誘導結合プラズマ発光分光分析装置 (ICP-AES) を用いて試料水中に含まれる有害な重金属イオン (ここでは鉛イオン Pb^{2+} 、カドミウムイオン Cd^{2+} 及びクロム (VI) イオン Cr^{6+} の 3 種) の濃度測定を行った。

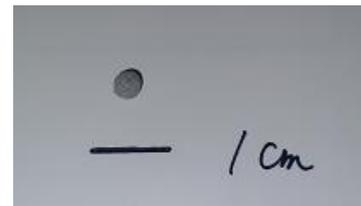


Fig.1 造粒物 写真

2-3. 酸性水の中和試験

造粒物を 5 g 測り取り、これをビーカーに入れた 1 L の各種試料水に投入し、マグネチックスターラーで 48 時間攪拌した。その際試料水を一定時間ごとに採水し、ガラス電極式測定器による pH の測定を行い、その時間変化量及び最大到達値から中和能力を評価した。石灰石についても造粒物と同一の粒径範囲にふるい分けしたものをを用いて同一条件で試験を行い、造粒物との比較検討を行った。

また、中和試験後の試料水についても ICP-AES による重金属イオンの濃度測定を行い、これを中和前の値と比較することにより、試料水中への溶出状態の確認を行った。

3. 結果と考察

Fig.2 に造粒物による中和試験の結果を示す。湖水では1時間でpH 5.80から10.1まで、4時間でpH 10.7にまで上昇したが、その後変化はほぼ見られなくなった。河川水についてもpH上昇速度、最大到達値ともに湖水とほぼ同等であった。一方で温泉水では、48時間後でもpH 1.69とほぼ変化していなかった。温泉水の中和が進行しない理由には、硫酸イオン SO_4^{2-} 濃度が $1.73 \times 10^3 \text{ mg/L}$ と高く[2]、難水溶性の硫酸カルシウム CaSO_4 が析出する濃度である $1.54 \times 10^3 \text{ mg/L}$ [3]を超えていることが考えられる。このため造粒物に存在するカルシウム化合物と反応して造粒物の表面を被覆するように CaSO_4 が生成し、中和反応の進行を妨げた可能性がある。

石灰石 (Fig.3)と比較したところ、温泉水では造粒物と同様に中和はほぼ進行しない一方、河川水及び湖水ではpH上昇速度はほぼ同等、到達pHは造粒物の方が高い結果となった。

Table.1 に造粒物による中和試験前後における重金属イオン濃度を示す。中和前から高かった温泉水の Pb^{2+} 濃度は中和後にやや上昇したものの、河川水及び湖水ではいずれのイオンにおいても中和前後ともに検出されなかったため、造粒物からの重金属イオンの溶出はほぼ起こっていないと考えられる。

4. 結論

造粒物による中和試験において、河川水及び湖水では明確な中和効果が見られ、これは同一質量の石灰石によるものと比較しても進行速度はほぼ同等、到達pH値はそれ以上であった。また、懸念されていた重金属イオンの溶出もほぼ見られなかった。このことから、石炭灰は酸性水の中和剤への利用可能性を有していることが分かった。

謝辞

本研究は、秋田大学技術部(総合・理工)より助成いただいた資金によって実施された。

参考文献

- [1]石炭エネルギーセンター 石炭灰全国実態調査報告書(平成30年度実績)
- [2]佐藤比奈子・石山大三・水田敏夫・松葉谷治・村上史一 秋田県玉川温泉の温泉水と温泉沈殿物の地球化学的特徴 資源地質, 60(1), 15~24, 2010
- [3]梅津芳夫 酸性水の石灰石による中和効果におよぼす溶存成分の影響 Gypsum&Lime No. 234 (1991)

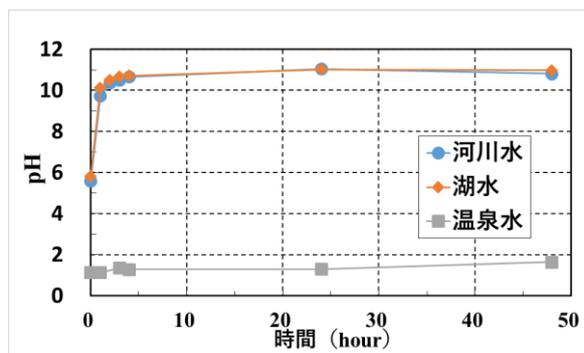


Fig.2 造粒物の中和試験による pH 変化

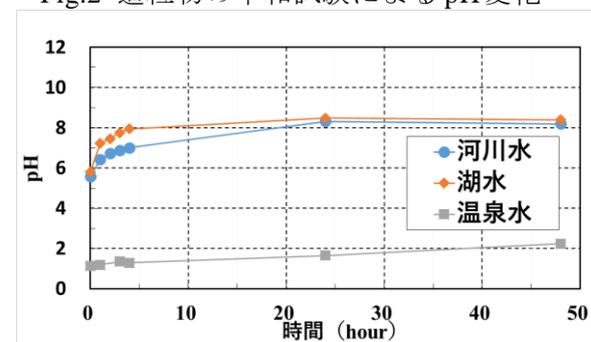


Fig.3 石灰石の中和試験による pH 変化

状態	試料水	Pb(ppm)	Cd(ppm)	Cr(ppm)
中和前	温泉水	0.107	0	1.44
	河川水	0	0	0
	湖水	0	0	0
中和後	温泉水	0.134	0	0.978
	河川水	0	0	0
	湖水	0	0	0

Table.1 中和前後における重金属イオン濃度

<第2会場>

— 第3部 (6題) —

司会：柴山 明寛 先生

12月26日(土)12:30~14:00

会議名 (第二会場_26日)

中国武漢における水害の発生原因と対策

東北大学大学院工学研究科 周 晋
東北大学災害科学国際研究所 柴山 明寛
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

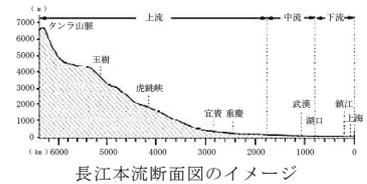
毎年夏季、中国武漢を貫いて流れる長江は増水期に入り、洪水が頻繁に発生している。もし同時に長江流域で長い間集中豪雨が降れば、大洪水を起こす可能性が高くなる。その時、武漢は外水氾濫の危険性に脅かされているだけでなく、市内の地面にたまった水を長江に排出しにくくなり、局地あるいは全域で内水氾濫が発生し、街はまるで海のようなになる。

本稿では、公開されているニュースと文献資料を踏まえ、武漢が外水氾濫の脅威を受ける原因と内水氾濫が発生する原因を整理し、それぞれに対する対策について報告を行う。

2. 武漢の概要

武漢は中国中部地方及び長江中流域唯一のメガシティにして温暖湿潤気候に属し、地球温暖化の影響を受け、夏には雨が多くなり降水も集中するようになる。

昔、古代中国で湖北省の武漢一帯には「雲夢澤」という大湿地があり、後に長江と漢水が沖積して平原となった。武漢は長江と漢江が合流する地域を中心に発展し、市内に水系ネットワークが密に分布しており、豊富な水資源を持っている都市¹⁾である。しかしながら、都市開発や農地開拓などにより、武漢市内の水系網が破壊され、同時に市内と周辺の水域、特に湖の面積が急に減少した。

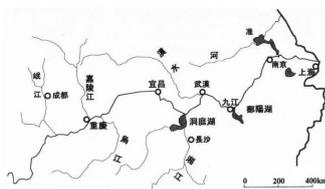


長江本流断面図のイメージ

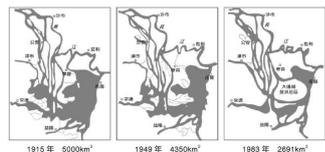
3. 武漢が外水氾濫の脅威にさらされる原因と対策

毎年、長江が7、8月の主な増水期に入ると、大小の洪水が発生している。1990年からの30年間に、長江には1998年と2016年に2回の特大洪水が発生した。武漢が夏季にずっと外水氾濫の危険性に脅かされている原因は主に二点ある。一つ目は武漢の自然地理である。武漢は江漢平原に位置し、地勢が低くなだらかである。こちらで、長江は蛇行して流れており、川幅が上流より広く、流速も遅く、水はげが悪い。同時に、周辺には支流や湖が多く、夏季に連続豪雨がよく発生しており、流れて来る水量も多い。二つ目は人為活動である。長江の洪水氾濫の直接的な原因は、長江流域の森林の乱伐により、水土が流失し、中下流の湖を囲んで造田し、河道を占拠したこととされている。昔、長江と繋がっている洞庭湖と鄱陽湖は巨大な自然水体として洪水に対し、有効な調節作用を果たしていた。上流からの土砂の流入と農地の開拓のため、湖の面積が徐々に縮小し、本来持っている貯水能力が低下した。洪水が発生する時に武漢の下流に位置する鄱陽湖の水位が一定の高さに上昇すると、バックウォーター現象が生じ、長江が流れづらくなり、更に武漢での長江水位を高め、外水氾濫の危険性が大きくなる。

近年、洪水氾濫を防ぐために、退田還湖や退耕還林など治水対策が実施されており、その中に、長江堤防の整備と三峡ダムの使用が注目されている。武漢の平均標高は24mである。もし堤防がなければ、武漢は長江の洪水に浸かってしまう。武漢の長江堤防は1954年の洪水位(29.73m)より1.5mから2m高い高さで建設され、同時に23m、25mと28.8mの親水プラットフォームも設計された。武漢の長江の設防水位は25.0mで、警戒水位は27.3m、保証水位は29.73mである。長江の水位が一定の高さを超えると、政府はそれに応じる対策(表1)を講じる。また、長江の上流にある総容量393億m³の三峡ダムの竣工とともに、夏の増水期に長江中下流に位置する都市の安全性を高めることができる。三峡ダムの水位は、通常145~175mの間に変動し、毎年の増水期が来る前に、三峡は水位を最低点に下降し、大量の容量を準備しておく。



長江流域のイメージ²⁾



洞庭湖水域面積の変遷

長江上流で形成した洪水が中下流に襲来する前に、三峡は余裕な容量を利用し、水を蓄え、できるだけ中下流の水位を常に安全範囲に保つ。

水位	応急システム	応急対策
25.0m+	防洪Ⅳ級応急対応	①当直制度の執行②巡堤点検
27.3m+	防洪Ⅲ級応急対応	①24時間体制のパトロールと防御②1kmあたり5人以上が当番
28.8m+	防洪Ⅱ級応急対応	①24時間体制のパトロールと防御②1kmあたり8人以上が当番③重要な危険箇所は人を派遣してパトロール警備
29.5m(29.73m+の予測あり)	防洪Ⅰ級応急対応	①24時間体制のパトロールと防御②1kmあたり60人以上が当番③重要な危険箇所、堤防、ダムのすべての構造物は、指導者、技術者、民兵、公安役員、武装勢力により守られる

表1 洪水に対する武漢長江堤防についての応急対策

武漢は長江堤防に保護されているものの、局地では危険が発生する可能性もある。2016年大洪水の時、長江の水位が上がり続けたため、武漢市内の長江に近い湖と巨大な落差を形成し、湖水は大きい圧力を受け、パイピング現象が発生した。また、武漢新洲地区の長江支流の堤防では、決壊や越水などの被害も発生した。その時、政府の指揮のもと、市民が安全地区に緊急移転され、それぞれ短期間で周囲の堰を築くことと決壊した所を塞いで堤防を修復することによって解決された。

4. 武漢の内水氾濫の発生原因と対策

昔、武漢には100個以上の湖が存在していた。しかし、食糧問題の解決と住宅地の確保を目的とした埋立ブームが行われていた³⁾。市内で数多くの湖が縮小し、消滅したものも多い。このような水域の変遷により、湖と湖、河川と湖は切り離されるようになり、水系網の構造が簡略化し、貯水能力も弱まった。また、中央政府は地下工事の実績が見えないので、当時の武漢政府は排水事業などのインフラの整備を重視していなかった。その代わり、経済性が過剰に強調され、武漢地下の排水システムの建設基準も低かった。同時に、都市地盤が変化され、ヒートアイランドが発生し、局地の気候が変動している⁴⁾。

一方、降水量が増す時期は長江の増水期と重なり、洪水の高さは武漢より高くなる。市内の湖沼の水と地面にたまった水は長江に自然に流入することができず、ポンプ場を介して排出しなければならない。しかし排水能力の限界がある。2016年には連続の豪雨により武漢で大規模な内水氾濫が発生し、その時、武漢政府各部門は相応の応急対策(表2)を実行していた。

部門	応急対策	部門	応急対策
交通管理、城管、水利	浸水地での交通管制	交通(バス)	バスの準備、危険地域にいる市民の緊急移転
ガス、水道、電力	ガス、水道、電力の安全確保	交通(地下鉄)	地下鉄入り口の封鎖、雨水浸入の防止
房管	危険家屋の検査と補強	消防	緊急救助人員、物資、設備の準備、現場の緊急救助
園林	街路樹の傾倒の防止	都市建設	トンネルや深基坑など重要なところでの応急措置
国土計画	山崩れの危険がある地域の調査	災害対策本部	メディアを通じ、気象赤色警報の発表

表2 内水氾濫に対する武漢政府各部門の応急対策

将来、内水氾濫を起こさないようにするため、武漢政府は下記の四つの対策を実施している。
 ①武漢全体の排水管網のアップグレード:排水能力を向上させる。
 ②スポンジ都市建設の推進:雨水の自然浸透、自然浄化を実現する。
 ③水域面積の守り:湖の貯水機能を強化する。
 ④都市管理・調度の強化:洪水・冠水の応急対策を完備する。今年、武漢政府に最新版の浸水地ハザードマップも発布され、市内59カ所の内水氾濫が発生しやすい場所が表示されている。

5. おわりに

本稿は武漢が外水氾濫の脅威を受ける原因と内水氾濫が発生する原因を整理し、それぞれに対する対策を簡単に紹介した。武漢の自然地形と人為の都市開発、そして農地開拓が水害発生の重要な原因であった。水害を防ぐ対策としては、水害発生時の応急対策、長江堤防の整備、三峡ダムの貯水、市内排水能力の向上などが実施されていることが分かった。今後も詳細なニュースと文献調査を行い、水害についての防災対策に繋げる研究を続けていく。

ニュース情報元

滁州气象://www.czqxj.net.cn/zaihai_52057 武汉生活网://www.wuhan.com/life/45372.html
 水投策论://baijiahao.baidu.com/s?id=1671530462105818526&wfr=spider&for=pc 武汉本地宝://wh.bendibao.com/news/202077/113076.shtm
 湖北省人民政府://www.hubei.gov.cn/zhuanti/2016zt/2016fxkh/ 中国新闻网://www.chinanews.com

参考文献

- 1) 3) 王秋婷. 武漢市における水辺空間の類型と利用に関する研究 (http://www.hues.kyushu-u.ac.jp/education/student/pdf/2010/2HE09005E.pdf)
- 2) 早瀬吉雄. インターネットによる中国長江の1998年洪水と治水史の検証. 水文・水資源学会誌. Vol. 12, No. 1 (1999) pp. 53-59
- 4) 陈昆仑 等. 快速城市化下的武汉城市暴雨渍水空间特征及发生机制. 经济地理. Vol. 40, No. 5 (May, 2020) pp. 129-13

インドネシア Citarum 川上流域の洪水氾濫解析に関する基礎的検討*

日本大学工学部土木工学科 神谷青佑
日本大学工学部土木工学科 朝岡良浩
日本大学工学部情報工学科 若林裕之

1. はじめに

インドネシアの食糧生産は気象変動影響による低下が予想されている¹⁾。このため、インドネシア政府は食料安全保障や農家の取得向上を政策上の優先課題の一つとして位置付け、損害補てん型農業保険を実施している。農業保険制度によって農家に補償金を支払う際、農業保険の担当者が被害地を現地調査がするが、個々の被害状況を調査するには多くの時間と労力を要する。

上記の課題に対して、洪水・氾濫に起因する水田耕区の水害に関しては、衛星画像を用いたモニタリング手法の開発が進められている。Wakabayashi et al., (2019) は Sentinel-1 衛星を用いた広域被害のモニタリング手法を検討した。また、Sentinel-1 衛星の観測周期が 12 日であるため観測期間を補う方法として、竹田ら(2020) は内水氾濫モデルを用いて高い時間間隔で浸水域を解析したが、内水氾濫だけではなく外水氾濫を扱う必要があることを示した。以上を踏まえて、本研究はインドネシア Citarum 川上流域を対象として降雨流出氾濫解析を行い、降雨・流出が流域内の Bojongsong 地区および Tegalluar 地区の氾濫に及ぼす影響を評価する。

2. 対象地域

本研究はインドネシア西ジャワ州の Bojongsong 地区および Tegalluar 地区(図 1)の外水氾濫を解析した。Citarum 川の全長は約 350km, 流域面積は約 6000km²である。両地区では東から西に向かって Citarum 川が流れ、雨季には浸水被害が発生する。本研究は流出・氾濫を一体的に解析し、流出解析の範囲を Citarum 川の上流域(図 2)に設定した。具体的には、Nanjung 地点の上流域である。

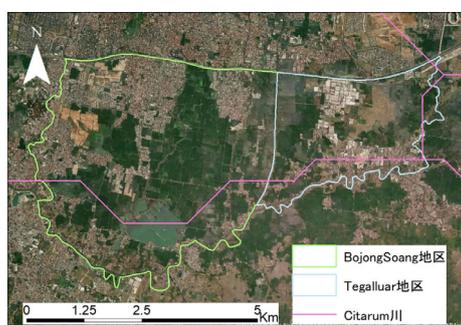


図 1 Bojongsong 地区および Tegalluar 地区

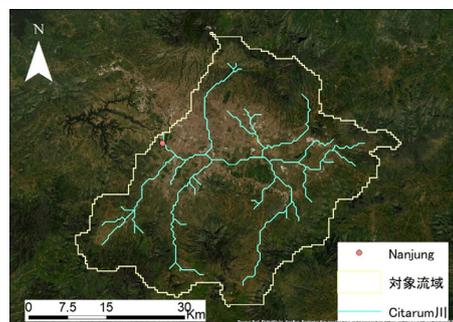


図 2 流出解析の対象地域

*A Fundamental Analysis on Flood and Inundation with a Numerical Simulation in the Upstream Area of the Citarum River basin, Indonesia by Seisuke Kamiya, Yoshihiro Asaoka and Hiroyuki Wakabayashi

3. 研究手法およびデータセット

本研究は RRI モデル(Rainfall-Runoff-Inundation)⁴⁾を対象地域に適用して、降雨・流出・氾濫を一体的に解析した。対象地域を 15"メッシュに分割し、拡散波近似した二次元浅水方程式を展開する。各メッシュは河道部もしくは流域部に分類され、流域部では地中部の降雨流出過程も取り扱う。以下に二次元浅水方程式を示す。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} = r - f$$
$$\frac{\partial q_x}{\partial t} + \frac{\partial uq_x}{\partial x} + \frac{\partial vq_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho}$$
$$\frac{\partial q_y}{\partial t} + \frac{\partial vq_y}{\partial x} + \frac{\partial uq_x}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho}$$

ここに、 u , v は x , y 方向の流速, q_x , q_y は x , y 方向の流量フラックス, h は水深, H は水位, τ_x , τ_y は x , y 方向の剪断応力, r は降雨強度, ρ は水の密度, f は鉛直浸透強度, t は時間である。

RRIモデルに入力するCitarum川の標高, 流域, 流向といった数値地図情報はHydroSHDESより取得し, 一部修正した。雨量データは衛星全球降水マップのGSMap_MVKプロダクトを用いた。対象期間は2018年9月から2019年4月までの8ヶ月間である。Bojonsoang地区およびTegaullur地区の浸水実績はWakabayashi et al., (2019)がSentinel-1衛星を用いて推定したデータを参照した。取得した浸水域の日付は2019年4月1, 4, 13, 16, 25, 28日である。4月1日および13日を図3示す。

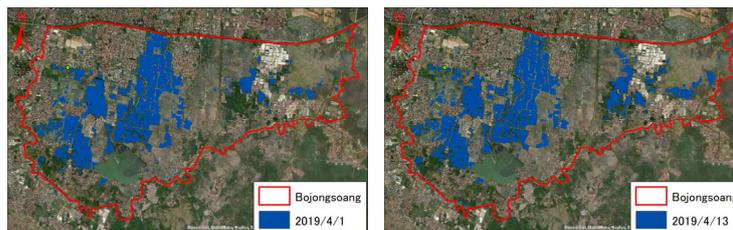


図3 衛星画像から推定した浸水域²⁾

左：4月1日, 右：4月13日

4. まとめ

本研究では, RRI モデルを用いて Bojonsoang 地区および Tegaullur 地区の洪水氾濫量を算出し, 衛星画像と比較して数値シミュレーションを検証する予定である。

参考文献

- 1) Rosamond L. Naylor, David S. Battisti, Daniel J. Vimont, Walter P. Falcon, and Marshall B. Burke: PNAS, 104(19), 7752-7757, 2007.
- 2) Wakabayashi, H., Motohashi, K., Kitagami, T., Tjahjono, B., Dewayani, S., Hidayat, D., and Hongo, C.: FLOODED AREA EXTRACTION OF RICE PADDY FIELD IN INDONESIA USING SENTINEL-1 SAR DATA, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-3/W7, 73–76, 2019.
- 3) 竹田稔真, 河村弘仁, 朝岡良浩, 若林裕之. インドネシア Citarum 川流域の水田耕区における氾濫解析, 東北地域災害科学研究, Vol.56, p.33-38, 2020.
- 4) 佐山敬洋, 建部祐哉, 藤岡 奨, 牛山朋来, 萬矢敦啓, 田中茂信. 2011 年タイ洪水を対象にした緊急対応の降雨流出氾濫予測, 土木学会論文集 B1(水工学), Vol.69, No.1, p.14-29, 2013.

UAV-SfM 三次元点群を用いた水害ハザードバーティカルマップ

橋本雅和¹, 市川健², 那須野新², 佐藤翔輔¹

1 東北大学 災害科学国際研究所

2 株式会社復建技術コンサルタント

1. はじめに

近年の度重なる豪雨災害の影響もあり、水害ハザードマップの認知度は高まりつつある。一方で、平面二次元の情報から実際の浸水深をイメージすることが難しい場合もあり、リスクコミュニケーションの課題が残されている。例えば、浸水深は近隣家屋との相対的な深さとして示すことで、浸水に伴うリスクをイメージし易いく、想定される浸水状況の可視化はリスクの適切な理解につながり、早期の避難行動を促す等のメリットがある。

浸水深と対比させる地形データは国土地理院が発行している基盤地図情報(10m および 5m)の標高データがあるが、家屋毎の詳細な三次元情報は含まれていない。詳細な地形情報の把握のためには、衛星、UAV レーザー、UAV 写真測量(以後 UAV-SfM)等が使われるが、本研究では国内河川での運用実績が豊富であることから UAV-SfM による観測データを用いることにした。

よって本研究の目的は、1) 基盤地図情報と UAV-SfM 三次元点群を併用して、水害ハザードの鉛直表示システムを構築すること、2) 河道上空からの高度別の空撮による、沿川家屋の三次元情報取得の可能性を評価することとする。

2. 手法

対象地域は宮城県を流れる七北田川中流域とした(図 1)。沿川に住宅地が広がっており、水害リスク管理が特に必要な地域である。浸水深の情報は仙台市の水害ハザードマップを用いた。

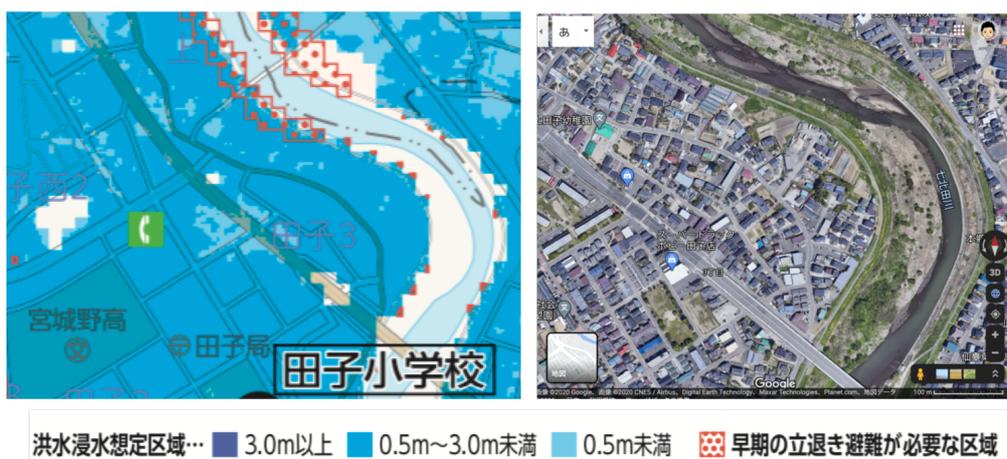


図 1 対象地域 (左: 水害ハザードマップ, 右: google map 衛星画像)

*Vertical Flood Hazard Map using 3-D point cloud generated by UAV-SfM approach by Masakazu Hashimoto, Ken Ichikawa, Arata Nasuno and Shosuke Satoh

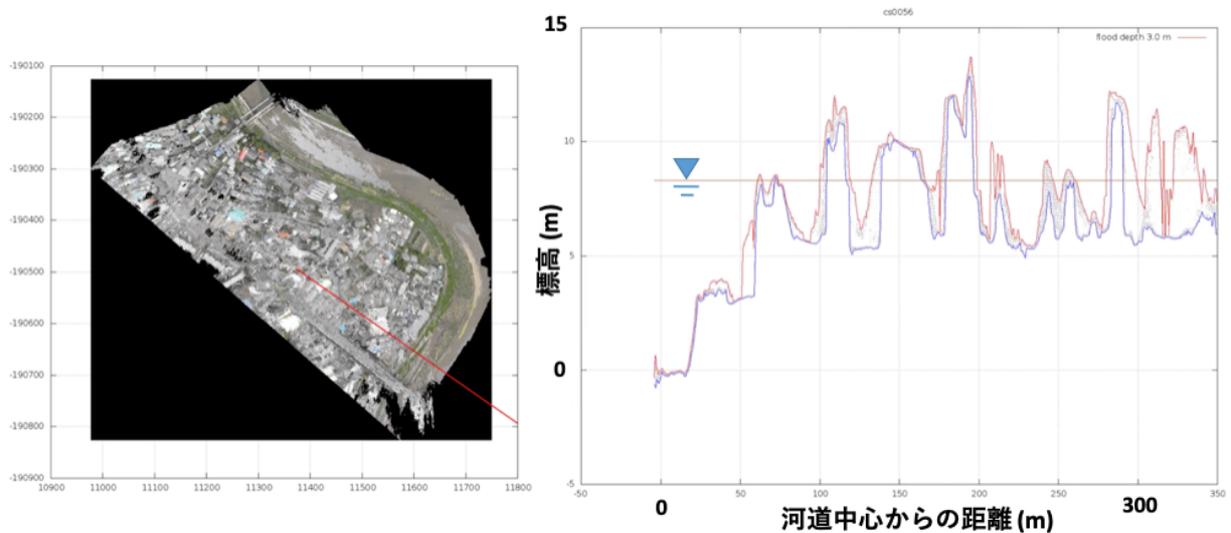


図 2 浸水垂直表示画面の例（左：オルソ画像，右：浸水状況の鉛直断面，右図赤線は点群の最高点，青線は最低点，灰色点は中間点群を示す）。

広域での地形情報は基盤地図情報 5m メッシュを用い、沿川家屋に関しては UAV-SfM による測量を宮城野区田子 3 丁目付近中心に行い、三次元情報の取得を試みた。UAV の飛行高度は 100, 75, 50m で設定し、それぞれの高度からの情報取得精度を比較した。

3. 結果・考察

対象地のオルソ画像と堤内地の浸水状況を鉛直断面示した様子を図 2 に示す。基盤地図情報に加えて、UAV-SfM により得られる三次元データを表示することで、河道内環境と堤内地の家屋の詳細な三次元情報を連続的に表示することができた。住宅地の家屋の詳細データを得ることで、屋根の色等から想定される浸水と特定の家屋の高さの関係性が明らかになり、浸水リスクを可視化できることを示した。UAV の飛行高度に関しては、100m で十分に家屋の情報を得ることができるが、より低い高度で飛行させることで、家屋の壁面の情報等をより詳細に情報収集できることがわかった。

4. おわりに

本研究では、七北田川の中流域を対象として、水害ハザードマップの垂直表示による浸水リスクの可視化を試みた。基盤地図情報（広域スケール）と UAV-SfM 三次元点群（沿川スケール）を用いることで、地形・家屋と対応させて浸水リスクを視覚化することができた。

今後の課題は、リアルタイムで変化する水位情報と想定される浸水情報の可視化である。時々刻々と変化する水位情報と連動した、浸水想定域を鉛直表示することで、水平・垂直避難可否の判断に資する表示システムを構築する予定である。

参考文献

仙台市水害ハザードマップ， URL [http://www.city.sendai.jp/kikikanri/kurashi/anzen/saigaitaisaku/hazardmap/map.html]， 2020 年 11 月 24 日アクセス。

阿賀野川上流域の融雪出水に対する積雪・融雪の寄与*

日本大学大学院工学研究科土木工学専攻 神戸智志

日本大学工学部土木工学科 朝岡良浩

1. はじめに

日本の国土の約 50%が豪雪地帯に指定されている。豪雪地帯とは、積雪が特に甚だしく、産業の発展が停滞的で、住民の生活の水準の向上が阻害されている多雪地域のことである。しかし、多雪地域において、山岳域の積雪は灌漑用水や生活用水等、下流域の産業や生活基盤となり、我が国に恩恵をもたらす貴重な水資源といえる。IPCC AR5¹⁾は、北半球において春季の積雪面積が減少する可能性が非常に高いことを報告している。また気象庁は日本海側で降雪量の減少傾向が高いことを示しており²⁾、気候変動に伴う水循環の変化が水資源に影響を与える可能性が示唆されている。したがって多雪地域では気候変動が積雪や融雪出水に及ぼす影響を把握することは重要である。

本研究は水資源を融雪出水に依存する阿賀野川上流域を対象として、水循環の理解と将来気候下における河川流量推定に向けて、分布型融雪・流出モデルの構築および河川流量に対する積雪・融雪の寄与を評価する。

2. 対象地域及びデータセット

対象地域は群馬県、新潟県、福島県の三県にまたがる阿賀野川流域の上流部に位置する大川ダム集水域(図 1)である。大川ダムは治水と利水が目的の多目的ダムであり、集水域の標高 361m から 1848m, 集水面積は約 820km²である。

本研究で使用した標高データは CGIS Japan から、土地利用データは国土数値情報から土地利用細分メッシュを取得し、空間分解能 200m にリサンプリングした。気象データは AMeDAS

(Automated Meteorological Data Acquisition System)の気温データ、降水データ、風速データ、積雪深データを取得した。また、水文・水質データベースより若水観測所の河川流量データを取得し、分布型融雪・流出モデルの精度を検証した。

気候変動の影響を把握するため、1979 年から 2020 年まで 40 年間の AMeDAS 観測データから標準偏差 0.6°Cを得た。次に、8 種類の GCM (Global Climate Model)の出力値を収集した。排出シナリオ³⁾として RCP4.5 シナリオと RCP8.5 シナリオを扱い、期間は 2040 年から 2059 年と

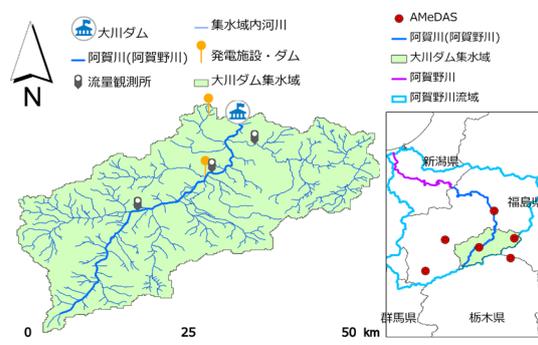


図 1 大川ダム集水域の概要

* Contribution of Snow Cover and Snowmelt to the River Discharge in the Upstream Area of the Agano River Catchment by Satoshi Godo and Yoshihiro Asaoka

した。阿賀野川流域の場合、現在気候と比較して RCP4.5 シナリオでは 1.3℃ 上昇、RCP8.5 シナリオで 1.8℃ 上昇する。

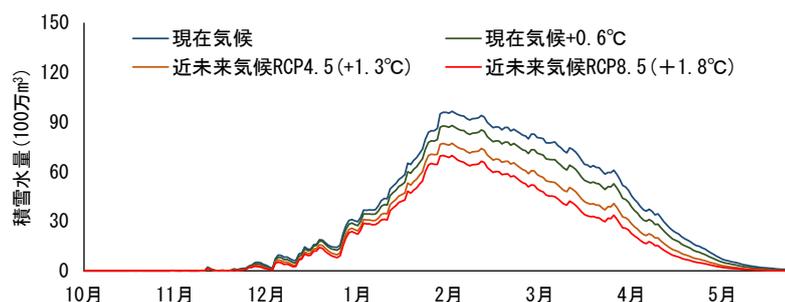


図 2 大川ダム集水域の積雪水量の変化

3. 研究手法

積雪量を SWE モデル

ル、融雪量を Degree-Hour 法を用いて推定し、流出量は対象地域を河川部と斜面部に分類して流域内の流れを計算した。本研究では現在気候の再現計算(2015年10月から2020年5月)、現在気候に 0.6℃ 加えた計算、RCP4.5 シナリオと RCP8.5 シナリオの気温上昇を仮定した数値計算を行った。

表 1 融雪期の積雪水量(単位：100 万 m³)

	最大	3月15日	4月15日	5月15日
現在気候	96.5	74.3	32.1	3.07
現在気候+0.6℃	87.9	63.8	26.0	2.06
RCP4.5(現在気候+1.3℃)	77.1	50.4	18.1	1.04
RCP8.5(現在気候+1.7℃)	69.7	42.2	13.6	0.609

4. 結果及び考察

異なる 4 種類のシナ

リオを用いた数値計算から得た積雪水量を図 2 に示す。結果は 5 年間のアンサンブル平均である。現在気候を基準として温度上昇に伴い年間を通して積雪水量が減少する。表 1 に融雪期の積雪水量を示す。12 月から 2 月の積雪水量が減少し、現在気候の最大積雪水量に対して RCP8.5 シナリオでは約 70% になる。さらに、3 月以降の融雪量が増加するため、4 月中旬の積雪水量は現在気候に対して RCP8.5 シナリオでは約 42%、5 月には約 20% になる。

5. おわりに

本研究では、阿賀野川上流の大川ダム流域を対象として分布型融雪・流出モデルを構築して、流域の積雪水量と気温上昇影響を評価した。令和 2 年度東北地域災害科学研究集会では融雪出水時の積雪・融雪の寄与について報告する。

参考文献

- 1) IPCC: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
- 2) 気象庁: 気象庁地球温暖化予測情報 9 巻, 2017.
- 3) Van Vuuren, et al: The representative concentration pathways: an overview, Climatic Change, Vol.109, No. 1-2, pp.5-31, 2011.

2020年7月28-29日の山形県最上川水系における洪水被害*

元山形大学地域教育文化学部 川辺 孝幸

1. はじめに

2020年7月～8月上旬にかけて、日本列島の上空には梅雨前線が居座って横切り、勢力を増した太平洋高気圧と依然冷涼なオホーツク高気圧との拮抗によって、前線沿いに積乱雲などの激しい降雨をもたらす雨雲が形成されて活発に活動することで豪雨をもたらした。山形県では、停滞前線が飯豊山塊～朝日山地などの山地にかかることで、2020年7月28日から29日にかけて、最上川水系の左岸中流域で激しい豪雨をもたらされた。その結果、多量の降水を集めた最上川の中下流において各所で洪水被害が発生した。

筆者は、洪水被害の原因を探るために、山形盆地最上川右岸の白水川下流と新庄盆地南東部大石田町今宿周辺において調査をおこなった。また、地理院地図の機能である自分で作る色別標高図の機能を用いて使って洪水被害が発生する箇所を特定して洪水の原因を探った。

2. 大石田町今宿における洪水被害

大石田町四日町の水位観測所の降水量と水位とを、最上川との合流部から約3km東北東にある尾花沢市臈気臈気川の水位、それに約10km南南東の村山市楯岡の楯岡雨量観測所の時間降水量と累加降水量を比較してみると、楯岡雨量観測所の雨量と臈気川の水位とは密接な関連性があることがわかる。また、楯岡観測所の雨量と大石田四日市にある最上川の大石田水位観測所の上流400mに合流部がある臈気川の水位は、最上川大石田観測所の水位にはほとんど影響を与えておらず、最上川の計画水位を超える増水は、この地域の約6時間後であることがわかる。すなわち、大石田水位観測所における最上川の水位は、その上流域における降水が大きな役割を果たして増水の原因になっている。

最上川の堤防は、山形盆地や新庄盆地では、一部を除いて一般に100年確率の降水に耐えうるように築堤されている。しかし、大石田町市街地では、江戸時代からの紅花や米などの水運業の発展に伴って河川の幅がせばまっっていて、100年確率に対応する堤防を築くことができない。そこで、この区間では、高さ約70cmのパラペットが両岸に、総延長約1.6kmにわたって作られている。今回の洪水では、高さ約70cmのパラペットの下から30cmの高さまで水位が上昇したが、このパラペットによって持ちこたえることができ、パラペットを割って作られている橋の路盤の部分を塞いだトンパックの隙間から漏れ出た水で、その近隣の家屋が被害を被っただけですんだ。

しかし、大石田町今宿では、余裕高の大きい本堤防があるにもかかわらず、氾濫が起きて床上浸水を含む冠水被害が発生した。

その原因を探るために、現地調査を実施した。今宿地域の北東を走るJR奥羽本線より下流

* 2019 off-Yamagata Prefecture Earthquake and damage of stone torii shrine gates by its quake motion

側では本堤防や支流は越流していないことを確認したが、時間切れで洪水の原因を探ることができなかった。そこで、室内に戻って国土地理院地図の機能である「自分で作る色別標高図」を使って、越流水深以下と以上で色分けすることで、堤防が越流水深以下になる地点のチェックを行った。

その結果、今宿地域は、本流の堤防と支流の五十沢川と朧気川の堤防、それに JR 奥羽本線によって囲まれていて、越流箇所は見当たらなかった。一方、五十沢川 JR 奥羽線より上流側では堤防が無く、標高約 65m 以上の最上川からのバックウォーターの水位で氾濫することがわかった。しかし、あふれ出た水は、JR 奥羽線の盛土があることで今宿側には流れ込まないはずであった。そこで、JR の盛土区間に水を通す構造物が存在しないか、Google Street View で確認をおこなった。その結果、今宿の南部から JR を横切る道があり、盛土の部分ではアンダーパスになっていることがわかった。現地調査によって、このアンダーパスが五十沢川の上流部であふれた最上川のバックウォーターを JR の盛土を越えて今宿の集落側に通したことが確認できた。

3. 2020 年 7 月 28 日～29 日の集中豪雨に伴く最上川水系の氾濫の要因

上述のような 100 年確率で計画されている最上川の堤防とそれに続く支流の堤防との天端の高さが原因の洪水は、東根市の最上川右岸、白水川下流の堤防でも発生している。2020 年 7 月 28 日～29 日の集中豪雨に伴く最上川水系の氾濫の要因の代表的な原因の一つは、今回紹介した大石田町今宿や東根市白水川右岸の例のような比較的大きい支流において、100 年確率の豪雨に対応する計画高水位で築堤された最上川の堤防と、50 年確率の豪雨に対応する計画高水位で築堤された支流河川の堤防の高さの違いによってバックウォーターが溢れることである。

このほか、そもそも最上川に 100 年確率での堤防が未整備であったり、支流の排水高より本流の最上川の水位の方が高いために排水できずに途中であふれたり、バックウォーターが生じたり、バックウォーターを防ぐために水門を付けて下したとしても、支流の水が排水できなくなって溢れたりする問題、支流の水を排水するためのポンプの能力不足などの問題もあきらかになった。

原因は明らかであり、このような国の管理と県の管理との調整をおこなって、ぜひとも被害の低減を図っていただきたいものである。また、ハザードマップでも明示して、危険の存在を周知することが必要ではないだろうか。

文 献

- 国土交通省（2020）国土交通省川の防災情報 地方概況(雨量分布(レーダ)の推移. https://www.river.go.jp/kawabou/html/map/rd/82/ipRadar_ac82_fw0.html（2020 年 7 月 28 日，29 日閲覧）。
- 国土地理院（2020）地理院地図. <https://maps.gsi.go.jp/#16/38.581973/140.383371/>（2020 年 10 月 20 日閲覧）。
- 山形県（2020）山形県河川・砂防情報システム <http://www.kasen.pref.yamagata.jp/bousai/main.html?fnm=openMap&no=2&no2=1>（2020 年 10 月 20 日閲覧）

令和2年7月豪雨災害時の学校の対応－山形県内小中学校－*

村山良之（山形大），佐藤健（東北大），桜井愛子（東洋英和女学院大・東北大），北浦早苗（東北大），小田隆史（宮城教育大），林田由那（宮城教育大），熊谷誠（岩手大）

1. はじめに：研究の目的と方法

2020年7月26日から29日にかけての大雨は、山形地方気象台『山形県災害時気象資料 梅雨前線による大雨（令和2年7月26日～打合せ29日）』によれば、総雨量は、月山とその周辺で250mm超だが、山形盆地では200mm未満、時間雨量も最大30mm超を記録した地点は少なかった。しかし、この大雨によって、最上川は1967年羽越水害以来の氾濫となり、内水や支流の氾濫による浸水も広く発生した。

この大雨は、予めの対応がしやすい台風ではなく梅雨前線によるもので、また平日の日中という児童生徒が在籍の可能性が高い時間帯に発生した。そのため学校の多くでは、在籍の児童生徒の安全確保と避難所対応が必要となった。結果として、この大雨による児童生徒、保護者、教職員にはまったく人的被害はなかったことから、この度の学校の対応は適切なものであったと言えよう。その上で、学校対応の実態についてできるだけ詳細に把握し、その成果とともに課題を明らかにする必要があると考える。

そこで本発表は、山形県村山市、中山町、大石田町、河北町の、3小学校と1中学校の管理職への聞き取り調査によって各学校の対応を明らかにし、これと気象情報（山形地方気象台）、避難情報（各市町村、県）等をあわせて時系列に整理することで、学校対応の実態および成果と課題を明らかにしようとするものである。

2. 結果と考察

4校の管理職への聞き取り調査の結果を、以下の2点に絞って示す。

①児童生徒の下校について

午前授業で打ち切りだったC小が通常どおりの下校だった他は、A小は保護者への引き渡し、B小は一斉下校（集団下校）に教員が付きそう形、D中は保護者引き渡しの下校とした。C小以外の下校のタイミングは、いずれも結果として避難勧告の発令後であった。その下校の判断のタイミングは、前日に決めていたB小を除くと、A小は土砂災害警戒情報の発表後、D中は学区の一部に避難勧告が発令された後であった。さらに午前のみ授業のC小も土砂災害警戒情報の発表後の下校であった。これら4つの学校はいずれも、緊急避難場所または避難所に指定されており、そもそも学校が安全を確保できる場所（施設）であったのだが、そこから警戒レベル4の段階で下校させたことになる（図）。

②避難所について

*Response to the heavy rain in July 2020 - Some cases of elementary and junior high schools in Yamagata Prefecture- by Yoshiyuki Murayama, Takeshi Sato, Aiko Sakurai, Sanae Kitaura, Takashi Oda, Yuna Hayashida and Makoto Kumagai.

4 校全ての施設が指定避難所であり、実際に避難所として開設された。そのうち、数年前から避難所開設訓練を生徒とともに行ってきた D 中を除いて、ぶっつけ本番での対応となった。いずれも自治体職員が派遣されて彼らが主導して、教職員と共同で開設し、運営も同様のようであった。

東日本大震災前は災害発生等の場合は「できるだけ早く保護者にお渡しする」という原則が多く教員に共有されていたと考えられるが、大震災時に引き渡し後に多くの犠牲者がでたことから、その後は「引き渡し等を含む下校は慎重に、むしろ学校に留め置く」に大きく変化した。たとえば、文部科学省(2012)『学校防災マニュアル(地震・津波災害)作成の手引き』は、「津波など限られた時間での対応が迫られる場合には、保護者に対しても災害に関する情報を提供し、児童生徒等を引き渡さず、保護者と共に学校に留まることや避難行動を促すなどの対応も必要です。(p.26)」としており、また同(2018)『学校の危機管理マニュアル作成の手引き』では、p.36の図において土砂災害警戒情報や避難勧告等のタイミングでは「待機・必要に応じて避難」としている。

しかし、このことが聞き取り対象校(および市町村教育委員会にも?)には共有されていなかったようである。7月の経験を経て引き渡し方法の課題や訓練の必要性はかなり認識されたようだが、「学校に留め置く」ことへの認識には至っていないようであった。また、「避難所は避難者自身による運営」という原則についても同様であったと考えられる。すなわち、近年の災害の教訓が必ずしも浸透していない状況が判明した。

学校	下校方法			下校判断			下校実施		
A小	引き渡し	10:05土砂災害警戒情報		11:00	11:30避難勧告		13:30~14:00過ぎ		16:00避難指示
B小	集団+教員引率			7/27	11:50土砂災害警戒情報	12:48避難勧告	15:00~		19:40避難指示
C小	通常			-	10:05土砂災害警戒情報		11:50~		18:10避難勧告 19:33避難指示
D中	引き渡し	11:50土砂災害警戒情報	13:45避難勧告(一部)	14:50頃	15:30避難勧告		16:00~18:30頃		17:50避難指示

図 2020年7月28日大雨時の下校の状況

3. おわりに：残された課題と対応

上記の課題に関して、量的裏付けを得るためのアンケート調査を実施しており、その結果が近々まとまる段階にある。それも含めて分析を進めた上で、上記を含む課題について、自治体教育委員会、学校現場とともに検討するための取組が必要である。そして最終的には学校防災マニュアルの改訂を目指すことになると思われるが、現段階では要支援者利用施設の「避難確保計画」が参考になると期待される。

この度の大雨に際して、児童生徒、保護者、教職員に人的被害はなく、難しい判断を迫られた教員(とくに管理職)と自治体教育委員会による対応は適切だったと言える。しかし同時に課題も明らかになった。大雨が頻発する状況において、早急に対応が必要である。