

テーマ1：土砂・洪水氾濫の対策及び避難

コーディネーター：

長谷川 祐治（先進理工系科学研究科 准教授）

研究者：水野 秀明（九州大学大学院農学研究院環境農学部門 准教授）

中谷 加奈（京都大学大学院農学研究科森林科学専攻 助教）

行政：山本 悟司（広島県土木建築局 砂防課 課長）

地域：出下 一教（小屋浦地区住民福祉協議会 会長）

★長谷川

本テーマのコーディネーターを務めさせていただきます広島大学の長谷川です。どうぞよろしくお願いたします。また、本日は御視聴いただきまして、誠にありがとうございます。

 <p>『相乗型豪雨災害』 防災のネクストステップで何に取り組む？ テーマ1 土砂・洪水氾濫の対策及び避難</p> <p>2020年12月16日 広島大学大学院先進理工系科学研究科 長谷川祐治</p> 	<h3>概要</h3> <table border="1"> <thead> <tr> <th>時間</th> <th>発表者</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>13:35-13:40</td> <td>広島大学 長谷川</td> <td>全体、概要説明 土砂・洪水氾濫とは</td> </tr> <tr> <td>13:40-13:50</td> <td>九州大学 水野先生</td> <td>九州地方における土砂・洪水氾濫について</td> </tr> <tr> <td>13:50-14:00</td> <td>京都大学 中谷先生</td> <td>広島県南市天志地区、坂可小屋浦地区における土砂・洪水氾濫の実態や解析</td> </tr> <tr> <td>14:00-14:10</td> <td>広島県土木建築局砂防課 山本課長</td> <td>小屋浦地区における砂防施設対策の現状、広島県の取り組み</td> </tr> <tr> <td>14:10-14:20</td> <td>小屋浦地区住民福祉協議会 出下会長</td> <td>小屋浦地区の被害の実態と現状、記録誌の作成経緯</td> </tr> <tr> <td>14:20-14:35</td> <td>コーディネーター 長谷川 全員で討議</td> <td>土砂・洪水氾濫の対策及び避難の現状と今後について討議 視聴者からの質疑応答</td> </tr> </tbody> </table>	時間	発表者	内容	13:35-13:40	広島大学 長谷川	全体、概要説明 土砂・洪水氾濫とは	13:40-13:50	九州大学 水野先生	九州地方における土砂・洪水氾濫について	13:50-14:00	京都大学 中谷先生	広島県南市天志地区、坂可小屋浦地区における土砂・洪水氾濫の実態や解析	14:00-14:10	広島県土木建築局砂防課 山本課長	小屋浦地区における砂防施設対策の現状、広島県の取り組み	14:10-14:20	小屋浦地区住民福祉協議会 出下会長	小屋浦地区の被害の実態と現状、記録誌の作成経緯	14:20-14:35	コーディネーター 長谷川 全員で討議	土砂・洪水氾濫の対策及び避難の現状と今後について討議 視聴者からの質疑応答
時間	発表者	内容																				
13:35-13:40	広島大学 長谷川	全体、概要説明 土砂・洪水氾濫とは																				
13:40-13:50	九州大学 水野先生	九州地方における土砂・洪水氾濫について																				
13:50-14:00	京都大学 中谷先生	広島県南市天志地区、坂可小屋浦地区における土砂・洪水氾濫の実態や解析																				
14:00-14:10	広島県土木建築局砂防課 山本課長	小屋浦地区における砂防施設対策の現状、広島県の取り組み																				
14:10-14:20	小屋浦地区住民福祉協議会 出下会長	小屋浦地区の被害の実態と現状、記録誌の作成経緯																				
14:20-14:35	コーディネーター 長谷川 全員で討議	土砂・洪水氾濫の対策及び避難の現状と今後について討議 視聴者からの質疑応答																				
<h3>土砂・洪水氾濫とは？</h3> <p>豪雨により上流域から流出した多量の土砂が谷出口より下流の河道で堆積することにより、河床上昇・河道埋塞が引き起こされ土砂と泥水の氾濫が発生する現象である。土砂とともに上流域から流出した流木が氾濫する場合もある。</p>  <p>土砂・洪水氾濫 土石流</p> <p>※国土交通省防災情報センター提供</p>	<h3>土砂・洪水氾濫に対する避難</h3> <ul style="list-style-type: none"> 土砂流のように、流れの直撃により家園を破壊する現象とは異なる。 土砂災害警戒区域を超えて、下流の広範囲まで影響する。 長時間（十数時間～数十時間）にわたって、土砂が流出する。洪水継続時間が長い。 上流域では谷部などの地形条件により、河道外への氾濫が生じず、下流まで土砂が流出する。 ピーク時に砂防堰堤で土砂を捕捉しても、後続流が崩れた土砂を侵食して下流に流出する。 勾配が緩い区間（2度より緩勾配）まで土砂が流出して、堆積により埋没がみられた家屋や車の窓ガラスが割れていない事例もある。急激な流れや大きな力を持つ衝突ではなく、緩やかに時間をかけて堆積したことが推測できる。 <p>↓</p> <ul style="list-style-type: none"> 河川に水位計やカメラを設置し、水位上昇や氾濫を確認してから避難を始めることも可能である。ただし、避難者や要配慮者については、早めの避難が必要である。 事前に想定される土砂堆積の高さを予測できれば、垂直避難も可能である。 																					

本テーマは「土砂・洪水氾濫の対策及び避難」です。本日は4名の方に話題提供をいただきます。本テーマの進め方はスライドにも示していますが、まず私から全体の概要説明として、土砂・洪水氾濫の説明をします。

続いて、九州大学の水野先生には九州地方における土砂・洪水氾濫について紹介をいただきます。続いて京都大学の中谷先生は土石流の数値シミュレーションを用いた土砂・洪水氾濫の現象の解析を行っていますので、その内容を紹介いただきます。お二方の先生には、主に土砂・洪水氾濫の現象について説明をいただければと思います。

続いて、広島県の土木建築局砂防課・山本課長には、平成30年7月豪雨で被害のあった小屋浦地

区における砂防施設の対策について説明をお願いします。その後、広島県全体で取り組んでおりますハード対策、ソフト対策についての説明をいただきます。最後に小屋浦地区住民福祉協議会の出下会長には、この小屋浦地区で被害のあった実態と現状について説明いただきます。また、小屋浦地区では災害記録誌を作成しているのです、その作成に至った経緯などについて説明いただきます。

残りの15分に全体の討議を行いまして、この間に視聴者の方から質問がございましたら、回答させていただくということで進めさせていただきます。

では、まず初めに私から概要説明、土砂・洪水氾濫について説明をさせていただきます。スライドを御確認ください。

国土交通省砂防部のホームページを引用しております。土砂・洪水氾濫とはどのような現象かというものです。豪雨により上流域から流出した多量の土砂が谷出口より下流の河道で堆積することにより、河床上昇・河道埋塞が引き起こされることによって、土砂、泥水の氾濫が発生する現象と呼ばれております。土砂とともに流出した流木も氾濫することで発生する場合があります。

イラストを見ていただくと分かりやすいと思います。まず、土石流のイラストを見ていただきたいのですが、土石流は山の麓付近で発生します。雨が降りますと、斜面が崩壊したり、土石流が発生します。そして、麓にある家屋に被害が生じることがあります。このような地域には、黄色で示しております土砂災害警戒区域というエリアが指定されておまして、主に土石流と呼ばれている現象は、この山の麓付近での土砂災害警戒区域内で起こる現象を対象とします。

一方で、土砂・洪水氾濫とは、上流側で土石流が発生する点は同じなのですが、発生したときに土砂が生産されて、生産された土砂が、その後に降り続く雨によって下流側までどんどん流れていきます。下流側まで流れていくときに下流側にある家屋に被害を及ぼす危険性、可能性があります。このような現象を土砂・洪水氾濫と呼んでいます。

土砂・洪水氾濫が起こる中でも、例えば上流側の山の麓に家屋があつて、土石流により直接の被害が生じる場所であれば、これまで通りの土石流対策を実施することになります。土石流対策は基本的には家屋がある地域で実施されます。しかし、土砂・洪水氾濫に対しては、家屋がない地域でも、土石流で発生した土砂が下流側にまで被害を及ぼすのであれば、上流で土石流により発生した土砂を捕捉する、止める対策が必要になります。土石流と土砂・洪水氾濫の対策が結びつくわけです。

土砂・洪水氾濫ですが、聞きなれない言葉かもしれないのですが、ここで、氾濫という言葉に着目します。氾濫現象を示した図がこちらです。

これは気象庁のホームページを引用しておりますが、一般には、氾濫現象というのは内水氾濫と外水氾濫の二種類に分類できます。内水氾濫は、どのようなものかといいますと、町なかでは下水で水の処理をするのですが、ゲリラ豪雨で雨が降ったとき、この水の処理ができなくなり、町なかで氾濫を起こすような現象です。湛水型内水氾濫というのが、川の水位が上がって、それが下水処理で処理できずに氾濫が起こる現象です。

もう一方の外水氾濫と呼ばれる現象は、川の水が堤防からあふれて川の外で氾濫が発生するもの

です。その際に堤防の決壊を起こすこともあります。土砂・洪水氾濫と呼ばれている現象は一般に、この外水氾濫を指します。

外水氾濫は、どのように起こるかという、単純に表現すると護岸とか堤防の高さを水位が超えることです。水位が川の高さ、護岸や堤防の高さを超えたら、当然水があふれていって氾濫を起こします。水位が護岸の高さを超える現象は複数考えられます。流量が多ければ、もちろん護岸の高さを超えて氾濫します。川底に砂が堆積すれば、水の流れる断面が小さくなって、水位が護岸を越える可能性があります。橋に、木やごみが引っかかった場合にも氾濫が起こります。ちょっと特殊な事例になるかもしれないのですが、川底が掘れて、護岸の堤防が崩れてしまう場合、護岸の裏にある盛土が、川との水位差によって吸い出されて崩れてしまう場合、もしくは護岸にずっと石や強い流れが当たり続けて強度的に持たない場合など、そういったことで護岸の崩壊が起こる可能性がある。

つまり、このような現象についての対策は、それぞれ変わってきます。氾濫現象を考えた上で、土砂・洪水氾濫は、どれに相当するのか考えた上で対策を考えていくことが必要です。一般には、土砂・洪水氾濫というのは河道・川底に砂がたまるとか、橋に木が引っかかることで発生すると言われておりますので、土砂を捕捉する施設や流木を捕捉する施設が必要だということです。

最後に避難の話です。これも総合討議、全体討議で詳しく説明させていただきたいと思うのですが、大事なことは、土石流と土砂・洪水氾濫と呼ばれる現象で発生する被害が違うということです。土石流は流れの直撃によって家屋などを破壊する現象を対象としています。しかし、土砂・洪水氾濫では、勾配の緩いところまで土砂が流出すると、これは家を破壊するような勢いの強い流れではありません。土砂が堆積して家屋とか車を埋めてしまうような現象なのです。実際に土砂を取り除くと窓ガラスが割れていない事例もあり、穏やかな流れや堆積が続いたことがわかります。このように、土石流と土砂・洪水氾濫による被害は異なります。そのため、土石流と土砂・洪水氾濫を考えると、避難も同じ方法でいいのか検討することが必要です。

例えば、土砂・洪水氾濫の場合ですと、川があふれてから逃げても避難が可能かもしれませんが、ただし、高齢者とか要配慮者、あと時間帯によります。深夜とか明け方になったときに、どう避難できるかを考えることが必要です。

あと、事前に土砂が堆積する高さを予測できれば、垂直避難が可能なのかも考えられます。避難や対策については全体討議で皆さんと一緒に考えていきたいと思っております。

以上になります。ありがとうございます。

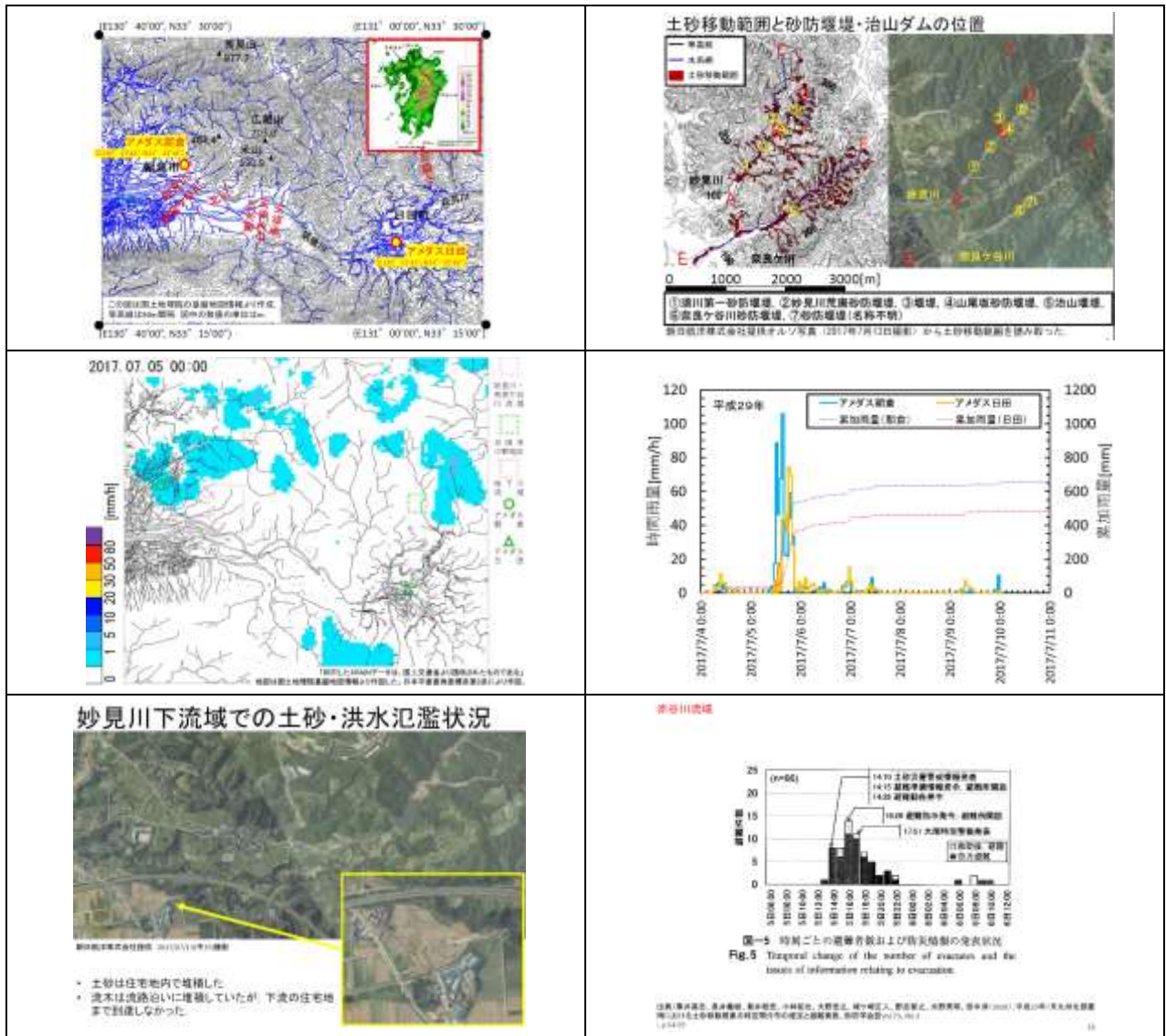
続いて、九州大学の水野先生からお話を伺いたいところですが、水野先生、よろしいでしょうか。

★水野

皆さん、こんにちは。九州大学大学院農学研究院の水野と申します。本日はお時間をいただきましてありがとうございました。

九州北部豪雨における土砂・洪水氾濫の特徴ということで御紹介させていただきます。この災害そのものは平成29年ですので、3年ぐらい前になって少し古いものではございます。九州大学のあ

る福岡県でも、この災害を受けて、順次、復興の計画ができており、砂防堰堤とかの対策工事を取っているところです。



本日紹介させていただきますのは、まず、場所が少し分かりにくいかと思しますので、災害が起こった場所について紹介します。また、当時の雨、かなり局所的に降って、しかも降雨強度が非常に高い、100mm/hを超えるような降雨強度の雨が6～7時間続くというような特異なケースだったので、そういった概要について紹介させていただきます。その後、奈良ヶ谷川と妙見川での土砂・洪水氾濫の概要を紹介させていただいた後、当時災害のあった2つの川ではなくて赤谷川で避難の実態をアンケートした調査結果がありますので、それについて簡単に御紹介したいと思います。

まず、場所ですが、右上の地図を見てください。九州地方でここが福岡県福岡市です。ちょっと宣伝になりますが、九州大学の伊都キャンパスはここにございます。線が入っていませんけれども、この辺りに筑後川が流れておりまして、災害が起こりました朝倉市というのは、この辺りに位置します。周りに脊振山地とか三郡山地、そういった山地で囲まれているところになります。

災害が起こったときには、今ポインターで示している方向から、かなりの湿気、湿度を持った雲が流れ込んで、特に筑後川の上側の斜面に大雨を降らしたというようなことになります。

災害が起こった場所の拡大図が、この白い部分になります。本日紹介するのは、ここにある奈良ケ谷川と妙見川になります。避難につきましては赤谷川と。この溪流になりますけれども、この辺の集落について紹介いたします。後ほどアメダス朝倉と日田のデータをお見せしますが、これは場所的に離れているので、参考ということで見ていただければと。

まず、当日、国土交通省が設置しているXRAINで計測した雨域の時間変化について紹介いたします。ちなみに、この緑○と緑△で示しているのは、先ほど言いましたアメダス観測所の朝倉と日田になります。このピンク色は妙見川と奈良ケ谷川の流域の場所です。

最初、7月5日の昼ぐらいまでは雨が降っていませんでしたが、それ以降、だんだん雨が降ってきまして、今、紫色になっているところが80mm以上なのですが、それが大分、ずっとかかっているのが分かるかと思います。午後12時……0時でしょうか。午後1時前ぐらいからずっと、その日の夜中まで非常に強度の高い雨が続いたというのが特徴になっています。その後、災害そのものは5日の午後、昼間の時間帯に起こったのですが、翌日も雨が降ってしまっていて、人が入るのもなかなか難しいというような状況でありました。

これがアメダス観測所での観測結果です。水色が朝倉、黄色が日田になります。朝倉のほうは歴代1位の時間降雨強度となっています。7月5日の、ちょうど12時ぐらいから雨が降り出しまして、その日の夜中まで降雨強度の比較的高い時間帯の雨が続いています。日田につきましては、まだ1位ではなくて、平成24年に九州北部豪雨がございましたが、そのときのほうが、これよりも雨が少し多かったので、過去最大ではなかったというところになっているわけです。

アメダス朝倉の場所で時間降雨強度は110mmを超える値になっています。一応、確率評価しましたところ、朝倉につきましては100年超過確率は81mmということで、このデータはアメダスの朝倉のデータを使っておりますけれども、110mmに対して100年超過で81mm。400年超過確率で93.7mmということで、110mm以上というのは、もう、かなりまれだというのが分かるかと思います。非常にまれな雨だったということになっています。

奈良ケ谷川と妙見川で起こった土砂・洪水氾濫の概要でございますけれども、この右側の写真は災害後の7月13日、1週間ぐらいたったときに撮ったものです。ここに大分自動車があって、こちら側が奈良ケ谷川。妙見川はこちらです。この写真から、この白いところですね、土砂が通ったところを読み取りますと左側の図の茶色いような場所になります。下の表にありますとおり砂防堰堤7基……こっちは⑦が入っていませんけれども、入っていたのですが、それぞれのダムは目いっぱい土砂を止めたのですが、それを上回るような土砂が出て、それぞれの河川の側岸といいたまうか、こういったところから流れ出てきて、結局キャパシティを超えたような土砂量が生産されたため下流側に流れ出ていったというのが特徴です。

あと、この辺り、基本的にスギとヒノキの植林地なのですが、流木も大分出てきまして、流木は砂防堰堤で止めた量もあるのですが、それを上回っていたため下流側の市街地に流れ込んだ

という状況になります。

先ほど、土砂・洪水氾濫の定義を長谷川先生から説明していただきましたけれども、先ほど言っていました谷出口というのは、妙見川でいくと①、奈良ヶ谷でいきますと、この辺りに該当いたします。河床勾配でいきますと2度、1度といったような、ちょっと緩いところになるわけです。奈良ヶ谷川の河床勾配を測ってみますと、こんな感じで、本川につきましては3度、4度といったところで、谷出口より下流のほうに行きますとかなり。

ちなみに、砂防堰堤が、どれぐらい土砂を止めていたかということで一点鎖線で線を引きましたが、満砂しています。完全に土砂を止めていたことがわかります。同じく妙見川につきましても、砂防堰堤は、満砂になるほど土砂を止めていました。本川のほうは、奈良ヶ谷川と比べると若干緩くて2度、1度といったところなのですが、谷出口より下流側はかなり緩いというような状況の河川でございます。

これはY o u T u b eから静止画を取ってきましたけれども、奈良ヶ谷の下流側の状況でございます。これが奈良ヶ谷川の本川です。写真の上のほう为上流側、下のほうが下流側になっていますが、もともとかなり狭い、小さい川だったのです。土砂だけではなくて洪水だけでも氾濫していたようなのですけれども、そこに、時間がまだ分かっていないのですが、崩壊とかで土砂が供給されて下流側にも流れ込んだ様子が分かります。あと、このときには流木もかなり多くて、このように市街地に流れ込んで甚大な被害が生じたところでした。

妙見川のほうですね。これは高速道路ですけども、この下のほうまでは、何といいましょうか、両岸が結構高い岸になっていましたので、あふれてはいないのですが、ここから洪水と土砂が氾濫しまして、この辺りの住宅地が、この右側の写真のように少し被災を受けたようなところでした。

避難の実態です。これは先日発行されました砂防学会誌のVol.73, No.3に出ているのですけれども、これは、どういった前兆現象があったかをまとめたものなのですが、7月5日13時、14時ぐらいに土砂の移動があったというのが大体分かっているところです。

避難の件数を調べました。土砂災害が起こったのが2時か3時ぐらいだと想定しますと、ちょうど起きるか起きないかぐらい。先ほど雨域の変化もお見せしましたけれども、かなり雨域が強い。始まってすぐのあたりで土砂災害警戒情報、避難準備情報、勧告等々が発令されているのですが、先ほど説明したとおり80ミリパーアワーを超えるような降雨強度でずっと降り続けているものから、なかなか避難ができなかったというのが実態です。

ちょっと灰色っぽいのが自主的に避難された、自力避難の方々です。なぜ避難したかというきっかけを見ますと、近くで被害を見聞きしたからという理由が一番多かったです。そのような実態がございます。ここで言う事前避難、切迫避難、事後避難の件でございますが、事前というのは、あらかじめ逃げしておく。切迫というのは、もう雨が降り出して周りで災害が起こっている状況です。事後は、災害が起こった後に逃げるといふようなところで定義しておりますけれども、一番多かったのは、この周辺ですが、土砂が崩れたよというような情報があってから逃げる方が一番多かったというのが分かっております。

時間がちょっと超過しましたがけれども、まとめてみますと、支川のほうですね。それぞれの本川、2つほど溪流を紹介しましたがけれども、支川のほうは土石流の形態で流れております。河床勾配も、縦断面図を示していませんが、16度以上ありましたので、現象的には土石流だろうと思われま

す。本川のほうにつきましては3度程度であり、掃流でたまっていたというような解析の情報もありましたので、土砂流あるいは掃流のような、各個運搬のような形態で流れていったと。かつ、谷出口を越えて市街地、緩いところまで土砂と流木が流れ込んでいったというようなことが分かっています。

避難の実態ですけれども、やはり避難勧告等は災害が起こる寸前、あるいはちょっと前ぐらいには出ているのですが、逃げるためには十分時間がなかったためか、被害発生した後に避難行動を取り始めた住民の方々が多かったという実態が分かっています。

短かったのですけれども、これで一応、話題の紹介を終わらせていただきます。ありがとうございました。

★長谷川

ありがとうございました。後ほど九州地方の土砂・洪水氾濫についてお聞きしたいと思います。よろしくお願ひします。

では、続いて京都大学の中谷先生に、土石流数値シミュレーションを用いた解析、土砂・洪水氾濫の検討について説明いただきます。中谷先生、どうぞよろしくお願ひします。

★中谷

それでは、土石流数値シミュレーションによる土砂・洪水氾濫の検討と題しまして、京都大学の中谷が話題提供をさせていただきます。よろしくお願ひします。

<p>呉市天応地区</p> 	<p>土砂災害警戒区域（天応地区）</p> 
<p>土石流数値シミュレーションとは？</p>  <ul style="list-style-type: none"> ・土石流数値シミュレーションにより、詳細な危険度分布が示される ・災害の再現、プロセスの検証、防災対策の効果が可能 ・適切な土石流シナリオの設定が重要 <p>2014年 土石流発生 広島 阿武隈地区 写真提供 国土院 国土院 国土院 2014年 土石流発生 広島 阿武隈地区</p>	<p>土砂・洪水氾濫の検討（天応地区）</p> 

今日は2か所を対象として紹介します。平成30年7月豪雨により広島県内では複数の土砂・洪水氾濫が起きているのですが、小屋浦地区と天応を紹介します。土砂・洪水氾濫が起こったところは下流のほうですが、どちらも上流のほう、山間部には急勾配の土石流が起こるような領域を抱えている場所です。

まず、小屋浦の写真を紹介すると、本川からも発生しているのですが、支流からも結構出てきて、右の支流とか左の溪流から土石流が発生して、下流の辺りで道路に1.5メートルぐらいの土砂が堆積するとか、家が土砂で埋没するような被害が発生しております。

この小屋浦地区、石積みの堰堤が壊れたことで結構報道されていましたが、土砂災害警戒区域自体は山間部に設定されていたのですが、土砂・洪水氾濫の被害が起こったところは土石流の警戒区域には含まれない場所になっております。

こちらが、もう一つ、呉の天応ですね。高速道路があって、その上流側で土砂・洪水氾濫が起こって、土砂が埋まっている様子が確認できます。もともと河道があって、河道内からあふれて堆積や氾濫が起きている。これはよく紹介される写真ですけども、大屋大川では、もともと河道があって、隣に道路があって、周辺に家がたくさんあります。川の中が土砂で埋まって、さらに道路も埋まって、建物の1階ぐらいまで土砂が堆積しています。建物の被害としては、窓ガラスが割りたいことから、比較的緩やかに、長時間土砂堆積が起こって氾濫して、土砂・洪水氾濫という現象が起こったことが推測されます。

これは天応地区ですね。土砂災害警戒区域がちょこちょこ設定されているのですけれども、これは各地で隣接する山間部から発生する土石流等についてリスクが高いエリアです。実際に土砂・洪水氾濫を引き起こしたのは、上流側で発生した土砂が由来なのですが、そこは対象となっていません。

別の写真で示しますと、これは先ほどと向きが変わって、こちらが北で、ここが土砂・洪水氾濫が起こった天応地区です。オレンジや赤が堆積で、青が侵食した場所を示します。上流で発生したものが侵食・堆積を繰り返して、さらに下流で土砂・洪水氾濫として被害を起こしています。要は、被害が起こった下流だけではなく、数キロ離れた上流から土砂がやってきたことが示されます。

ここからはシミュレーションの話です。まず、土石流数値シミュレーションとは何かを示します。これは2014年、広島のア佐南で起こった土石流のシミュレーションで、流動深、堆積厚を示しているものです。土石流だけを対象としたので、かなり短い現象になってはいますが、土石流シミュレーションを示すことで非常に詳細な危険度、谷出口で危ないとか、ちょっと離れたところでは堆積も氾濫の影響も小さいことがわかります。このようなシミュレーションを使うと災害の再現や、プロセスがどのように時間的に進んだか、などを検証した上で、適切な対策を提案できます。ただし、適切なシナリオの設定を行うことが重要というのも1つのポイントです。

これは、2014年に土石流が起こった県営住宅です。災害後に指定された警戒区域の土石流シミュレーションの結果を示すと、警戒区域の中でも危険度の濃淡が示されることがわかります。

土石流シミュレーションを使って、土砂・洪水氾濫についても表現できるのですが、使っている

支配方程式は非常にシンプルです。運動方程式と質量保存則。土砂の侵食・堆積により増えたり減ったりします。河床の侵食・堆積を定義するのが河床の連続式で、土石流の計算の中で特徴的なものです。さて、土石流数値シミュレーションと広い意味で使うのですけれども、実は土石流だけではなくて、濃度や勾配に応じて土砂移動形態を考慮することができます。上流側で土石流が起こって、だんだん流れの形態が変わることも表現できる。そのシステムを使うことで土砂・洪水氾濫を検証するのに適していると言えるかと思います。

濃度に応じて流れ方が、さっき水野先生も紹介されていました、上流の方で土石流が急勾配の高濃度に流れるものから、だんだんと勾配がゆるくなって流れの形態が土砂流と呼ばれたり掃流砂になっていく過程を、自動的に切り替えて解析できます。

侵食と堆積というのが、その場における一番バランスした土砂が流れる状態に近づいている。要は、今バランスした状態よりも多い土砂を含んでいるときには堆積が起こって流れの中の土砂を減らそうとします。堆積が起こることで河道の断面積が小さくなって、堆積してあふれてしまうことが表現できます。

先ほど見せた土石流などは、とても短い現象ですね。数分から数十分程度です。しかし、土砂・洪水氾濫は非常に長時間です。最初に起こる土石流は短かったとしても、ずっと雨が降り続いて、長時間かけて土砂流や掃流砂の状態ですべて流れていきます。そのような現象やプロセスを、適切なシナリオを設定することで検証が可能になります。

これは小屋浦地区の流れを解析したものです。最初は、きれいに河道内を流れているのですが、一このシミュレーションはかなり早送りしています。徐々に河道からあふれて氾濫していく様子が見えてきます。これは本川だけを対象にしたシミュレーションですけれども、じわっと氾濫が広がる様子が見えるかと思います。

もう一回見せますね。同じように、最初は河道内ですが、だんだんあふれます。次は、本川ではなく、支川から発生したシミュレーションです。こちらは河道が小さいので、最初から、じわっとあふれる様子が見えます。今回は分けて解析したものを示しましたが、実際には本川や、支川もここだけではなくて何か所か、多少の時間差はあっても同時多発的に起こっていますので、より氾濫が広がって被害が発生する。

これは流動深、流れの深さを示したものです。もう一回だけ簡単にお見せします。最初は河道らしいところを流れますが、徐々に広がっていきます。

これは天応地区です。こちらは静止画で示しています。こちらでも1万秒の氾濫した後からを示していますが、解析の最初の方ではずっと河道内を流れていました。それが徐々に堆積して、あふれて、このように氾濫しています。

ちなみに、さきほど示した結果も同様ですが、この地域には高速道路があります。航空写真の上に計算結果を重ねて表示したので、氾濫が高速上に乗っているように見えますが、そうではなくて、あくまでも高速の下の地上を氾濫、堆積したシミュレーションの結果になっています。

時間を先に進めてみますと氾濫の範囲が変わったり、このように氾濫する様子がわかります。氾

溢る場所だったり、どれぐらいの高さの流動深が見られるかを、適切なシナリオを設定して計算すると、検討が可能になります。これで、計算が終わりですね。

先ほどは流動深、つまり流れの深さを示しましたが、次に堆積厚の結果を示します。その前に、この真ん中に示しているのは、実際の土砂・洪水氾濫が起こったときの河道の堆積状況です。この辺り、河道の中にも土砂がたまって、あふれて土砂・洪水氾濫によって堆積、氾濫している様子が分かります。

計算結果を重ねてみますと、割と近い様子が確認できると思います。計算結果は、こちらの凡例で示しています。先ほどと近い計算結果で、実際の堆積状況を表す計算結果が得られることが分かります。ですので、シミュレーションを使うことによって、どのように現象が進んで、どのように堆積が進んで河道からあふれたかを検証できますし、どの地点が危ないのか、どういうところからあふれてくるのかを推測できる。災害の検証であれば、それを確認できますし、もし起こっていないところで同じようなものが発生した場合には、どのように起こるのか、どこが危ないポイントかを調べることもできます。そういう検討を基にして、防災対策の検証に繋げるために、土石流の数値シミュレーションが非常に有効なのではないかと考えています。

最近も幾つか土砂・洪水氾濫が起こっていますので、プロセスの検証を進める、再現をする、プラス今後どのように防災対策を進めるかにつなげていければと考えております。

私からは以上になります。ありがとうございました。

★長谷川

中谷先生、ありがとうございました。詳しい土砂災害、土砂洪水・氾濫の現象についてまた教えてください。では、続いて、広島県の土木建築局の山本課長です。

★山本

はい。広島県の砂防課長の山本です。よろしく申し上げます。



では、平成30年7月豪雨災害を踏まえた広島県の取組について御紹介いたします。時間もありませんので、はしょっていきますが、県内で154名の方がお亡くなりになられて、関連死を除く直接死で亡くなられたのが114名なのですけれども、そのうち大部分の方、87名が土砂災害で亡くなったということで、土砂災害の影響が非常に大きかったということが言えます。

県内で見たら全部で、1,242か所で土砂災害が発生しているのですけれども、23市・町ありますが、全域で発生していて、特に南の沿岸部のほうの土砂災害の数が多かったということで、先ほど来出てきている小屋浦とか呉の天応なども被害が大きい地区でございました。

土砂の流出量なのですけれども、航空写真などを使って推定すると約813万立米の土砂が流出したのだらうということで、非常に多くの土砂が流出して、先ほど来出ている土砂・洪水氾濫のような現象が発生したことになっています。

先ほどからも出ていますけれども、小屋浦地区についてはいろいろなところから土石流が発生していきまして、結果的に下流に土砂がいっぱい来て土砂・洪水氾濫というような現象になったということになります。

我々、例えば小屋浦の上流域を見たときに、ここでもともと砂防事業をやろうとしていたわけなのですけれども、実際には、後から調査をすると30年の災害で7万9,000立法メートルぐらいの土砂が出てきたというような計算結果になっているのです。もともとの計画、100年に1回の雨が降ったときに出てくるような土砂量を我々としては設計の前提として使っているのですけれども、それだと5万5,000ぐらいだったので、それより多くの土砂が実際には出てきたというようなことになっています。

今は、30年の災害を受けて砂防ダム等の整備をかなりしていきまして、県としては国、市・町、砂防事業や治山事業とかで施設を造っていくので、県民の皆さんに分かりやすくということで、どこで、誰が、どういう事業をやるのかということ、こういう地図にしてホームページ等で公表をしています。

今、緊急事業分で先行してやる分は全体で301あるのですけれども、そのうち砂防関係事業が199ありまして、11月末時点では139の工事が完了しているということになっていきまして徐々に施設整備は進んでいるような状況になっています。

県の事業といたしましては、砂防と治山全部で170あるのです。特に砂防事業は、小屋浦の一番上流に造った砂防ダムがこの写真になりますが、土砂・洪水氾濫に対しては、まずは土砂の量が多いということで、実際に出てきた土砂量に対応できるような施設整備をしているのと、透過型の施設などを積極的に採用して、先ほど水野先生の写真の中でも流木がいっぱい流れてくるというのがありましたけれども、流木をできるだけ上流域で止めて下流には流さないようにしようというような施設整備を進めているところです。

小屋浦地区につきましては、全体で14基、砂防ダム等の施設を造るように今予定をしていきまして、現在、天地川の上流、下流、天地川支川5、天地川支川10、この4つの施設が砂防ダムとしては完成しています。

先ほど言ったように天地川の上流とか下流、本川の上流域に造った砂防ダムについては透過型の施設を造っていて、今、天地川の本川の下流側にもう1基造るような予定をしておりますが、これが土砂・洪水氾濫対策として、実際にたくさん出てきた土砂の量に対応するために土石流の堆積工みたいなものを、ここに今計画しているところです。

実際に県の取組といたしましては、土砂災害防止法という法律に基づいて土砂災害警戒区域等は指定していますがけれども、あれはあくまでも土石流を対象としたこととなっていて、実際、土砂・洪水氾濫という現象を対象として、どこまで危ないということを示していくようなルールが確立していないので、現実問題としては、その場所まできちんとリスクを県民の皆さんにお伝えできるといような状態にはなっていません。

一方で、警戒区域の指定は順次やっています、平成30年度までに区域の調査を終えて、昨年度、令和元年度末までに区域の指定を終えているところです。指定するに当たって、このような地図を全戸に配付いたしまして、まずは土石流対応の警戒区域、また、崖崩れの警戒区域、特別警戒区域がどこにあるのかということをごきちんと県民の皆さんに知っていただきたいということで周知の活動を行っています。

それから、そのデータを使って、今は皆さんスマホとかをお持ちなので、Yahoo!と連携させていただいて、我々のデータをYahoo!の防災情報の中に取り込んでいただいて、それをリスクとして表示して、通知なども行くような取組も広島県とYahoo!さんが連携してやって、それが今全国にも展開されているような状況になっています。

それから、警戒区域なのですが、施設ができれば、警戒区域は変わらなくて特別警戒区域だけを解除するというような形で進めているのですが、我々としては、このようなことを周知していくに当たって、砂防ダムを造ると皆さん、安全だというように認識されて、避難しなくていいのだみたいなことをおっしゃる方もいるのですが、先ほども言いましたが、設計の前提となる土砂量以上の土砂が出てくることもあるので、砂防堰堤整備後も、規模を超えるような土石流とか土砂が流出する可能性があるため、警戒区域とその周辺の方々にも避難を呼びかけるような取組も実施しています。

最近新しくやり始めたことといたしましては、各戸にお手紙もお送りしたのですが、日頃から警戒区域みたいなのを目にしていただくということで、小学校の正門付近に、こういった標識、看板を設置して日頃から見ていただくのと、防災教育とかにも積極的に活用していこうということで、これは熊野町で設置した事例ですが、こういったこともやっています。

それから、広島県内にお住まいの方は、このポスターを見たことがある方はいらっしゃると思うのですが、県のほうで、平成30年の災害の後に被災者の方々にアンケート調査を実施したら、皆さんが避難をしたきっかけは何ですかと聞いたときに、周りの人が避難したから自分も避難しないといけないと思って避難したというような答えが非常に多かったということで「あなたの避難が、みんなの命を救う。」というキャッチフレーズをつくって、率先して自分が避難すれば周りの人も避難するのだよということで、そういったことを訴えるような啓発活動も実施しています。

これは公共交通機関，スーパー，病院，郵便局などにも貼ってもらっているの、皆さん目にしたことがあるのではないかなと思います。

あと、県の土砂災害ポータルひろしまというサイトでいろいろな情報発信をしているのですが、今回スマホ版というのをつくって、皆さんに使っていただけるようにしています。災害の情報は非常にいろいろな情報があって、多過ぎる、分かりにくい部分もあるので、まずは一般の県民の皆さん向けに、今いる場所のリスク、取るべき行動、近くの避難所が一目で分かるような表示ができるようにしています。これはスマホなので、GPSの機能がついていると思いますけれども、それをオンにさせていただくと、自分がいる現在の場所が警戒区域なのかどうか、その場所の実際の危険度はどうか、近くの避難場所はどこですよというようなことが一覧で、ぱっと出てくるような形になっています。

それから、もっと詳しい情報をとということで、もう少し深く入っていただくと、防災リーダーとか市町村の防災の担当者向けということで、土砂災害の切迫度を示すCLラインまであとどれぐらい分かるようなグラフを添付したり、あと、地区ごとの雨量の情報なども分かるような、表示ができるような形になっています。

今一番力を入れているのが、地区管理部局で「ひろしまマイ・タイムライン」という冊子をつくりまして、県としては警戒情報というのを発表しているのですが、個人それぞれ避難の仕方、時間も違うということで、自分がもし災害に遭いそうになったときに、どういう情報が来たらどういう行動を取るのか、きちんと皆さん考えてくださいということ呼びかけています。これは冊子をつくって県内の小学生全員に配付しておりますし、ホームページとかにも出ています。砂防課のほうでも、これを活用して小学校で出前講座をやったりして積極的に子供たちにも教えるのですが、それを家に持って帰って、また家族でも話し合ってくださいということで、事前にこういったことを話し合ってください、いざというときに自ら率先して避難していただけるような取組を推進しているということでございます。

簡単ですが、以上です。

★長谷川

ありがとうございました。総合討議のときに土砂・洪水氾濫での避難、在り方について、またお聞きできればと思います。ありがとうございました。

続いて、小屋浦地区住民福祉協議会の出下会長から。よろしくお願ひします。

★出下

小屋浦地区住民福祉協議会会長の出下です。どうぞよろしくお願ひします。

それでは、私から当時の状況と現状について少しお話をさせていただきます。

こちらが被災前、5月22日の小屋浦地区の航空写真ですね。右側が7月10日、発災して4日後の航空写真でございます。山のほう、土石流が発生した場所がたくさんありまして、市街地へ土砂が全部流れていったということで色が変わっているの、よく分かると思いますが、ここが天地川ですね。この河川の上流からたくさんの土砂と、こちらの支川から、同じように土砂が流れていった

ということでございます。



この広島呉道路が町のちょうど中央辺りを通っております、天地川上流から、それから天地川支川のほうを流れていく。土石流が発生しまして、当時私は、この辺りにいまして、ちょうど夜の7時ぐらいですね。足の膝ぐらいまでは水が流れていたのですが、こちらの流れが交差する場所は一谷から流れてきた水はすごい勢いでしたので、道路の横断もできないような状況でした。ここに娘の家がありまして、避難をする用意をしていたのですが、できないまま、ここで一晩過ごしたということです。

次の日、朝早く行くと、ここは全部川が埋まっております、水も流れていたのですが、川の上を歩ける状況でした。それから、下の、この辺りは水が1階の天井辺りまで浸水してまして、もう船ではないと中に行かれない状況でした。

それと、ここに橋があるのですが、この橋と、もう1か所、保育園の前の橋と、ここがちょうど流木とかいろいろなものが流れてきまして、ここをせき止めてダムになって左右に土砂とか泥、水が流れていったということです。

こちら辺りに川が流れています。土砂で全部埋まっています。この家の反対側には保育園なのですが、川を挟んで両側にあったのが、ちょうどこの辺りに橋がありまして、その橋がせき止められたものですから土砂が全部流れ込んでいって、保育園は1階が全部土砂で埋まってしまったというような状況です。

これも7月19日の写真なのですが、約2週間たっても、まだこういう状況ですね。これは上流のほうの駐車場なのですが、自動車が全部埋まってしまいました。小屋浦地区全体で言うと、

当時仕事で広島市内のほうへ勤務されて帰りに国道等が交通止めになりましたので、帰れなかった車等は無事だったのですが、小屋浦地区に帰ってきて置いていた車はほとんど、こういう状況で駄目になったということです。

こちらの写真は上流の堰堤の近くなのですが、こういう具合に全部崩れまして下流に流れていったということです。

それから、たくさんの方にお助けいただきました。7月14日からボランティアの受け付けをしましたが、当初は国道31号、クエアライン、呉線全部不通になって陸の孤島みたいになっていたのです。ボランティアの方も小屋浦までは時間がかかるので来られないというような状況で、最初の1週間は2人とか、5人とか、10人とか、そのぐらいが坂から小屋浦まで船を使って送って来ていただいてボランティアに来ていただいたというような状況です。夏休みになって徐々に学生さんたちが来てくださって人数も増えてきたという状況です。

これがボランティアに来られた方々の作業風景とかになっています。こちらで炊き出し等のボランティア、盆踊りのときの屋台、こういったことをやっていただきまして、毎日冷たい食事を食べていたので、こういった炊き出しは非常にありがたかったです。

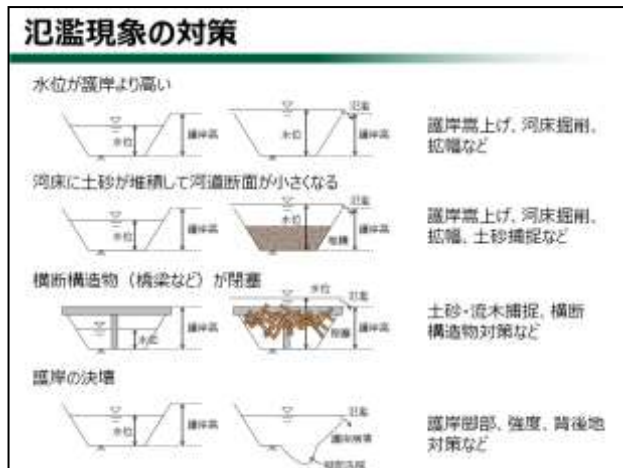
それから、記録誌をつくりまして皆さんにお配りしたのですが、つくった経緯と申しますか、明治40年にやはり同じような災害が発生しまして44名の方が亡くなられております。この石碑はあるのですけれども、全部漢文で書いてあるものですから、なかなか読めない等がありますし、また石碑のこと自体を知らない人も多くいまして、伝承していく厳しさを感じていたところなのですが、この惨状を何とか後世に残したいということで、地区内の役員みんなの気持ちがそういったもので共通しておりましたので、賛同していただいてつくることになりました。今から生まれてくる子供たちへも伝えたいという思いも強かったし、昭和20年にも被害はあったのですけれども、こういうものが語り継がれるだけで、何年かたったら記憶も薄れますし、なかなか伝えにくいということがありましたので、身近に本として置いておけばいつでも見られる、伝えていけるのではないかとということで、この「土石流からの108日」をつくった次第です。

私からは以上です。

★長谷川

ありがとうございました。改めて全体討議のときに。

4名の話題提供者の方からお話をいただきまして、ありがとうございました。早速、全体討議に移らせていただきたいのですが、私から話題提供者の方に質問させていただく形で全体討議を進めさせていただきます。併せて、視聴者の方から御質問等を受け付けますので、質問がありましたら、ぜひよろしく願いいたします。



まず、話としてお聞きしたい点は、現象ですね。土砂・洪水氾濫の現象を考えたときに、やはり対策が変わってくることにはなりますが、これは九州大学の水野先生か京都大学の中谷先生に伺いたいです。土砂・洪水氾濫が起こる……川底に砂がたまるわけなのですが、たまるきっかけは、何か。当然、土砂が流れてくるからたまるのですが、大量に流れてきたからたまったのか、それとも、何か障害物があったからたま

ったのか、それとも、河道・地形の変化でたまったのか、こういったところを伺いたいと思います。よろしくお願ひします。

★水野

九州大学の水野ですけれども、たまるきっかけ—先ほど九州の事例を紹介しましたけれども、ポインターで示されている下の流木が引っかかってあふれ出すケースが多くて、その上流側に土砂がたまるというのが多かったです。

あとは、やはり急激に高い土砂濃度の、大量の土砂が流れ込んできて、それが比較的緩い勾配のところまで流れると土砂がたまって、流路が土砂でいっぱいになった事例が多かったので、多分そういうことが主なきっかけではないかなと思っています。

★長谷川

九州地方だと、全て同じような現象で起こったということでしょうか。

★水野

平成29年7月豪雨であれば、今示していただいているパワーポイントの2つ目と3つ目が一番多かったですね。急にたまりますので。

★長谷川

中谷先生、いかがですか。

★中谷

京大の中谷です。もちろん大量の土砂が発生、流出したことは1つの原因だと思いますが、広島のを検討していると、河道、川の勾配が変化したり、断面の大きさが変わるところがありました。大きくなったり、小さくなったり、そのような変化がある地点で一度堆積が始まると、それがずっと波及していくことも1つの原因と考えられました。

★長谷川

そうすると、土砂捕捉をできる場所はいいのですけれども、できない場所でも河道を改修、修正すれば土砂がたまらずに流下でき形にすれば対策として活用できると。

★中谷

そうです。ですので、変化があつて堆積しやすい地点をなくしてやれば、下流側までスムーズに

あふれることなく流下させることができるのではないかと思います。

★長谷川

ありがとうございます。これは山本課長に伺いたいのですが、対策というのは、やはり土砂捕捉とか流木捕捉だけで今は考えられているのですか。このように細かく分類して対策をそれぞれ考えていくということとは？

★山本

現実問題としては、下流のほうまで砂防工事でやっていくのは難しい部分があって、我々は土砂・洪水氾濫よりも、その前に土石流を止めたい、土石流による被害を防ぎたいというのがある、その中でプラスアルファというような、土砂・洪水氾濫みたいな現象が実際に起きたところについては、特に流木が詰まってあふれるというパターンが比較的多かったように思っている、できるだけ流木が流れないように上流側で止めましょうということ、実際に土砂の量が多い部分については施設の数がある程度増やして止めましょうということで小屋浦とか。

天応は直轄でやってもらっていますけれども、どちらについても土砂・洪水氾濫が起きたようなところについては土石流堆積工みたいなのをできるだけ下流側につくって、土砂も一緒に多めに止めようというような考え方で施設は整備しています。

★長谷川

ありがとうございます。会長にも伺いたいのですが、小屋浦地区の流末の水路、本川ではなくて右支川の水路です。形状を見ると断面がかなり狭くなっている、単純に溢れてしまうということも考えられるのでしょうか。

★出下

ふだんは水が流れていないので、あまり気にも留めていなかったのですが、今回被害が多くて、川が元のまま復旧されているので、もうちょっと広くならんかなというような危惧はしています。

★長谷川

その辺り、県として対策は考えていないでしょうか？

★山本

下流の河川の断面は、基本的に土砂を流すというか、水を流すための断面になるので、ちょっと縦割りちっくになってしましますが、河川管理者のほうで河川として流量を、どれだけ流す断面が必要なのかというのを検討してもらって、不足しているようであれば、そこで広げていただくという形になると思うのです。

砂防事業の立場としては、できるだけ上流から河川に対して土砂が流れていかないように上流側で捕捉するという考え方で施設は整備しています。

★長谷川

ありがとうございます。時間になりましたので、まだまだ聞きたいことはあったのですが、また別の機会を設けて議論させていただければと思います。土砂・洪水氾濫というのは広島に限った話

ではなくて、水野先生がおっしゃっていた九州地方でも起こるし、全国的に起こるような現象ということを含めて、今後この土砂・洪水氾濫の現象については改めて考えていかなければいけないのかなと思っております。