

◆令和3年3月5日球磨川流域治水協議会  
第2回学識経験者等の意見を聴く場  
議事録

日 時：令和3年3月5日（金）16：00～19：04

場 所：WEB会議

出席者：

【学識経験者】

大槻 恭一	国立大学法人九州大学農学研究院教授
加藤 孝明	国立大学法人東京大学生産技術研究所教授
小松 利光	国立大学法人九州大学名誉教授
島谷 幸宏	国立大学法人九州大学工学研究院教授
平松 和昭	国立大学法人九州大学農学研究院教授
(座長)福岡 捷二	中央大学研究開発機構教授
藤田 光一	中央大学研究開発機構客員教授
蓑茂 壽太郎	学校法人東京農業大学名誉教授

【事務局】

国 九州地方整備局 藤井河川部長、  
竹村川辺川ダム砂防事務所長、服部八代河川国道事務所長  
県 水谷理事、上野土木部長、永松土木部総括審議員、亀崎土木技術審議監、  
久保田農村振興局長、古賀森林局長  
司会 大野九州地方整備局河川部河川調査官

司会)

それでは、定刻になりましたので、只今より「第2回学識経験者等の意見を聴く場」を始めさせていただきます。

本日、司会を担当します九州地方整備局河川調査官の大野でございます。どうぞよろしくお願ひします。

会場の皆様方におかれましては、円滑な運営にご協力いただきますようお願いいたします。

まず、出席者の紹介につきましては、出席者名簿に代えさせていただきますと思います。

それでは、開会に当たりまして、お二方からご挨拶をいただきます。まず、九州地方整備局河川部長の藤井より挨拶いたします。

九地整 河川部長)

只今紹介いただきました九州地方整備局で河川部長しております藤井と申します。

本日は年度末のお忙しい中、「学識経験者等の意見を聴く場」にご出席を賜り誠にありがとうございます。

令和2年7月豪雨から昨日で8か月が経過いたしました。九州地方整備局といたしましたは、施設の災害復旧や河道掘削を進めるとともに、1月末に「球磨川水系緊急治水対策プロジェクト」を公表し、球磨川流域の復旧・復興に向けて全力で取り組んでいるところでございます。

また、年度内に「流域治水プロジェクト」の策定、公表を予定しておりますが、このプロジェクトを実効性のあるものにしていくためには、引き続き、各対策に関してはもちろんのこと、復興を進めるに当たっての留意すべきこと等についても、学識者の皆様の知見、ご提案を得ることが必要と考えております。

第1回の会議では、事務局側の説明時間が長く、十分な意見交換ができなかったとのこと指摘もございましたので、本日は各委員から専門分野の視点から資料もご準備いただいた上で、プロジェクトを具体化するに当たってのご意見や留意事項などについて、委員間で意見交換をお願いしたいと考えております。

皆様には忌憚のないご意見をいただきますようお願い申し上げます、挨拶に代えさせていただきます。本日はどうぞよろしくお願いたします。

司会)

ありがとうございました。

続きまして、熊本県の水谷理事より挨拶をお願いいたします。

熊本県 理事)

熊本県で球磨川流域の復興を担当しております水谷と申します。よろしくお願いたします。

先生方におかれましては、大変ご多忙の中、お時間をいただき、誠にありがとうございます。

先ほどご説明がありましたとおり、県では今月の2日、今週の火曜日に球磨川の治水対策を含めた復旧・復興の取組を着実かつ迅速に進めていくために、復旧・復興プランの主な取組について、住民の皆様や市町村とともに目指す目標となるロードマップをお示いたしました。本日資料の参考資料になります。

また、1月に公表しました「緊急治水対策プロジェクト」を踏まえまして治水対策について、国や地元自治体とともに、地元住民の方々への説明に着手したところでございます。

県としましても、先生方からいただきましたご意見、ご提案を踏まえまして「球磨川水系流域治水プロジェクト」を今月中に取りまとめまして、球磨川流域の復旧・復興に向けた取組を加速させて参りたいと考えております。

本日はどうぞよろしくお願申し上げます。

司会)

ありがとうございました。

報道機関の皆様、誠に申し訳ございませんが、カメラによる撮影につきましては、ここまでとさせていただきます。

それでは、只今より議事に入ります。

これから先の進行につきましては、福岡座長にお願いしたいと思います。福岡座長よろしくお願ひいたします。

福岡座長)

福岡です。どうぞよろしくお願ひします。

本日は、球磨川流域治水について、具体的に技術的に検討すべきことについてそれぞれ専門的な立場からご意見をいただきたいと思ひます。どうぞよろしくお願ひします。

それでは、議事に入らせていただきます。まずは資料－1の球磨川水系緊急治水対策プロジェクト及び流域治水プロジェクトについて、事務局より説明をお願ひします。

八代河川国道事務所長)

八代河川国道事務所事務所長の服部でございます。

私から、資料－1のご説明をさせていただきます。それでは、右肩に資料－1と記載のある資料をご用意ください。

本日は時間も限られていることから、年度内に策定を目標としている「流域治水プロジェクト」の説明及び1月29日に公表させていただいた「球磨川水系緊急治水対策プロジェクト」の概要について説明させていただきます。

表紙をめくっていただき、「流域治水プロジェクト」と「緊急治水対策プロジェクト」の関係です。

「流域治水プロジェクト」とは、気候変動による激甚化、頻発化する水災害に対して、河川管理者等の取組だけではなく、流域全体で実施すべき対策の全体像を示し、ハード・ソフト一体の事前防災対策を加速化するためのプロジェクトであり、球磨川では年度内の策定を目指しております。また、球磨川水系では、令和2年7月豪雨において、流域に甚大な被害が発生したため、再度災害防止の観点から速やかに実施するメニューを抽出し、速やかに着手すべく「球磨川水系緊急治水対策プロジェクト」として取りまとめました。

2ページをお願ひします。

令和3年1月29日「球磨川水系緊急治水対策プロジェクト」の開始について記者発表を実施しており、①氾濫をできるだけ防ぐ、減らすための対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策の3つを柱として取組を推進していきます。

3ページをお願ひします。

「球磨川水系緊急治水対策プロジェクト」実施時の連携等についてご説明いたします。自治体の復興計画と連携を図りながら事業計画を進めていくとともに、事業実施に当たっては関係機関で連携し、相互の調整を図ります。

4ページをお願ひします。

「球磨川水系緊急治水対策プロジェクト」の全体像となります。事業内容については、左の箱書きに記載しております。

まず、赤色枠の「氾濫をできるだけ防ぐ、減らすための対策」になります。河川区域

での対策では、河道掘削、堤防整備、輪中堤、宅地かさ上げ、遊水地、放水路等について、事業期間を令和2年度から令和11年度で実施します。また、新たな流水型ダム、市房ダム再開発については、調査・検討に令和3年度から本格着手します。また、利水ダム等6ダムにおける事前放流等の実施、体制構築等に取り組みます。集水域での対策では、水田、ため池等の活用、下水道等の排水施設、雨水貯留施設の整備、森林の整備・保全、土砂や流木の流出抑制対策（砂防、治山等）に取り組みます。

オレンジ色枠では、「被害対象を減少させるための対策」になります。氾濫域での対策として、まちづくりと連携した高台への居住誘導、土地利用規制、災害危険区域等への誘導・移転促進、不動産取引時の水害リスク情報提供、二線堤、自然堤防の保全、排水門等の整備や排水機場等の耐水化等に取り組みます。

緑色枠は、「被害の軽減、早期復旧・復興のための対策」になります。氾濫域での対策として、令和2年7月豪雨の課題を受けたタイムラインの改善、講習会等によるマイ・タイムライン普及促進、ネットワーク回線の二重化、WEB版のハザードマップ作成、庁舎等の浸水対策の実施、水防備蓄倉庫の拡充等に取り組みます。

それぞれの取組箇所は、右側の図にお示ししておりとなります。

次のページからはそれぞれの具体的内容についてお示ししておりますが、説明は一部割愛させていただきます。

5ページをお願いします。

こちらは先ほど赤色枠で示した「氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策」のうち、国管理区間における河川区域での対策になります。河道掘削は八代市の遙拝堰付近から、川辺川合流点付近、河道掘削量は約300万 $m^3$ を想定しております。考え方としましては、上下流の治水安全度のバランスを考慮するとともに、球磨川の瀬・淵の再生、保全、動植物の生息生育環境等や河川の利活用等にも配慮した上で、最大限の掘削を実施する計画とします。

同様に引堤についての内容、また、6ページでは、輪中堤、宅地かさ上げ、遊水地についてそれぞれの実施箇所、考え方等を記載しております。

掘削土については、築堤材料の他、宅地かさ上げや自治体と連携した観光、生活基盤整備等、まちづくりへの活用を図るなど地域の復旧・復興に寄与する河川事業を展開します。

以下、途中のページは割愛させていただきます、11ページをお願いいたします。

こちらは集水域での対策になります。地域及び関係機関が連携して、集水域における流出抑制対策及び土砂や流木の流出抑制対策を推進し、浸水被害軽減につなげる取組を推進します。

12ページをお願いします。

こちらは先ほど黄色枠で示しておりました「被害対象を減少させるための対策（氾濫域での対策）」になります。地域及び関係機関が連携して、リスクコミュニケーションを通じて、まちづくりや住まい方の誘導等による水害に強い地域づくりを推進し、被害対象を減少させるための取組を推進します。

13ページをお願いします。

こちらは先ほど緑色枠で示しておりました「被害の軽減、早期復旧・復興のための対

策（氾濫域での対策）」になります。関係機関が連携して、住民の避難行動につながるきめ細やかな情報提供、リスクコミュニケーションを行い、地域の人々の迅速かつ的確な避難と被害最小化を図るべく、減災に向けたさらなる取組として、令和2年7月豪雨の課題を受けたタイムラインの改善や講習会等によるマイ・タイムラインの普及促進、WEB版のハザードマップの作成などを推進します。

14ページをお願いします。

下の図の縦軸にプロジェクトメニュー、横軸に実施時期を記載しております。実施時期については、青色の矢ばねで示しておりますが、令和3年の出水期まで、第1段階、第2段階、それ以降と分けており、それぞれの実施メニューの取組時期を示しております。なお、図の下側に記載しております、集水域での対策、被害対象を減少させるための対策、被害の軽減、早期復旧・復興のための対策につきましては、着手可能なものから順次実施していく予定としています。また、米印を記載しております流水型ダムと、市房ダム再開発については、今後の調査検討の結果を踏まえて、実施事業期間等を決定します。

簡単ではありますが、資料-1は以上となります。

福岡座長)

ありがとうございました。只今、球磨川水系緊急治水対策プロジェクト等について事務局から説明がありましたが、次に進みたいと思います。

第1回会議では、各対策のみならず復興を進めるに当たっての全体的な留意点等をお伺いしましたが、前は時間も短く、十分な意見交換ができなかったため、本日はあらかじめ準備いただいた資料等を用い、各委員から主に流域治水プロジェクトの各メニューの具体化に向けて、把握しておくべき知見や留意点、ご提案等についてお話を伺いたします。

その上で、委員間での意見交換をして、議論を深めることをしたいので、ご協力をお願いいたします。

各委員からの説明に対する質問等については、皆さんの説明が終わった後の意見交換の時間にまとめてお願いします。よろしくお願いします。

早速、委員の発表をお願いしますが、まず最初に、極めて基本的なところとしての私の発表を10分ほどさせていただきます。

資料をお願いします。

検討の目的を3つほど書いてあります。目的は球磨川豪雨災害で50名もの人が亡くなったという大変不幸な事態が起こったわけですが、これに対して、なぜこのような災害が起こったのかをしっかりと行政もそれから住民も知っておく必要があると思います。このためには、これまでの洪水災害でのデータを集めて、それを分析して、具体的に生じたことを分かりやすく説明する必要があるということで、私が九州地整と共同でデータに基づいて検討した結果をこれから説明します。

検討範囲は、市房ダムから八代河口まで広い範囲で解析を行いました。この区間で洪水流と氾濫流、そして河床変動を一体的に解析を行いました。非常に複雑な地形場に大洪水が出て、氾濫をしたということで、従来のように河道の中と氾濫とを分けて考える

ということでは、この川の洪水解析に十分ではないということで、これらを一体的に解析しました。人吉その他の被災地域では、家屋を考慮して、その建物の占有率や家屋群から受ける流体力、抵抗等も考慮します。後ろのほうの29ページから34ページまでに、参考として計算式を全部書いてありますが、時間の関係上、これは興味のある方は見て下さい。機会を見つけて、解析法の説明機会を持ちたいと思います。

「モデルの特徴」と書いてありますが、ここで一番大切なことは、豪雨が起って氾濫したということです。氾濫水位のピーク時のデータ、これが洪水痕跡と言われるものですが、事務所の努力で洪水痕跡が測られています。洪水痕跡は最大流量時に近い水位の状態です。河川の各場所に水位計があり各時間の水位が記録されています。

次は4ページです。

4ページの図で、一番下の黒いところは川底です。それに対して一番上の丸が書いてありますが、これは洪水痕跡の高さを調べたものです。途中にいろいろな色の丸や、実線があります。これはそれぞれ各時間の観測値、観測値で、水位がどのように各場所に変化したか、ここは人吉地区だけを示していますが流域全体について、解析をやっています。一番大事なことは、解析水位が測られた水位になっているということで、川底の状態も含めて、流れ場の計算、氾濫している場の計算も同時にできるということです。例えば、ここの中に1つ、小さい四角の中に人吉大橋がありますが、各時間の水面形を計算し、各時間の測定データが青いプロットです。実線が解析値です。このように対応が良いことが分かります。

今回大事なことで、お話ししたいのは、この「治水地形分類図」の活用です。土地の成り立ち、地形とか地質とか、それから河道のでき方、あるいは河道を含む氾濫域の状態等が、こういうものを見ることが出来ます。これを見ると分かりますが、この図が今回の災害を非常によく説明しているということです。今後復興を考えたまちづくりを進めていくときに、治水事業のベースはもちろん基礎的な水位データとか流量のデータでありますけれども、流域治水を言うのであれば、流域の成り立ち、生活形態、それから氾濫と被害形態といったものが反映されることが大事です。

6ページです。川辺川合流点、人吉における居住地の状況が昭和38年、平成21年航空写真等で比較にどのように変わってきたかが分かります。

7ページです。

この図は、人吉市街地の氾濫状況を地形図に重ねて示しています。どんな流れ方をしたか、ピーク時の流れです。地質と標高、それからそこでの流速、左上に水深平均流速と書いてありますが、茶色は流速が毎秒5mぐらい。灰色は、大体毎秒3mぐらい出ているということで、平均流速でもこんな大きな値が出ていることが地形との関係で分かります。大事なことは、人吉では段丘面が迫ってしまっていて、川の流れ方は段丘面と密接に関係しており、氾濫形態もこれによって規定されています。

8ページです。

川辺川合流点から人吉市街地での洪水ピーク時、流れの状況の計算されたものです。赤は河道の流速分布を示しています。氾濫したところは、緑のベクトル図で書かれています。この図は、川辺川と市房ダムを上流とし、球磨川が合流して、どんなあふれ方をしているか、どれくらいの流速で、どれくらいの水深で流れたのかが分かります。丸印は氾濫

流の痕跡、氾濫した水の最大の広がり位置を示してまして、そこの青い実線は解析で求めたものです。解析は上流から下流まで全体のボリュームが実測と合うよう計算をしており、しかも各時刻の水面形が実測とほぼ一致していることが、この解析の信頼度を高めています。

10ページをお願いします。

10ページは、治水地形分類図上に、いつ頃、人吉市街がどのような形で広がってきたのか、昭和40年代、50年代にかけて、堤防ができて、家々が広がっていったかが分かるように示されています。このような資料を用意することによって、今後氾濫域の流速がどれくらいで、どれくらいの水深になったかというようなことが分かります。それから氾濫水によって家々にかかった力が分かり、どうしてこの家が壊れたのかというのにもここには出ていませんけれど、分かるようになっています。

11ページです。

人吉地区における河道での河床変動も計算しています。データは収集中ですが、球磨川、川辺川は、土砂移動の大変多い川ですので、洪水の計算と川底の変化を一緒に計算することによって、精度の高い計算が行われています。

12ページは、皆さんに親しまれている中川原公園付近の流況ですが、中川原公園があることによって、大流量が流れると、抵抗をもたらし、流れにくくしています。このため、土砂が貯まりやすいことが問題です。こういった治水上の問題をどうするのか地域づくり、まちづくりの中で考えていかなければなりません。

これは人吉地区における氾濫開始から洪水ピーク時での流況を各時間で示しています。上の図は7月4日の7時20分、あふれ始めて間もない頃です。それから14ページの図が7月4日の10時20分、氾濫のピーク時です。このようなことが分かることによって時間的にどんなことが起こったのか、さらには、今後、治水事業が進んでいくと各段階の水位がこんなところ、流量がこんなところとなっていくと、あたかも今回の災害の各段階に相当するようなことに近い現象が起こる可能性があるのです、そのようにならないような川づくりを考えていく上で、こういうものが参考になります。

15ページをお願いします。

15ページは非常に大事な図です。河道が湾曲していて、そこを流れる洪水が氾濫を生じている状況です。通常、河道というのは、堤防の外側と普通は言うんですけど、水のある側を河道と呼んでいます。今次洪水は氾濫していますので、河道の高いところ、高水敷と言われるところが人吉市街に相当し、河道が低水路という流れの状況になっている。この流速の分布を見たら分かるように、流速が毎秒2mぐらいにもなって人吉の市街地を流れている。そこでは、数mの水位となっています。

次、17ページです。

渡地区、その次の坂本地区、ここも同様に治水地形分類図の中に地形情報が示されています。その結果として、どのような氾濫の仕方、どのような水の流れ方、実際の大きさはどれくらいあったのか、どうしてそのような流れ方になったのかというのが河道の形と、それから段丘面の河道への迫り方、そういった関係が分かるような図にしています。

時間の関係上、少し飛ばします。次に22ページ、坂本地区です。

22ページの坂本地区も同様に、治水地形分類図を見ると、氾濫しているところに、坂本駅、それから坂本支所等があります。こういったところで何が起こったのか。もともとは、氾濫平野あるいは河道の砂州上であることが分かります。治水事業によって住めるようになったのですが、今回のような巨大な豪雨が発生すると、あふれてそこが川になってしまった。その結果として、大災害が起こった。では、今後こういうところに住むにはどうしたらいいのか。まちづくりと治水とがうまくドッキングすることが必要となります。この解析結果等を用いてどのようなまちづくりをしていくべきかという点で、この結果は大変重要な方向性を与えています。

最後にまとめです。

まとめ1から2まで書いているのは、解析から得られた結果です。私がここで提示した重要なことは、これから他の分野の専門家の方々に、こういうことが起きた、起こっているときに今後、再度災害にならないようにどのような考え方で大洪水に対して安全な地域づくりを行っていくのか、どの場所からどのようにしてやっていったときに、下流および上流にどのような影響を与えるかも含めて、今回起こったことに対する基本的な情報を与えているということです。これから皆さんから関連してお話があると思いますので、議論の中で、さらにお話ししたいと思います。

それでは、続きまして、河川工学の視点から小松先生にご意見、ご提案をお願いいたします。

小松先生)

小松です。それでは画面共有をよろしく申し上げます。

「九州における今後の氾濫リスクと球磨川の治水対策」というテーマでお話をさせていただきます。欲張って50枚も用意したのですが、もちろん私の持ち時間は8分なので、飛ばしていきたいと思います。資料としてご覧いただければと思います。

去年の九州の豪雨災害の特徴というのは、流域全体に大きな降雨がありました。球磨川も筑後川も同じなのですが、それが非常に大きな特徴だったと思います。

これが球磨川水害のときの降雨の状況なのですが、梅雨前線が北部九州にかかっているときに、球磨川流域、それからその南に位置する鹿児島県の川内川流域にかけて大きな降雨域があったということです。

そのトータル降雨がこのような感じで、いわゆる気象学者がいう「大気の川」によって多量の水蒸気が供給されたということで、北部を除いて400mm以上、多いところは600mmという、そのようなすごい雨が流域全体に降っているということが球磨川水害の最大の原因だと言えるかと思います。

これは筑後川ですが、筑後川の場合も梅雨前線が対馬の上空にある時に、筑後川流域全体にわたって、すごい降雨があったということです。このように降雨域が非常に大きく広がっていたというのが大きな特徴です。

災害外力の強大化、広域化が実感されるようになってきたのですが、これは筑後川流域の4年前の九州北部豪雨、それから3年前の西日本豪雨災害、それから去年の九州豪雨のときの雨の降り方なのですが、4年前の九州北部豪雨のときは、非常に局所的だったということで、筑後川自体は氾濫しなかった。しかし、去年はかなり流域全体に広が

ってきているということで、筑後川本川でも氾濫があったということです。

去年の豪雨災害からの特徴です。これが球磨川水害が起こったときの降雨の状況ですが、6時間、7時間にわたって、非常に東西に長い線状降水帯がかなり幅広に降らせていたということで、さっきから言っているように線状降水帯がかなり広域化している、強大化しているということが言えるかと思います。

その原因ですが、気象学者に言わせると、やはり気候変動の影響だろうと、地球温暖化の影響だろうということで、雨の降り方も大きくなってきている。それから日本近海の海水温の上昇が結構大きい。それから日本上空の1,500mでの水蒸気量も今どんどん大きくなっていっている。全海洋平均よりも日本近海は2倍から3倍の速いペースで温暖化が進行しているということだそうです。

これが線状降水帯が大きくなる理由なのですが、日本近海の海水温が低いと熱帯からの気流が日本近海で冷やされて、上昇しにくいのですが、日本近海まで温かいと、ずっと水蒸気も熱も供給されて、日本にぶつかったときに、積乱雲が発生しやすくなるということが巨大化の原因の1つかなと考えています。

こういう災害外力に遭うと地域の脆弱な箇所が破綻するわけなのですが、では脆弱な箇所というのはどこなのかということですが、球磨川で言えば一日本の川というのは盆地と狭窄部の連続でなっていることが結構あるのですが、球磨川の場合は、盆地と狭窄部がワンペアだと。盆地の集水域が非常に大きいということです。こういう盆地と狭窄部は脆弱な部分だということが言えるかと思います。

これが人吉市街地なのですが、集水域が非常に大きいものですから、ため池みたいになって、居住地域まで水があふれているということが言えるかと思います。

これが球磨川の渡で、両サイドに山が迫っていて狭窄部です。坂本もそうなのですが、こういう狭窄部に大きな流量が流れ込むと水位が上がるということで、居住地域が被害を受けるということになります。

筑後川の場合も結局被害が出たのは、狭窄部でした。玖珠町それから九重町が奥のほうですが、ここは盆地状なのですが、そこから出てくる、狭窄部である天瀬町、ここで氾濫しています。それから日田盆地があって日田盆地から流れだす地点で花月川の合流点の近くですが、ここも狭窄部の入り口ということでここでも氾濫しているということで、筑後川の場合は盆地での氾濫はなかったのですが、狭窄部で氾濫が起こったということが言えます。

では、そのような視点から今後の九州の水害リスクというのを見るとどういうことが言えるだろうかと。九州の地形は皆さんよくご存じだと思うのですが、南北に細長いわけで、真ん中に脊梁山地である九州山地があります。これが分水嶺になっていて、東と西に分かれるわけです。

九州の一級河川のほとんどがこのような関係から東西に細長い流域になっています。

例えば代表的な筑後川流域とか、白川です。それから大分川、あと緑川、この後、川内川も出てきますが、このようにどちらかというと東西に細長いと。

これは気象研が作った図で、球磨川の水害のときの模式図なのですが、このような感じで大量の水蒸気が流入すると。これが西から流入するので、線状降水帯はやはり東西に長くなります。

実際に去年の九州豪雨のときは、9つの線状降水帯が発生していたと。そのうち、特に大きかったのが球磨川水害と筑後川水害を引き起こした2つの線状降水帯だったということです。

結局、九州というのは、日本の一番西にあって、九州の西は海だということで、大量の水蒸気の流入に真っ先に遭遇するということ。それから、さっき言ったように九州の河川は東西に細長い流域を持っているということで、線状降水帯と重なりやすいということになります。

例えば、さっき球磨川は盆地と狭窄部で成り立っていると言いましたが、球磨川のすぐ南にある鹿児島県の川内川、ここは盆地、狭窄部、盆地、狭窄部という、このようなペアの連続で成り立っています。千曲川のような感じです。

去年の九州豪雨災害のときには、12時間降雨量で、この川内川流域というのは、左側の図のような形で、上が球磨川流域ですので、球磨川流域に降った線状降水帯の影響を受けているわけです。右側が総降雨量です。これを見ても分かりますように、もう少し梅雨前線が南に寄っていたら、実は降雨域が川内川流域とすっぽり重なっていたということです。なので、去年の球磨川水害で起こったような水害が川内川で起こっていても全くおかしくないということが言えるかと思えます。

こういう地球温暖化、気候変動で気温、水温、特に海水温の上昇、特に日本近海のです。それで気流による水蒸気量の供給の増大が今後、線状降水帯の広域化、強大化、台風の強大化をもたらすだろうということで、これを覚悟しなければいけない。

さっきから言っているように、東西の細長い流域を持つ九州の場合は、やはり東西に長くなる大型化した線状降水帯と重なったら、去年の球磨川水害、筑後川水害の再来になってしまいます。大型河川水害の頻発化が懸念されるということで、今年も、昨年のような大水害があっても全く不思議ではないということが言えるかと思えます。

一体どういう対策が考えられるかということ、次、お願いします。

球磨川に対して、川辺川の存在というのが非常に大きいと。川辺川からの流入が非常に効いているということで、やはり川辺川にダムは必要だろうと考えています。

これが水位のデータから川辺川からの流入が、やはり球磨川本川に非常に大きな影響を与えているということを表した図です。

環境面、それから治水面の両方を満足するために流水型ダムしかないと思っているのですが、ただの流水型ダムだとこういう感じでなだらかなピークカットということで効率が非常に悪いです。

川辺川の場合、非常に厳しい治水オペレーションを要求されるので、こういう鍋底カットみたいなことを要求されるということで、これは流水型ダムではできないということになります。

それで、前回も口頭でお話ししたのですが、ゲート付きの穴を有するハイブリッド型の大型流水型ダムを提案したい。通常時もしくは中小洪水時には、流水型ダムとして機能する。大洪水時にはその穴を閉じて、貯水型ダムとして機能させて、両方のいいところを生かすようにするというのです。

なぜこういうことを考えるかということ、流水型ダムの常用洪水吐というのは、実は、魚がうまく通過するとか、土砂が通過するとか非常に細やかな配慮を要求されるので

す。ここに大洪水が流れ込むというのは、はっきり言って現実的でないということが言えます。

これは穴が流木等で詰まるのではないかという懸念がよく言われるのですが、今はいろんな工夫があって、その心配はあまりないということです。

こうすることで、これからの治水は国の存亡をかけた戦いになると思ってます。それから気候変動で災害外力の増大とともに災害の様相も変わってきているということで、川辺川については、どうしてもダムによる治水が必要だろうということで、環境保全と治水効果の両立を狙ったハイブリッド型の流水型ダムを提案したい。それから、九州の場所と地形的な形状から、今後、大規模洪水災害が頻発化する可能性があるということに対して警鐘を鳴らしておきたいと考えています。

以上です。

福岡座長)

ありがとうございました。

続きまして、河川工学の視点から島谷先生、お願いします。

島谷先生)

私からは国の流域治水についてお話をしたいと思います。

国が流域治水を始めまして、流域のあらゆる関係者との協働によって、先ほども部長から説明ありましたが、「流域全体で総合的かつ多層的な対策を実施する」、これが基本になるので、まずは関係者との協働をどうやって行うか、それから総合的かつ多層的な対策を実施するにはどうすればいいかということになるかと思っています。まだ国が今考えられている流域治水のメニューは、限られているので、やはり新しい要素技術の開発とかも必要になろうと思います。それに加えて、熊本県は緑の流域治水ということを提唱されています。したがって、球磨川で議論しないといけないのが緑の流域治水ということになるかと思っています。球磨川の流域治水は、国交省が言う流域治水にさらに、環境への影響の最小化のベストミックスということがうたわれています。右の図に示すように流域の治水をやることによって、地域の産業とか地域の持続性がどう成り立つかというところを考えていかないといけない。重要なことが書いてありまして、地域の実情をまず踏まえるということと、適宜プランの取組の見直しを行うということで、今年度例えば計画を立ててもそれをどのようにして見直すかということをしちゃんと議論しておく必要があります。

私の基本認識は、過去に比べて雨水を集め過ぎていて、下流の流量が増え過ぎているという概念が重要であると。それは河川改修とか水路の整備とか道路の整備とか樹林帯の状況とか山林の状況もあろうかと思いますが、そういう意味で流域全体の集水システムを再生、再構築することが流域治水の基本的な考え方になるのだろうと考えています。

阿蘇を例に取ってみますと、阿蘇の黒川が平成24年の水害で大水害がございまして、その後、河川改修と遊水地が造られました。これを見ていただきますと、阿蘇の場合は、黒川と白川が合流して下流の熊本に行くわけですが、立野ダムで今200m<sup>3</sup>/sぐ

らのカットが考えられておりますが、河川改修をしますとこの青が改修する前で、改修後がこの緑になっております。河道改修のみが緑です。遊水地を造ると若干減ってくるわけですが、やはり河川改修をすると下流に水が確実に多く流れていくということです。こういうことを我が国は繰り返してきて、下流に水を流している、たくさん集めている。こういう状況をどのようにすればいいかということが流域治水ということになるかと考えております。

流域治水の基本は、ハード対策として流出を抑制すると。これは流量を減らす、あるいは時間を遅らせる。普通、流出抑制対策は大きく言うと流量を減らすことと、洪水の時間を遅らせるという、そういう2つの対策です。もう1つが氾濫流のコントロールで、氾濫する領域を限定するとか氾濫したときの流速、水深を減少させる。こういう対策が重要になってくるということになります。

ソフト対策については、ここでは言及しませんが、非常にソフト対策も重要な流域治水対策のメニューとなります。

まず、流出抑制ですが、流出抑制する手法は、一般的には貯留、それから浸透、遅延、retention、infiltration、detentionと言われます。日本ではこの貯留が非常に大きく取り上げられますが、一般的には流出抑制の手法はこの3つの方法を組み合わせてやるというのが一般的な方法です。

もう少し詳細に見てくるとこういう形になっておりまして、雨が降ったときに流れてくるものも含めて表面に貯めるという方法。それから土壌とか砕石層とかいう土の中、あるいは間隙に貯留するという方法。それから下に浸透するという方法の3つの方法を組み合わせて流出抑制は一般的になされる。遊水地のようなものは、表面の貯留だけを考えている。浸透トレンチのようなものが間隙貯留と浸透を考えているというものですが、本来はこの3つのものを組み合わせるとよい効果が上がるということになります。

少し事例を見てみたいと思います。例えばグラウンドを考えた場合に、グラウンドは大体100m掛ける100m、もっと大きいものがありますが、ここに100mmの雨が降ると、1時間で約1,000m<sup>3</sup>の水がここに降ることになります。1秒あたりは、ここでの流出を計算すると約0.28m<sup>3</sup>。これを例えば流出抑制しようと思うと、このグラウンドの周りに5mぐらいの液層を造って、1mの深さで入れますと空隙貯留が約760m<sup>3</sup>ということで、ほぼグラウンドの流出が抑えられる。浸透も結構ばかにならなくて、1時間に花崗岩であれば66m<sup>3</sup>ぐらい、関東ロームであれば300m<sup>3</sup>ぐらいということで、数時間も雨が小降りになれば、全部また空っぽになってしまうというような状況で、流出抑制というのは、オンサイトであればできるということになります。

道路もよく見てみますと、結構道路沿いに人家があって、恐らく道路沿いの家も全部この道路の側溝に入っていると考えられます。そうすると道路の集水面積、集水域は約50mとしますと、1kmの延長で100mmの雨が降ると毎秒あたり1.39m<sup>3</sup>ぐらいの水が出てくることになります。これを道路の側溝の下に2m掛ける2mの貯留槽を造りますと、約3,000m<sup>3</sup>ぐらいのボリュームが貯まるということで、時間雨量100mmぐらいの雨でも、こういう下の貯留槽で流出を抑制できるということで、流域の中でオンサイトでよく流出抑制するというのはそれほど難しくないということが分かります。

また、田んぼがあるような場所では、田んぼの道路を上げて、川を狭めるような形で、

上流方向に川をあふれさせるような形が考えられます。私が考案しているものですが、これはもたせというもので、こういう、海外では、先ほど小松先生の絵にもありましたが、非常に小規模の縦列型の遊水地なんですけれど、こういうものがあります。これを田んぼに適用してはどうかということで、免田川で少し検討してみました。河岸段丘になっておりまして、低段丘面はほとんど水田で、人家もないというところで、そこにもたせ堤ということで2 mぐらいの堤防を造り、オリフィスで洪水を絞りますと青のような三角形の波形で来たものを簡単に計算してみますと、6 7 m<sup>3</sup>/s ぐらいのカットということで、1 か所堤防のような2 mぐらいの高さのものを造るだけで、1 割以上のカットができるということが分かっております。このようなものを水田のところに入れていくと、非常に効果があるだろうと思っていますし、近年、話題になっています田んぼダムですが、——これは熊本大学が検討してくれたものですが、いろいろな流出の穴の大きさによって当然違うわけです。これは豪雨時の雨の波形を考えておりますが、穴を小さくしますと、一気に水面が上がって、畦の高さが3 0 cm ですので、越えてしまうと。穴の大きさを大きくすると水面の上がり方は多いけれど、流出量がこれぐらいになる。結構、流出カットできておりまして、この黄色い穴が大きいものでも6 割ぐらいのカット、もっと穴を小さくすると、ほとんど出ていかないというようなことで、結構、田んぼダムも穴の大きさを変えることによって確率降雨への対応ができるということも分かっておりまして、かなりの流出抑制ができると考えております。山の中の水路も今左のような形でU路溝で行われていますが、これはもう一気に下流に水を集めてしまいますので、外を小さくしないような河川改修が必要であろうと思っています。

今のが流出抑制ですが、もう1つ氾濫流のコントロールが非常に重要になります。氾濫域を限定したり、流速を低減するような方法です。これも熊本大学の皆川研でやっているものですが、3 0 0 分の1 ぐらいの雨で、阿蘇の中で今その研究をやっておりまして、こういう形で氾濫流というのは来るわけです。ここに二線堤、堤防が破堤したときにそこからのか、越流したときにその氾濫流を抑えるもの、横堤、横方向の水の流れを抑えるもの、こういうものを既存の道路を利用して2 m程度嵩上げしたものです。そうしますと氾濫流がちょっと面白いんですが、この横堤や二線堤によって、住宅地に行かない。ここは輪中堤を造っています、こういう輪中堤で守られて、氾濫が防げる。一方でこういう横堤を造りますと、かえって水深が深くなるというような現象もありますが、横方向に水をコントロールするというような方法で、かなり氾濫流のコントロールもできるのではないかと考えています。

以上のように流域治水にも非常に様々な、ここでは本当に僅かな事例しか示しておりません。有効な手法と考えられますが、対策のメニューが非常に長いので、導入をどのように考えていくのかというのが重要になると思います。基本は今までどちらかという大きくボリュームが取れるものから入れていこうという概念で入れてきましたが、そうではなくて、ベネフィットが大きいものから優先的に導入するというのが望ましいのではないかと考えています。ベネフィットには治水と環境と地域経済循環みたいなものを入れると。コストには当然小さいものは造るのには手間がかかりますので、そういう建設費と補償費の他に合意形成だとか、行政コストみたいなものもコストに入れながらB/Cが高いものから、順次検討すると。しかも右のようにB/Cもダムのようにある

程度一定程度の確率規模の洪水に対して初めてベネフィットが発生し、非常に大きなベネフィットを発生するけれど、規模がそれ以上になってしまうとB/Cが出ないというようなものとか、いろいろB/Cの形があると思うのですが、そういうものも含めて考えないといけない。

流域治水というのは流域全体でいろいろな流出抑制をやってきますので、それを表現できるような、水文水理モデル、分布型のモデルに転換する必要があると考えています。よく小さなものをたくさん入れるとか田んぼに入れるというのは、合意形成が大変だからということをよく聞きますが、そういう言い訳をしていたらなかなか進まないの、その合意形成みたいなものもきっちりコストとして換算して、人員を増やすとかコンサルタントに発注するとか、そういう方法も含めて流域治水を進めていくことが必要だと思います。

最後です。流域対策で流出抑制とか氾濫流コントロールはできますので、そういう方法をまず検討して、どれぐらいできるかということで全体計画を立てるのが望ましいと考えています。そのやり方は支流ごとにやはり対策案を検討していくのだろう。要素技術の開発は、先ほど簡単な案を示しましたが、それぞれの要素技術はやはり細かい検討が必要です、その開発と現地での実証が必要で、やはり何らかのガイドラインをつくって球磨川流域に順次適用していくということが重要だろう。

それから、技術の開発に対応して、どんどん要素技術が出てくると思いますので、計画の柔軟な変更というのが何よりも重要と。それから、河道掘削とか、流路工とか、河道整備というのは、下流の流量を増やしますので、やはりよくよく検討してやってほしいと。結局、上流を掘ると下流の洪水が増えるということを十分認識してやってほしいと。それが地域づくりの視点、環境保全、地域との協働にも万全の注力をしてほしいというのが私からのお願いでございます。

以上で発表を終わります。

福岡座長)

ありがとうございました。

では続きまして、同様に河川工学の視点から藤田先生お願いします。

藤田先生)

大きく4つお話をしたいと思います。1つは、このペーパーの1. に書いてあるような全体的な考え方の確認です。1. の標題の下にある図は、水害リスクカーブと呼んでおりまして、個々の地域の被害状況を積み上げるのですが、まずは流域全体でどうなるかを見据えることが基本になります。横軸が豪雨の規模で、超過確率年と書いてありますが、縦軸が想定被害です。被害もいろいろな尺度があるので、それを使い分けていくということになります。

気候変動だとか、超過洪水生起を踏まえた治水の考え方をこれから検討する上で、水害リスクカーブをどのようにコントロールする、あるいはマネジメントするか、ということがとても大事だと考えています。図自体は概念図ですし、数字はあくまで例示です。この中で、赤い線が例えば現況だとして、もともと沖積河道なので氾濫は頻発して起こ

るのですが、それを、今まで治水整備によって、相当大きな雨まで被害が起こらないようにしてきたという、そういう流れを表示しています。これから先については、黒い矢印のようにさらに水害リスクカーブを右に押しやる、つまり、治水インフラ整備によって、無被害で済む、氾濫が防止される豪雨規模をもう一段大きくしようということになります。この点々で塗った矢印は、水害リスクカーブを下に寝かせる、つまり、超過洪水で氾濫は起こりますが、ひどい被害にならないように、打撃が小さくて済むようにする。要は、その下の丸に書かせていただいているように、両方目指すことが肝要だというのが私の基本スタンスです。下に寝かせるアプローチというのは、地域の皆さんに、やはりしっかりした取組を求めることになる。それからどうしても不利な条件を持つケースについては、しわ寄せがいく性格を持つということになるので、厳しい施策という面もあります。したがって、包摂性とよく言いますが、それを意識した丁寧で実効性のある取組がポイントになろうと思います。一方、右に押しやるアプローチ、これは要するにより大きな豪雨外力までは無被害で済む、その範囲を広げるということなので、いわゆる治水インフラ整備がベースになりますから、その確実性は高い。それから、その範囲においては、非常に高い包摂性を持つことになります。要するにそこまでは無被害です。しかし、その外力を超えてしまうと被害が起こるということになります。

したがって、ここに書いてありますように「前者に頼り切って、後者への対応がおろそかになってはならない。また、治水インフラ整備において、地域の大事な資源・魅力、これが損なわれてはいけない」、この考慮がすごくポイントになります。できたら、このアプローチを並行してやり、かつ地域がより発展すると、この相乗効果を目指すというのが基本スタンスだろうと思います。

この1. で最後に書いてある丸ですけれども、今次洪水、令和2年7月豪雨災害、これを見据えることはとても大事、これは当然のことです。ただし、それだけに着目するのではなくて、やはり地域のために大きな視点で、このリスクカーブをどのようにしていったらいいのか、そこに主眼を置くことが大事だと私は思っています。具体的に言いますと、今回の豪雨で安全になればいい、これもちょっと違うのではないかな。それから逆に、今回の豪雨に対してある施策が不十分なところがある。だから全部駄目ということでもなくて、やはりあくまで被害に強い地域をどのようにつくっていくかということが主体になるべきだというのがこの1ページ、1. に書いた私の考えです。

ここから先は、第1回目の会議で申し上げたことの意味をベースに展開するということになります。2. にあるポイントは、ここに書いてありますように、やはりメニューがどれくらい効くかを科学的、技術的にきちんと評価することが大事だということです。そのバックボーンとして、ここに書いてありますように、球磨川の流域・水系・河道の特徴を、技術的な評価と関連づけて意識して捉えておくということが大事かと思っています。

2.1に、区分というのも、これは議論のため、ざっくりですが、書いています。数字も含め概略整理ですが、考え方の整理として書いてみました。上流から区分1から7まで、ご覧いただいたら分かるように、1つの同じ特徴を持ったまとまりごとに見ていくということになります。こういう手法は、河道についていろいろなアクションを取るのに、従来から用いられてきた河道セグメントという方法ですが、ここでのポイントは、

氾濫原-河道の間の洪水流のやり取りということにも意識するというのと、それから支川も意識する、つまりやはり流域治水ということで行くと、河道の外も見ながらこういう区分を考えていくということが1つのポイントになります。

もう1つは、勾配を書いています、私はこの川の技術を考える上で、河川あるいは氾濫原の縦断勾配というのはとても大事だと思っております。こういったものを整理しながら、とりあえず、1つの呼び水として、1から7までを、このように作ってみました。本川上流、川辺川、狭窄区間、そして、人吉の市街部、渡まで、横石まで、八代平野と、こういうことになります。それからこの表の下のほうに、※印でつけているのは、特に区分4と5、人吉市街部と渡までについては、堤防というのがどんな水理的な（水理的というのは水の流れ方の意味です）作用、機能を持っているのか、このあたりを理解することが1つポイントであるということで付記したものです。八代平野のところの堤防はもう典型的な築堤河川なので、堤防としての役割は明確です。ところが区分の4とか5というのは、氾濫流を制御する度合いが相対的には小さいと言えると見ています。理由は地盤からの堤防の高さがさほど大きくなくて、しかも氾濫原の幅に限定があるので、今回もそうなのですが、一定以上の洪水が来ると堤防が潜ってしまう。先ほど座長からもお話がありましたけれども、氾濫原も一体として川のように流れてしまう。そういった中で堤防の意味合いを捉えることは、技術的なことを検討する着眼として大事な点と見ています。

以上の整理を仮設定として見たときに、ここに書きました。座長の被害分析も少し活用させていただいていますが、1つ目、(1)としては、超過洪水で氾濫が起こってもひどい被害にならない方策の検討に対してどんなことがポイントになるかを、一応今申し上げた区分ごとに4、5、6、7と書いてみました。例えば、全部は紹介しませんが、区分4の人吉市街のところは、座長からも話がありましたように、あたかも市街地部が高水敷のような流れを持ってしまう。それから建物が密集して、幸い粗度効果が大きいので、建物が流されるほどの流速にはなりません、こういう形態を持っているので、配置や微地形によっては、建物の安全にとっても厳しい水理条件になり得る。これは留意しなければいけない。それから、これは座長の話でありました、一体的な解析が必要であると。それから堤防の役割って何だろうと、これも考える必要があります。その下の渡までの区分5ですけれども、似たようなところで横に氾濫して、複断面的な高水敷と低水路のような流れになるパターンになるのです。蛇行があるのです。そういう場所での流れの特徴をしっかりと見据える必要があるのと、下流端近く、渡の近くになると、さらに川幅が狭くなるので、水深も大きくなって非常に厳しい水理条件になる。このあたりが1つのポイントになります。なので、河川とか周辺地形の特性に応じて、局所的に発生する高流速、高水深などのハイリスク箇所を押さえることがすごく大事になります。

この後の(2)で述べますけれども、こういった場所で氾濫したことがピーク洪水流量をどれくらい落とすのだろうか。これを調べる上で非常に大事なケースかと思って書いています。

それから区分6になると、これはまさに山間狭窄、狭隘部になります。座長からも話がありましたが、河道の縁辺部、ここに住居があるのですが、そこに局所的に発生する

高流速をしっかりと押さえる、そのような水理解析が必要となります。特に流れの特徴として、湾曲、蛇行の曲がりによってどこでどんな高流速と水位差がつくのか、このあたりをしっかりと見ていくことが大事。ただ区分6では、河道が山裾で制約されているので、洪水流量の超過度がどんどん増えていったときに、水理力が頭打ちになりません。氾濫原があれば、堤防からあふれて、そこから先は、あまり急には水位は増えませんが、山の中は制約されているのでどんどん増えていく。このあたりをどう考慮するかというのを減災に強いまちづくりを考える上で、ここは特徴的に非常に重要だということと、山の中なので土砂災害、山に逃げたらかえって危ないこともあるから総合判断が必要だ、ということを書かせてもらいました。

それから、(2)で、河川における洪水流の流下、それから河川周囲への氾濫に伴って、洪水のピーク流量がどのように減るのだろうか。これについては幾つか基本的なポイントがあると先ほどの区分を見て思いました。1つは、やはり河床と氾濫原の勾配が相対的に急だということが大事です。河床勾配300分の1とか600分の1で、支川だともっと急なのですが、そうするといわゆる一般的な通念としては、ここに「Kinematic wave」と書いてありますが、簡単に言いますと、洪水の水の塊が上下流方向にばらけにくいという特徴を持ちます。ですので、その条件が維持されている限りは、なかなかピーク流量の減衰は起きにくいということになります。となると、洪水ピーク流量の有意な減衰を得るための必要条件としては、河道と周囲との洪水の活発なやり取り、これが大事になるというのが強調点で、このことについてはいろいろな水理的な知見としてまとめられています。この河道と周囲との活発なやり取りをどのように見ていくかということについては、例えば先ほど区分4とか5で氾濫の状況がありましたが、こういう本当に起こった水理量からこれくらいの氾濫があるとこのように低減するんだということを確認しておくことが科学的にしっかりと評価する基盤になるということを期待して見えています。

最後から2番目のポイントですが、やはり流域全体を改めて見てみる、そうすると、洪水という非定常現象、時間とともに変化する、一定じゃないということです、当たり前ですが、この全体像を捉えることが重要だと改めて考えています。球磨川流域、大局的には羽状の流域、つまりやや太った2つの羽、これは川辺川と本川上流ですが、それが1回喉元のようなところで絞られて、これは区分3です、その後、区分4、5、6となる。そこにも本川に支川が次々に流入する。このような特徴を持つということなので、ここに書いてありますように、支川が本川に与える影響に時差がもともと出やすいです。その状況の中で豪雨の時空間、時間的空間的な分布がどう被さるかによって、いろいろな合流のパターンが出てくる。ということで、今回は、たしか小松先生の資料にもありましたけれども、人吉、渡から横石にかけてすごくハイドロの形が変形している。この変形にもおそらくこういうことが関係していると思います。というわけなので、水系の各所で対策を講じて、特にハイドロの調節をするという場合には、個々の場所での効果評価はもちろんですが、それを合わせたときに守らなければいけないところに対してどんな効果があるのかということ、そういう全体的な評価も一緒にやるべきだというのが私の考えであります。そのためには、球磨川水系における洪水現象を非定常、時間とともに変化する事という水理・水文過程をベースに定量的に記述する手法、これを

ぜひ今回の流域治水の中で、1つのベースの手法として使いこなせるようにすると良いなというのが3番目のポイントです。

最後、流水型ダムです。ここでいくつかポイントを書いています。要は流水型というのは、今私が言うことはいくつかの留意点の1側面ですが、しかし、見過ごしてはならないという意味で書きます。これも前回言ったことの補強です。流水型ダムは普段の水や小さな洪水は貯めずに、流速を落とさず流す。大きな洪水だけ一時的に貯めて流速を落とす過程を持ち込む。というわけで、流水型ダムの水と土砂の変換というのは、次のように概念的に整理されるだろうと考えます。どういうことかという、この図にあるように、ダムがないときには流量が増えれば流速が上がるんですけど、流水型はダムの流入が増えていくと一旦貯めるので流速が落ちます。それでもう一回上がる。ここにあるようにダムがなければ、時間とともにこういう1つの山で流速が上がるのですが、真ん中が1回落ちる。そうすると、ここで1回流速が落ちるというフェーズがあるので、大きな流速でしか動かない石を止める場合がある。それから大きな洪水では、砂や泥が一旦堆積した後に出ていくパターンになる。つまり流量だけではなくて、土砂濃度の関係も一緒にずれるのです。そうなったときに、これはその典型例ですが、ダムからの流量と排出される土砂の量ですが、概念整理としては、ダムがないときに比べてこういう複雑な動きをする可能性がある。というわけで、流水型ダムの場合には、完全に制御するのと違って、ここに書いてあるようにもともとの河道の特性とか土砂供給、流送状況が強く関係してきます。つまり、人為操作ともともとの体質が合わせ技で効果が発揮されるので、貯留型とは違った面で、私は繊細な検討が必要だと考えています。というわけで、結論的に書いているのは、流水型という型の選択で「自ずと良くなる」と機械的に捉えないで、流水型にすることの効用が最大限発揮できるよう、一般論でなくて、この場所でどうなのかということ丁寧に検討していくということが大事です。

最後に、このことは、この流域治水全般に必要で、やはり流域治水というのは、完全に人間が制御するというよりも、もともと持っている水系だとか流域とか場の特性をうまく使ってやるということなので、元の川、流域・水系の特徴の技術的な読み込みがすごく大事で、そういう意味では先ほどお示したような、少し球磨川の流域を区分して技術的に考えていくというアプローチも役に立つのかなと思いました。

以上でございます。ありがとうございました。

福岡座長)

ありがとうございました。

では続きまして、今度はまちづくりのメニューの具体化に向けたご意見をいただきたいと思います。加藤先生、お願いします。

加藤先生)

加藤です。よろしく申し上げます。

今日は先生方のお話を聞いて非常に理解が深まりました。

水害は結局こういうことだということです。ポイントは川の容量を増やすには、やは

り長い時間がかかるという、この長い時間という、これを時間軸で考えていくところが非常に重要かと思っています。

1回目はこんな発言をさせていただきました。やや分かりにくかったと思うので、言いたかったことはこういうことだということを、まず軽く説明させていただきたいと思います。

1つ目が、当面リスクが残るということを流域社会全体でやはり共有しておくということが重要で、これがきちんとされない限りは、地域社会側の避難しやすい環境づくり、それから被害を受けにくい環境づくりが進まない。ここが非常に重要な肝だと思っています。

それから2つ目として、氾濫する水をコントロールするという発想が必要ではないか。今日の先生方のお話を聴いて、もしかするとこれは可能だということが理解できました。上手にあふれさせて、上手に氾濫した水を流すという発想とセットで、地域社会のまちづくりも考えていくということが重要なポイントだろう。

それから3つ目として、市街地側の対策（移転、住まい方の工夫）というのは話合いも含めて、結構時間がかかるし、決まらないかもしれない。重要なポイントは、短期的な効果を上げようと思うと対象を絞り込む必要があって、対象を絞り込むためには、どこであふれるかというのがあらかじめ分かっていたほうが良いです。そこに戦力を集中して、まちづくりを考えていくと。そういうリスクのめり張りを何か計画的につくっていくという視点が非常に重要なのかなと。それと先ほど言った上手に氾濫した水を流していくというのは、同じものと言えるのではないかと思っています。

それから、まちづくり側と河川で、計画策定の時間軸、それから事業期間の時間軸というのがかなり違っている。河川側は今回の緊急治水対策プロジェクトもそうですけれど、計画策定は非常に短い時間でつくるのですが、事業期間は非常に長い。そういう意味で、途中で先行側が柔軟に対応するとか、何らかの形の調整をする仕組みが必要であると。

それから、本流より支流のほうが市街地に密接していますので、いろいろな工夫の余地が市街地側ではあるのではないかということです。

それから、4番目として流域全体の最適化というのが必須なんだろうなど。この流域全体を俯瞰する視点が不可欠で、そのための仕組みが必要だ。これは計画策定の単位の話と、あと今日、福岡先生にさせていただいたような流域全体を同じ仕組みで評価するようなものがあると、その後押しになるだろうと改めて感じました。

それから、その上で、今までの先生のお話も踏まえてですけれど、我慢の偏在、リスクの偏在というのを流域全体で受容せざるを得ないというのは明らかな事実だろう。であったとするならば、どこにそのリスクを偏在させているかということを中心に可視化して、それを流域全体で共有していくことが非常に重要だろう。最終的な理想な状態としては、誇りを持ってリスクを引き受ける。人知れず犠牲になるのではなくて、誇りを持ってリスクを引き受ける。それに対して、十分な補償と感謝がある。これが実現できると、より一歩全体最適に近づいていくのかなということを前回発言させていただきました。

地域社会が抱えるリスクの構造と流域治水の関係を少し僕なりに簡単にまとめてみ

たのですが、まず地域社会が抱えるリスクの構造に関しては、降雨というハザードが存在していて、河川の容量を超えた分が地域社会の中に流れ込んでくる。地域社会の中で、ここで言うABC、浸水ハザードと市街地の重なり、集積（量）、それから、そこに弱い街がある、この3点セットがそろって初めてこうリスクになる。ですから、まちづくり側としては、このABCを上手にコントロールしていけばリスクをコントロールすることができるんだということです。現状ではどうなっているかということ、河川の容量は貯める、流すでコントロールして、容量を超えたら、あとは避難してくださいと、ソフトで頑張っただけで逃げるといった形だったのですが、流域治水ではこういうことかなと思っています。まず、河川の容量に関しては従来の貯める、流すに加えて上手にあふれさせる。さらに地域社会側ではあふれた水を上手に流す。貯めることもある。そして、浸水を避ける移転もあれば、避難しやすい環境をつくる。これはハードも十二分にあり得ると思います。そしてさらに、浸水しても大丈夫な状態をつくる。これは僕は受け流すって言うたりののですが、要はまとめると、貯める、流す、逃げる、受け流すという4本柱を拡充していくということが重要なポイントだろう。特に今後を考えた場合は、この太枠の部分、上手にあふれさせてその水を上手に流すということと市街地側で水を貯める。あるいは田んぼ側で水を貯める。それから避難しやすい環境をハード的に整備していく。そして浸水しても大丈夫な環境をまちづくりの中で実現していく。ここで重要なポイントとしては、浸水の程度と頻度によって、市街地側、まちづくりの中での工夫の種類が相当異なってくるということが重要なポイントなんだろうなということです。

ここでいくつか事例を示していきたいと思うのですが、1つは浸水しても大丈夫な環境をつくる事例として、これは東京の海拔ゼロメートル地帯です。荒川が決壊したら、とんでもない状態が生じる。今のところ逃げるも駄目、居残って駄目という社会的に受入れ可能なソリューションがないと言ってもいいぐらいの場所です。2019年7月に葛飾区が浸水対応型市街地構想というのを打ち出しました。これは実は2004年頃から市民が先に考えて、行政が後から追っかけてきて検討が始まっていて、ここ10年ぐらいの民学官、ここで言う学は僕なんですけれども、民学官で検討して、やっと10年ぐらい議論した結果ここに行き着いたものになります。要は浸水が起きたとしても、被害が小さくて、復旧・復興が可能なまちをこの先30年、40年、50年ぐらいかけてつくっていかうということです。キーワードとしては、浸水対応型まちづくり、これ三位一体——このときの三位一体は先ほど4本柱と言ったんですけれども、川の部分を1つに集約して三位一体です。それから、この浸水と親水という半分ダジャレなんですけれども、このキーワードが3つになっています。

どういうものかということ、逃げる、生き延びられる、容易に復旧できる、安心して住める。これを30年以上かけてやっていかうということです。まずは今のストックを活用して、命からがらでもいいから逃げられる場所を確保していきましょう。次が、これが重要な概念なのですが、浸水対応型拠点建築物・街区を計画的に整備誘導していく。これは自立型のライフラインと避難できる空間を備えている街区・建物である。これは「安全のお裾分け機能」と呼んでいます。最終的にはそれらを拠点間でネットワーク化することで、安心して住める状態をつくっていく。一方は、沈んでしまう低層住宅に関しては、被害を受けにくい形状工法、それからライフスタイル。それから復旧しやすい

工法を定着させることで、何十年か、あるいは100年ぐらいに1回起こるであろうこの浸水に対して、それが起きたとしてもダメージはできる限り小さくしていこうということです。この浸水対応型拠点建築のイメージですけれども、避難デッキがあって、自律的なライフラインを持っていて、浸水したときには被災者支援、災害対応、復旧支援の拠点として機能していく。さらにこの浸水と親水というダジャレは葛飾区のおばちゃんと言いだめたのですが、要するに親水性という都市の魅力を維持高めていくことで、建物の向心力を維持して、浸水対応化を促進させていく。単に危ない場所ですよというだけですと、結局はそのまちが建て変わらないと。結果、まちがどんどん弱くなって朽ち果てていく。それをもっと積極的に手を加えることで、たとえ浸水したとしても、維持できるまちをつくっていこうという考え方です。

それから、避難しやすい環境をつくるという例としては、これは西日本豪雨の倉敷市真備町です。下は市営住宅の再建を今している建物なのですが、近所の人々が逃げ込めるような集会場を浸水しない階に設けたり、屋上が避難場所になっていたりする。特記すべきはこの上で、これは民間のアパートです。これは国の補助金プラス、クラウドファンディングでお金を集めて、この真ん中の写真にあるように、近所の車椅子でしか移動ができない人、あるいは遠くまで歩けない足の悪いお年寄りの方でも、浸水しないフロアまで行けるような設備を基本民間だけで造っている。こういった事例もあるということです。ですから、いろいろな工夫を積み重ねることで、町側はより安全な状態になっていけるのではないかと、その可能性を感じているということです。

地域特性に応じて、それぞれ案がきつとあり得ると思っていて、東京の葛飾区のは人吉では多分使えないと思うのです。だから、人吉ならではのアイデアというのを今後考えていく必要があるのだろうなと思います。

それを考えるに当たって、4つぐらいちょっと一歩前に進まなければいけないことがあるのかなと思っています。1つは、川の容量を超えた場合のあふれ方に関する情報をまちづくりの関係者、住民も含めて共有していくことが重要ではなかろうかと思っています。先ほど福岡先生のシミュレーションを見ると、今回の雨のときのあふれ方というのはものすごく可視化されて、非常によく分かりました。ただ一方で、備えるのは、それだけではなくて、もっと小さな雨に対しても備えていかなければいけない。そういう意味では緊急治水対策プロジェクトが完成したときのあふれ方とか、もっと重要なのが緊急治水対策プロジェクト以下、現状以上で、いずれにしても川の容量を超えた場合のあふれ方、これについても示していただけると良いかなと思います。そうすることで、それぞれの地域で、水害の頻度とそのときの浸水深と流速というのが見えてくる。こういうものを眺めながら市街地側で、町側でどんなアイデアがあり得るかという検討が深まるのではないかと考えています。

それから2つ目が、河川側と地域社会側で今非常に浅い連携（連動）をしているのですが、もっと深く連動したほうが良いのではないかと考えております。先ほど申しましたとおり、今は川からあふれるところだと、こういうハザードです、だから市街地側は逃げやすい環境をつくってくださいという一方通行なのですが、これは双方向にしていく必要があるのではないかと考えています。まちづくり、これは全く万能ではなくて、割と上限がすぐあると思うのです。例えば2回目で沈んでしまうなんていうと、対応が

取りにくくなってしまふ。そういう意味では浸水深、流速頻度に対応して、地域社会側で行える対策の上限というのをまず見出す。ここまでの浸水深だったら何とかなるけれどもというものがもしあったとすると、それを河川側に返して、その浸水深になるようにリスクの偏在を計画化するというようなことをもし行えるとすると、この深い連動で、結果、短時間でより最適な形に近づくのではないかと考えています。よくまちづくり側で立地規制とか移転なんていう話があるのですが、危ないところ全てにそれを適用するのではなくて、むしろリスクを偏在させた場合、みんなを助けるためにある意味、犠牲にならざるを得ないところに関しては、十分な補償も含めて、立地規制したり、移転させたりということをしていく必要があると考えています。

それから3つ目が地域社会レベル、町レベルぐらいでの議論と俯瞰的な流域単位での議論の調整というのは、これは結構難しいのかななんて思いながら、その可能性もあるのではないかと。必要条件としては、我慢の偏在を可視化して、流域全体で共有する必要があるだろう。最近、私は非常に感動した経験をしました。これは千葉県のとある小さな県管理の河川です。そこで昨年から昨年末にかけて、流域治水の議論をしたのです。そのときに上流の町長、それから市民もこんなことを口をそろえて言うのです。「我々には地形から来る上流の責任がある」と。要は誇りを持って、甘んじてリスクを引き受けるんだということを、多分地域の文化として、お持ちになっているのだろうなど。ちなみにこの川は、治水安全度が上流部分は10分の1しかない。一昨年90分の1の雨が降って洪水が起きた。これは緊急治水対策プロジェクトをしても、一昨年の雨が降れば、やはりあふれるのです。にもかかわらず、こういう発言が自然な形で出てくるということです。

あと4番目は、もう既に先生方に示していただけていますが、いろいろな議論を進めていくときに、地域社会におけるいろいろな対策を定量的に評価できる仕組み、シミュレーションのようなものが不可欠だなと感じました。先日も国交省都市局のグリーンインフラをテーマとする委員会に出席していましたが、公園も含めて、緑地空間があればあったほうが良いということは分かるのですが、それがピークカットにいかほどの貢献をするかなんていう評価はできない状態なのです。ですから、そういう意味では河川分野でお持ちのシミュレーションというのを何か社会全体で使っていけるような状態をつくり出すと、流域治水というのが進むのではないかと考えました。

以上です。ありがとうございました。

福岡座長)

ありがとうございました。

では、続きまして、同様にまちづくりのメニューの具体化に向けたご意見、蓑茂先生、お願いします。

蓑茂先生)

資料提示をよろしく申し上げます。

今回、流域治水という言葉が出ておりますけれども、これにいろいろな方が、共感を覚えているということは事実だと思います。この球磨川流域においては、川辺川ダム問

題があって、その後、ダムによらない治水というのがありました。それを具体的にどうするかという訴求力のあるような内容が目指されているのだと思います。簡単に言いますと、川の内側と内水は下水道の役割を持っていますから、下水道の負荷を減らすことが必要だと分かったということだと思います。

そこで集水域と氾濫原、それぞれの場所でできることを総動員しなくてはならないと、総力戦になっている、そういうところをきちんと枠組みをつくって考えなくてはならないと私は思います。

国の役割と自治体の役割というのも明確にするし、さらに、そこに住む住民であるとか市民の役割というものを考えていかななくてはならないという、当然と言えば当然のことです。そこで、自治体でも広域自治体である県と基礎自治体の役割が重要だということをお前は前回も指摘しておりますが、そのところを見えるようにしていかななくてはならないなということを感じております。それで新しいことをとにかく取り組まないで従来の手法だけでは限界が見えているということは、皆さんご理解されておりますので、その新たな取組というものについてのアイデアを出していくのが今日の皆さんの議論の中にあるのではないかと考えております。その新たな取組の中には、私は制度の改革も含めて、今ある制度だけではなくて、新たに制度をつくることまで含めて、やっぴいかなないと答えは出てこないだろうということです。全体的に今の時代というのが全てが再デザインの時代だと私は理解していますので、そういうハード、ソフトにわたっての地域の再デザインも含めて、今回の流域治水では取り組んでいきたいということです。

私たちは自然に対する人間の対応の歴史というものについて、ガットキントという人の四大解説というものをよく使います。自然というのは怖いものなので、恐怖をおののいたという段階。次のステージになりますと、合理的に適応できるんだということを感じた段階、そして、科学技術の進歩によってでしょう、征服主義的に自然を抑え込もうとした段階、そして、それでは、やはり限界があるということになって、新しい責任を持って対応するという段階が来ているのだというのが、このガットキントが1952年に提示したものです。この中で、人間と自然との対応の歴史というものを捉えていきますと「Design Against Nature」という概念と「Design With Nature」という概念が出てきます。自然に対してデザインをするのではなくて、自然とともに自然の作用というのを上手に使いながら、都市の計画も、地域の計画も、農村の計画もやっぴいっていくのだということです。ですから、これまでのどちらかというところと征服主義的な考え方だけではなくて、少しでも責任を持つ「Design With Nature」というような概念をここに含めながらやっぴいっていくという、そういうスタンスで、私は集水域におけるものと氾濫原における考え方について提言をしてみたいと思います。

集水域においては、先ほどから言葉として出ますが、グリーンインフラというものの、生態系的な減災みたいなものがどう組み込めるのかということについて、やはりここで考えてみるべきでだろう。それから氾濫原については、レジリエンス——強靱化した居住というものをどう考えるかということ、やはりやっぴいっていくということではないかと思ひます。この2つのキーワードにプロジェクトというものを整理していったら、いいのではないかというのが私の思いでございます。といいますのも、何よりも再発防止という、そして、多様な主体による取組をしないと、今回の流域治水というものについて

は、答えが出ないだろうという、そういうことからでございます。

先ほど福岡座長のお言葉の中に、治水地形分類図という言葉がありました。私たちは、若い頃は土地条件図というものを使って、いろいろなことを考えたものです。その「Design With Nature」ということをやる場合には、土地条件図というものを下敷きにして、自然地形分類図みたいなものを使いながら、いろいろなことを緑の基本計画などでやった覚えがあります。そんなことを多分再びここで取り上げていかななくてはならないのではないかというのが前段の話です。

さて、そこで、論点の一番として集水域についてのことです。

これは川辺川があつて球磨川本流があるそういう地形図ですけれども、黄色の部分が大体標高150m以下の地域です。その次のグリーンの部分が150から200mの区域、そしてその次の薄いのが200から300mとか、そういう地域です。この球磨川上流から左岸のほうがちよつと広がりますけれども、大体扇状地なのです。ですから、この扇状地であつて、伏流水がたくさん入っているのです。多分その伏流水が入っているところが地下水涵養地であり、耐水性涵養地であろうかと思ひますので、その地域というものが、多分このグリーンと次の茶色の薄い部分、その辺にあるはずで、その辺について、その当該地の土地利用分析等をきちんとやりながら、水の動きというものを整理していく必要があるのではないかということです。ちなみに、この右上の黒い部分が地域で一番高い市房山という1,721mの山ですし、それから真ん中の下にある濃い部分、これが白髪岳1,417mです。この白髪岳というのは球磨川の水源でもありますし、それから、先ほどから出ています川内川、あるいは大淀川の水源でもあるという意味で、非常に重要な山であります。

球磨川と川辺川本流に対する支流の分布のようなものを見ていきますと、この中での様々な分析が必要だということを私は感じております。ちなみに、川辺川流域というのは、この全体の中では47%ぐらいだと思います。そして、市房ダムより上流というのが面積にして14%ぐらいです。この球磨川本流のその他の部分、これが39%ありますので、この39%というところの水の収支をどのように考えるかということが、流域治水を考える上では非常に大きいと私は見ているわけです。

そういったことで、この地域には自然の川他に、重要な用水があります。百太郎溝というのがこの上のほうといいますか、少し紺色の部分です。それから上にあるのが幸野溝というやつです。両方とも1700年代の用水です。上の幸野溝というのは藩が造った水路で、百太郎溝というのは農民が造った水路です。これによって、この地域の水田が非常に広がったという、そういう背景があります。ということはどういうことかという、特に球磨川の左岸地域というのは、自然の川から水を引くことができなくて、球磨川本流から用水を引いて、それで水系を造った。水の水理をやったということです。これが世界かんがい施設遺産になっておりますので、今回の流域治水では、治水に関する文化遺産を造るぐらいの意気込みが私は重要ではないかと思ひております。ちなみに幸野溝というのがありますけれども、この付近にちょうど人吉盆地の内縁断層というのがあるわけです。断層帯がありますので、それが多分、幸野溝を掘るときに掘りやすい、地質的に掘りやすい地域だったのではないかと思ひます。また、今回の水害でも、この地域に非常に土砂が流れ込んでおります。これも地質土壌との関係が深いと思ひます。

ので、先ほどの帯水層、涵養地の問題も含めて少し考える時代ではないかと私は思っております。

これは16年ぐらい前に、私が大学院生と一緒に分析したときのこの地域の図面です。水田の分布——一番左側です、それから道路の分布と道の分布と、それから集落の分布です。これを1904年から1997年までですから、約100年間の変遷、動きを見ております。残念ながら流域全体までいっていませんけれども、要約して申し上げますと、明治以降、水田の面積も、それから道路の総延長も集落もそんなに変わっていないということです。この右側に大きくしましたのが、昭和42年、この前の水害の前の水害が出たときです。その頃の農業構造改善前の水田の分布です。下が昭和48年、農業改善後の水田の分布です。形は変わりましたが、水田としての量はそんなに変わらない。ただ、水の供給システムと排水システムは変わりました。それから道路につきましても、ほとんどの道路が舗装化されました。それが先ほどからあります、流し出す水が多いのではないかとということに私は関係していると思います。

以上のようなことで、集水域については何か1つのアプローチができるのではないかと、それからこちら氾濫原においてのものであります。これは人吉の今回の浸水水位の図面です。ここにありましており、非常に浅い部分と深い部分といろいろあるわけですね。見ていただくと分かりますけれども、左側にありましており、段階別に1m以下だったり、床下だったりいろいろあるわけですね。こういうものをきちんと押さえて、建築計画のレベルで解決できるもの、それから盛土だとか、そういう敷地計画のことまで考えないと解決できないこと、さらには分散居住みたいな高台移転だとか、あるいはお店だけは下に置くけれども、住居は上に置くとか、そういったことまで考えながら、実績の浸水水位別にまちづくりの方向を考える、そのようなことが1つあるのではないかと考えます。

その中で、具体的に——今のは大体人吉の市内ですけれども、人吉は上流の集水域での様々な努力をしてもらうことによって、人吉では減災ができる。ということと同時に、人吉市も下流に対しては集水域になるわけですから、ここでどんなことをやるかということも考えなくてはいけないと思います。そこで私は、グリーンインフラの戦略的導入の中で、レインガーデンというのを市民にも分かりやすく伝えられたらいいのではないかと考えています。レインガーデンというのは雨庭です。雨庭と呼んでいます。日本語ではですね。要は屋根に降った雨水を全部流すのではなくて、お庭で処理していかうというやり方です。同様に、公園そのものもレインガーデンにしてしまえばいいと思っています。先ほどグリーンインフラの話で、まだまだ軽量化することができないという話がありましたけれども、ここで軽量化するチャレンジはやっていいと思います。それから、公共施設には必ずちょっとした緑化施設があります。緑化の基準をつくっていますので。そういったものも全部、レインガーデンとしてやっていく。道路に浸透水型の側溝を導入する。先ほどの島谷さんがおっしゃった話です。それから場合によっては、まだ民営緑地が町の中にありますので、これをグリーンインフラの認定制度というものを導入して、そして固定資産税の減免だとか、その制度に絡めたことをやっていけばいいのではないかと気がします。それから戸建て住宅の雨庭・レインガーデン普及率の目標を定めてやっていくことはあり得ると思います。そういったことを幾つか具体的に

検討していったらどうだろうかということです。

そういうことを申し上げますのも、これは人吉だけの問題ではないということを私はお伝えしたいからです。球磨川の流域治水というものをやることによって、熊本県下のモデルになる。さらには日本国土の先行モデルにするという、そういうことが大事だと思います。国土総合開発の時代から国土形成時代が変わっておりますが、その国土形成時代における都市農村計画、地域デザインというのはどうなのかということを私は今回のこの流域治水に関する先生方との議論の中で、ぜひ何か発信できたらいいなと思っております。熊本県土をまず見てみますと、球磨川というのはこういう状況です。その北には緑川水系があります。その北側には白川水系があります。そして、菊池川水系があるわけです。他の水系とは全然規模が違うのです。球磨川水系というのは、白川水系とは全然違う、大きさが全然違うのです。だからそういったもので、球磨川水系で1つのモデルができるのならば、そのアプライを考えることによって、他でも起こり得るであろう対策を練ることができるのではないかと思います。

この広域自治体や熊本県には45基礎自治体がありますが、何とこの球磨川流域、基礎自治体が12ありますから、3分の1の自治体の合意形成を図りながらやっていくということになります。この12の自治体の合意形成を真ん中にあるちょっと横に白いのが八代で、そこから南のほうでは、水俣と津奈木という2つだけは除きますが、他は全部球磨川水系でございますので、そういったところの自治体での合意形成みたいなものをやらなくてはいけないということです。

日本列島全体で見ますとどうなるかということ、盆地型地域というのは日本列島にはこのように分布しております。左上のグリーンの図が日本列島です。右下の黒いのが、メガロポリス型の要するに海岸線沿いにある都市です。日本の高度経済成長時代は、この海岸線に沿ったメガロポリス型の都市形成がなされましたが、そのときの盆地型地域というのは、ネガ・ポジできますと、こちらネガですとポジになるわけです。ポジネガの関係です。そういった地域が、これからの日本の成熟社会では大事になってくるだろう。右に挙げましたのが、一番大きいのが近江盆地です。琵琶湖が入っています。近江盆地からずっといろいろな盆地を並べておりますけれども、この一番大きい近江盆地では流域治水の条例を滋賀県はつくっています。新しい制度をつくって、いろいろなことをやっているわけです。そういった意味ではこの赤いところが人吉盆地です。それから、下から4段目にあるのが都城です。先ほど小松先生おっしゃっていたものです。それから、この辺にこれも小松先生がおっしゃっていた日田の盆地があるのです。これだけたくさん120ぐらいあるわけですから、肱川の大洲ですか、あれも一番下の右から3番目に入っています。ここで球磨川の流域治水を考えるということは、日本列島の盆地型地域における非常に大事な先例になるだろう。そういう意気込みで、私は今回のものについては、チャレンジしていかなくてはいけないと思っております。

この盆地の真ん中付近から市房山のほう見たのが左下の写真です。この右下の写真は、白髪岳の中腹から盆地全体を眺めた写真ですけれども、本当にまとまりのある地域であるからこそ、今回のような異常降水においては、水害というものが起きたんだということを知っていただけたらと思います。

以上です。

福岡座長)

ありがとうございました。

それでは、遅くなって誠に申し訳ありません。大槻先生、球磨川流域の具体的な森林整備保全の進め方について、時間が大分超過しましたので、誠に申し訳ありませんが時間を守っていただく方向でお願いします。よろしくをお願いします。

大槻先生)

それでは、ご報告させていただきます。

上のほうに森林の多面的機能というのがございますが、これは平成13年に林野庁が森林・林業基本法に書いたときに提唱したものです。日本学術会議も同じようにこの多面的機能を提言しております。このときに、いろいろな多面的機能の中でも特に水源涵養機能と土砂災害防止機能、ここにちょっと力点が置かれ過ぎた感があると私は感じておりました。その後、森林というのは非常にデータが集めにくい領域ですけれど、かなりデータを蓄積されてきましたこと、それから大型の洪水等も起こったということで、2011年に日本学術会議が森林は中小洪水においては、洪水緩和機能を発揮するが、大洪水においては顕著な効果が期待できないということを報告しております。

そこで、九州大学で修士の学生が平成29年の九州北部豪雨の解析をした結果を紹介したいと思います。このときの最大10時間雨量は0から800mmの範囲にございました。

この学生は、この発生要因を9つの要因に分けて調べたところ0から800mmの範囲の雨量で、全体で見ると雨量が最も影響があったと報告しております。

これを雨量別に見るとどうなったかといいますと、200mmから400mmの段階ではこの土地被覆とあります——これが針葉樹であるとか広葉樹であるとか、そういう森林の状態を表していると考えてもらってもいいのですが、ここでは影響はあるものの、今度600mmから800mmを見ていただきますと、その影響は減りまして、ほとんど傾斜によって決まってくるということが報告されております。これは、日本学術会議の見解と同じものでございます。こういう傾向があるということです。

この土地被覆では、どんな影響があったのかというのを比較したのが図でございます。針葉樹人工林の0から19年生、これは崩壊確率が高い。ところが針葉樹人工林での20年生以上になりますと、天然林とあまり変わらない、他の土地被覆と比べても、最も崩壊確率が低いという結果が出ております。

そこで、森林によってどのように水文がコントロールできるかということのを3つに分けて考えてみたいと思います。これは地質と土壌と森林があります。結論から言いますと、地質はもうほとんどコントロールできないよと。土壌というのでもコントロールするのは非常に難しい。森林というのは30年ぐらいで形成されるから、ここで水文をある程度コントロールできるよということを報告したいと思います。

これは2つの流域の流出特性をハイドログラフで示したものです。上のほうの鹿児島県の高隈流域、これは砂岩ですけれど、雨が降っても洪水がそれほど起こらずに、雨が降らなくても流出がある、いわゆる緑のダム効果を提示する流域です。下のほうの御手

洗水流域、これは蛇紋岩流域なのですが、雨が降ったらすぐに流出して、雨が降らなくなると流量が減る。緑のダムには効果を発揮しない流域だと言えます。こんな形で地質によって流出特性は異なります。

これは別の例ですが、岡山県の竜の口流域と愛知県の上坂流域のものを示しています。竜の口流域、これは堆積岩と書いてありますが流紋岩の間違いでした。両方はげ山の状態から森林が回復した状態で、どう流出特性が変わるのかということタンクモデルのパラメータがどう改善されたかによってシミュレーションした結果です。花崗岩流域の場合は森林が回復しても、その前でも流出量はほとんど変わっておりません。一方、竜の口のほうは回復前後で若干の改善が見られます。ただし、改善されたと言っても異なる地質間で見ますと、地質を超えるような改善結果は認められないということです。したがって、森林を管理しても地質を超えるような影響は得られないということです。

土壌はどうかといいますと、森林は比較的早く生育しますが、土壌の形成、これは例えば土壌を1 cm 形成するために100年から1000年かかると言われておりますが、ここにあるのは、演習林で実習を行ったとき、学生が測った例です。左から間隙率、土壌硬度、浸透能、針葉樹と広葉樹、これは隣接しております。中央値を見ていただきたいのですが、これはほとんど変わりません。ということで、森林は比較的早く形成していますが、土壌の形成までには随分時間がかかってしまいますよということです。

じゃあ森林はどう変わるのかと、森林によってどう水文が変わるのかということ雨水配分で見たいと思います。雨水配分は樹冠に遮断されるもの、それから樹冠を通過してくる雨、それから幹を流れる樹幹流というもの、こういう形で配分されます。

これは流木密度によって、樹冠遮断がどう変わるかというものを示しています。この樹冠遮断というのは、水資源涵養機能にはマイナス、いわゆる遮断損失とも呼ばれておりますがマイナスになりますけれど、洪水緩和機能にとってはプラスに作用します。

これは、樹冠通過雨の雨滴はどのように変わるのかということです。上にある林外雨、このグラフは粒径分布を示しています。これが樹冠を通過することによって、二山型になりますよということを示しております。

これは、ヒノキとスギとアベマキ及び露場の粒径分布を示しています。これを見ますと、露場は一山ですが、森林内は二山型を示しております。直接、樹冠に触れずに降ってくる雨は露場と同じですけど、樹冠に触れた雨というのは、4 mm、5 mm、6 mm、露場が1 mm に対してすごく大きな雨滴というのが林内で発生しているということが分かります。

その結果、こういう形で非常に大きなインパクトを与えて侵食が起こると。ここに小石と木片によって土壌が残っているのが分かりますけれど、こういう形のはやはり被覆が必要だということで、間伐等で下層植生を生やすなど、そういう処置が必要であるということです。

どれぐらいのインパクトがあるのかということ砂を使って、今いろいろなところで観測しております。こういう研究も進んで参りました。

じゃあ、この樹冠通過雨量と流木密度の関係を見るとどうなるかといいますと、混んだ林ほど樹冠通過雨率は低いと。林内に降る雨は少なくなるということが分かります。

次に、樹幹流について説明したいと思います。この樹幹流というのは、大体10%、

多い場合でも20%ということで従来無視されてきました。ところがこの観測の風景を見ていただきたいのですが、樹冠通過雨は、このようなバケツ、あるいはペットボトルでも測れます。ところが樹幹流というのは、90Lのごみのバケツですけれど、これを2連しないと測定できないぐらい1か所に集中して降ります。ということで、これは何らかの影響を及ぼすのではないかと考えております。

これは、横軸に胸高直径、縦軸に集水比を表しています。これ見ますと、小径木ほど集水比が大きいということが分かります。

そこで、山口県が報告しております林分収穫表というのをを使って、一体、林分においてどれぐらい樹幹流というのが異なるのだろうかということを推定してみました。

これを樹齢10年のものと樹齢50年のもの、0%というのは間伐してないもの、30%というのは間伐したものに分けて計算しております。まず、水深、これがよく使われるものですが、mmで表しています。真ん中が1本当たり何Lの樹幹流が発生するのか。一番右の水柱というのは、この幹の1cm厚さぐらいで樹幹流が発生したときに何mぐらいの水柱がそこに流されたのかということを推定してみた例です。これは豪雨時ということで1,000mmを想定しております。そうしますと、右だけ見ていただきたいのですが、10年生のところでは200mぐらいの樹幹流が発生しているということが分かります。これは先ほどの修論で見ましたように、弱齢性の人工林でかなり崩壊があったと報告しましたが、こういうところに樹幹流が影響している可能性があるのではないかと思います。他の研究では樹幹流にはあまり関係ないという報告もありますが、もう少しデータを取って、こちら辺については解析していく必要があるのではないかと考えております。

それから森の中で崩壊が起きるときに、よく作業道、林道の侵食が大きな影響を及ぼすと言われております。これは私どもの試験地で見かけたガリ浸食でございます。

これは左のほうのまま、それに対して間伐残材を被覆した例ですが、やはりこういうのを引くことによって土砂流はかなり防げたということがございます。今後、いわゆる林道、作業道というのは、林業のため、林業の効率を図るために開設されておりましたが、今後は災害に強い開設・保全というのが必要ではないかと考えております。

とはいえ、治水は非常に重要だと思いますけれど、さらに森林と人との共生ということも重要かと思えます。例えばこれ韓国の事例で見ますと、木材生産に配慮した間伐より20%多い間伐をすると光が取り込まれて非常に心地よい景観が形成される。ところがそこは暑いということで、今度は木材生産に配慮した間伐より20%少ない間伐した場合、これは暗いのですが、光が入ってこないで、過ごしやすい完璧な熱環境ができたというような研究事例がございました。今後人工林、どのような形で共生を図っていくかということもありますけれど、例えば林道の近くには、快適性に配慮した間伐を行って、奥のほうは木材生産、部分的に景観に配慮したような間伐というのを行っていくということも1つの方法としてはあるのではないかと思います。左のほうの図を見ていただきたいと思いますが、黒い丸が間伐してないところ、天気に関わらず大体日射は3%ぐらいしか透過しておりません。35%がいわゆる福岡県での間伐率ですが、これが大体十数%の日射透過率になります。これを50%を強度間伐しますと、天気によりましてかなり上下しておりますが、20数%の日射透過率が出ております。これは

韓国の事例で見ますと、これだけ間伐によって日射の透過率が違いまして、その2倍であるとか快適性というのが異なってくるということです。

結論としまして、やはり森林というのは多面的機能があると思います。そこでバランスの取れたこの多面的機能の発揮が重要ではないかと思います。現在治水というのは非常に重要だということで、それについて議論されておりますが、こういうことも管理していく必要があると思います。それから流域ですから、例えば土砂、流木というのを防ぎ過ぎると、今度は海が貧栄養化するというような事態も発生しております。有明では窒素、リンが足りない、瀬戸内で窒素が足りないということもございますので、治水と併せてこのバランスの取れた多面的機能の発揮というのが重要ではないかと考えております。

以上で私の報告を終わらせていただきます。

福岡座長)

ありがとうございました。

では、最後になって申し訳ありません。平松委員、球磨川流域の田んぼダム等の取組についてのご意見をお願いします。

平松先生)

引き続き画面共有をお願いしてよろしいでしょうか。

時間も押していますので、端折ってお話します。

九州大学大学院農学研究院の平松です。私からは、田んぼダムについて情報提供いたしたいと思います。

集水域対策、今日もいろいろご紹介いただいていますけれど、その中でこの田んぼダムというのは、その取組を広げることができれば比較的大きな洪水調節効果を得ることができると考えられます。今日はその取組を広げるための留意点と思われるところについて、文献調査の結果を中心に話したいと思います。

この田んぼダムですけれど、これは2002年に新潟県で先駆的に開発された取組でありまして、ご存じのように田んぼに雨水を一時的に貯留することで、下流域での洪水被害を軽減させようとするものであるわけですが、農家の皆さんにとっては、米の減収であったりとか、新たな維持管理労力の発生が懸念されるわけです。このように農家の皆さんにとってはできれば避けたい要素があるにもかかわらず、恩恵を受ける受益者は、実施主体の農家や実施主体の地域ではなく、下流側の地域になりますので、能動的な協力動機が形成されにくいという側面があります。したがって、こういった取組を広げるためには営農との両立、それから流域全体で上流側と下流側の持ちつ持たれつの連携意識、先ほど加藤先生が誇りを持ってリスクを引き受けるとおっしゃいましたが、そういった意識を醸成していくこと、これが田んぼダムの取組を広げるための必須の要件になるのかと思います。

そのために何をすべきかということを考える前に、田んぼダムの特徴について振り返ってみたいと思います。畑作物の場合は、湛水は原則として許容できませんが、水田の場合は、若干の湛水時間や湛水深では米の減収割合がそれほど大きくなりませんので、

以前から水田地帯の排水施設整備の計画立案に際しては、むしろ若干の湛水を認めることで施設規模の適正化が図られていました。この許容湛水深、許容湛水時間を洪水調節に活用しようとするのが田んぼダムの発想の原点であります。それでは、米の減収割合はそれほど大きくならない許容湛水深、許容湛水時間というのはどの程度になるかということになりますが、これは水稻の品種であったり、生育段階によって大きく異なってきます。

まず、右の図をご覧ください。この図は稲の生育ステージとその名称を示したものです。詳細は省略します。右の図は、日本国内の主要な稲の品種の生育ステージを示したものです。農林水産省の設計基準からの引用になります。一番上に青色の枠を入れていますけれど、そこに日付が入っております。上からコシヒカリ、ハナエチゼン、アケボノ、それから宮崎県育成のヒノヒカリ、熊本県育成の森のくまさん、そして一番下が北海道育成のきらら397です。このうち赤色の四角で囲っています、中生品種のヒノヒカリ、それから森のくまさん、一番上にあります極早生品種のコシヒカリ、これが熊本県の主要栽培品種となっているようであります。

次のスライドでは、湛水被害が多くなるのは、穂ばらみ期と言われる生育ステージと出穂期という生育ステージ、という説明が出てきますが、両方の図にはその穂ばらみ期と出穂期を黄色の四角で囲っています。熊本県の主要栽培品種のコシヒカリでは7月下旬から8月上旬、ヒノヒカリ、森のくまさんでは8月下旬から9月上旬ということになります。

この図が一番要の図になりますけれど、水稻が湛水した場合にどの程度収穫量が減少するかを生育段階別に示したものであります。この図も農林水産省の設計基準から引用したものです。左の図が清水、濁っていない水です。右の図が濁水の場合です。両方の図とも横軸が湛水の日数、縦軸が%で表した減収歩合となります。この図には穂ばらみ期、出穂期、分けつ期、成熟期など稲の生育ステージ別にグラフが描かれています。また、同じ生育ステージでも図の下に書かれていますように稲株全部が水中に没している場合、これは赤色のハイライトをしています冠水、それから、水面に葉先が10cmから15cm程度出ている場合、緑色でハイライトしています葉先露出として2つの湛水の違いも示されています。この図から水稻の生育時期、それから湛水時間及び湛水深によって被害の程度が大きく異なっているということが分かりますが、湛水が発生すると必ず減収が発生すること、それから穂ばらみ期において減収歩合が大きいということが分かります。稲は先ほども示しましたように品種によって穂ばらみ期の時期が異なりますけれど、1つ前のスライドにありましたようにおおむね7月から9月が穂ばらみ期になります。また、今日のスライドではデータを省略していますが、どの品種も穂ばらみ期の草丈、背丈が30cm以上に達しています。一方、我が国における洪水が7月から9月にかけて多く発生していることから、この時期の稲の草丈も30cm以上に達していることを考慮して、許容湛水深は30cmと、これを目安の数値とするように設計基準では記されています。また、この図からも分かりますように、湛水深30cmを超えても穂ばらみ期以外においては、1日から2日の湛水であっても、被害も5%から30%程度でありまして、3日以上になれば被害が急増すること、そして穂ばらみ期においても図中に緑色にハイライトしていますように葉先が露出していれば、1日から2日の湛水であれば

20%程度の被害にとどまること、以上から、許容湛水時間は24時間以内、これを目安の数値とするように設計基準では記されています。

この図は前回第1回目の資料からの抜粋ですが、通常の水深が約10cm、田んぼダム用の堰板を設置して約15cm程度の湛水を上乗せして合計25cmの水深で田んぼダムを運用すると書かれています、今までの説明からお分かりのようにこの25cmという水深は、許容湛水深のおおむねの上限であるということが分かります。右下に記載されていますように畦畔をさらに嵩上げして、水深を増やしますと水稲が完全に水没して、収穫に大きな影響を及ぼす可能性がありますので、これは絶対に行うべきではありません。

こういった田んぼダムの取組を進めている先行地域の報告を見ていますと、農家の皆さんに継続的に田んぼダムの取組に協力いただくためには、科学的根拠に基づく、効果の定量的な説明が不可欠であったということです。これは当たり前ですね。繰り返しになりますけれど、誇りを持ってリスクを引き受けていただくためには、やはり自分たちがやっている、この田んぼダムの取組が下流にどの程度効果が出ているのかというのはしっかりと示す必要があるということです。協力をお願いする以上、これは当たり前なことであるわけですが、この定量的なデータの作成作業は早急に進める必要があるかと思っております。その参考までにはならないのですが、この表は田んぼダムの取組を牽引してこられています新潟大学の吉川夏樹先生の論文から田んぼダムの洪水低減効果、特にピーク流量のカット率をまとめたものです。いずれも田んぼダムに約15cmの上乗せの湛水をした場合の、流域モデルで使った数値計算、数値実験の結果です。朱書きで示していますように比較的小規模の洪水イベント時で、また水田の面積率がかなり大きい場合になっていますので、結果の絶対値に関してはあまり参考になりませんが、この表のように流域面積や水田面積、田んぼダムの実施率、それから、対象降雨によっても、洪水低減効果は非常に大きく変わってきていますので、球磨川流域においても、先ほど島谷先生が分布型の流域モデルが大事だという話をされていましたけれど、そういった分布型の流域モデルを使った洪水低減効果のシミュレーションの実施は必要不可欠と考えます。

最後のスライドになります。以上をまとめますと、まず雨水の貯留機能については、米の減収が少ない水深の範囲で雨水を貯留することが重要であること、具体的には水深は25cmから30cm以下とする必要があるということです。土地改良事業の排水施設の整備水準は、大体10年確率から20年確率ぐらいが目安です。その10年確率ぐらいの降雨で、田んぼダムをやっていたところとやっていないところで比較した場合に、田んぼダムのほうが大きく影響が出てしまったということになると協力がなかなか得られませんので、少なくとも10年確率、20年確率ぐらいの降雨ですと、田んぼダムをやってもあまり影響はなかったという形にしないといけないというのが私の考えです。

あと湛水継続時間ですね、これも24時間以内に抑えるということが非常に重要になるんですけど、洪水時の安心安全な水深、湛水の管理を考えますと、2つ目が出てくるんですけど、水深の遠隔監視、それから自動給排水栓を使った遠隔操作の導入なども非常に効果的と考えられます。また、前回もお話ししましたが、田んぼダム

の導入に当たっては、過湿を極端に嫌う葉たばこの圃場などがこの地域にありますので、それと水田圃場が混在している地域、こういった地域ではその営農の特殊性にも配慮が必要になってくると考えます。

それから2つ目の維持管理労力の軽減に関しては、先ほど申しました湛水深の遠隔監視と自動給排水栓の遠隔操作を導入することで、豪雨前の一斉落水であったり、豪雨中の貯留流出制御を組み合わせた効果的な運用ができますし、また、通常時は水管理の省力化もできます。これに関しては農林水産省の令和3年度の新規事業で、スマート田んぼダム実証事業というのがスタートしまして、これは熊本県が人吉・球磨地域で実施予定とお聞きしております。

それから最後、農家の能動的な、参画動機、継続動機です。この形成のためには言うまでもないことですが、科学的根拠に基づく効果の定量的な説明が不可欠であるということと、米の減収であったりとか維持管理能力に関する農家の皆さんの懸念に対して、根拠を示してきちんと説明するということが重要だと考えます。

以上、田んぼダムの取組を広げていくために必須の要件と考えられるところをリストにしてみました。

私からは以上です。

福岡座長)

ありがとうございました。

私の進め方がまずかったせいか、大分時間を超過してしまいましたが、これで議論をしないと前回と同じになりますので、終了時間を延ばして議論の時間をつくりたいと思います。

これからの時間は、只今ご発表いただいた意見の相互の関係、各委員からいただいたご意見がどうつながっているか、質問も含めて、意見交換の時間とします。この中で考えていただきたいことは、流域治水プロジェクトが具体的に動き出すので、これから始めるに当たって、あらかじめどのようなことを技術的に考えておかなければならないのか、あるいは緊急にこういうことはもっと大事だと、今日のご意見の中で既に相当出ていると思いますが、さらに議論を深めたいと思います。

それでは、各委員の説明に対する質問、あるいは関連意見等、よろしくお願ひします。

小松委員お願ひします。

小松先生)

福岡先生にちょっとお聞きしたいのですが、先生がやられているシミュレーションは非常に大事かと思うのですが、特に河床変動まで考慮してやられているということなのですが、河床変動を考えると、上流からの土砂供給が徹底的に効いてくると思うのですが、その土砂供給を具体的にどうされているのかということと、水深が最大になったときに少なくともシミュレーションで河床はどうだったのか。大体洪水が治まった後は河床が上がっていることが多いんですけども、浸水深が最大になったときに河床はどうだったのかというのがもし分かれば教えていただきたいと思ひます。

福岡座長)

ありがとうございます。いずれも大変重要な問題であります。

1つだけお断りしておきますが、まず現地の球磨川、川辺川については、洪水後のデータはまだ現在収集中ということで、解析だけで議論しているということです。

それで、球磨川の場合、川辺川の場合に最も重要なことは、今のご質問との関連で、河床材料の粒径集団が広くて、大きな石礫から小さな砂まで広く存在しているということです。そうやってきますと今ご指摘のように土砂の移動というのが入ってくる量と出ていく量が同じということにはなかなかならない。粒径集団が広くて大きいために個々の粒子が動いたり、動かなかつたりという、私どもは非平衡と呼ぶのですが、そういうことが非常に大事です。そのために今回の河床変動モデルでは、その非平衡性ということのを重要視して、河床の土砂の運動については、洪水の外力として、平面的な2次元の計算、つまり2次元というのは縦断方向と横方向、鉛直方向というのは薄い層ですからあまり気にしません。横方向、流れ方向という平面の中での運動を考えます。運動は大粒径2つ、3つぐらいの深さで動くとして、非平衡の流砂の計算をやっています。これは富山の常願寺川、黒部川、そういったところでいろいろ検討をやっています。それで、ご質問にありました「じゃあ上流側の境界条件はどうしているのですか」は、おっしゃるとおり、これはこれからの課題でもあります。1つには今のところは、球磨川の上流の場合は、今回の大流量において土砂の移動は多いということで、仮定として平衡状態——先ほど動きは非平衡だと言いましたが、遠くのほうでは平衡で、その場の水理条件に応じて入ってきていると決めています。しかし、それをずっと石礫群を追いかけていって非平衡性になるということを取り込んで計算していますので、かなりの信頼度があると思います。

2番目のご質問ですが、水位によって入砂量がどうなるのかというのは、全部解析で出ております。先ほどの人吉地区は、最大の流量のときに河床がどのようになっているかの解析結果を出しましたが、決して最大流量のときだけがピークになるかどうか、場所によっていろいろ違ってきますので、これは今後その結果を出していくつもりです。それから河床地形のデータが取れてきますから、それと併せてお見せしていきたいと思えます。

今の先生が言われたのに乗っかってもう一つだけ言うておきますが、先ほど藤田先生が言われましたように、この川は土砂の移動というのをしっかりと勉強することが必要な川です。洪水については、今、小松先生が言われましたように、私どものやっているものは、今の時代では一番いいと思うのですが、洪水というのは何を測れば計算の精度が上がるかというのは分かってきました。ですから、洪水は解析精度が上がっています。洪水の水面形が解析の水面形と同じになるときに、川底がどうなるのかということで求めています。大事なことは流砂量の非平衡性を取りこむことだと思います。先生が主張される流水型ダムでは、多分上流から来る土砂の大きな粒子はあまり動かないで、小さなのが先にどっと来る。大きなものも何回か洪水を受けるとだんだんダム開口部に近づいて来るようになる、このとき粒子群は、どういう挙動をするのか、しっかりと勉強する必要があると考えてます。

小松先生)

分かりました。ありがとうございました。

福岡座長)

他にいかがでしょうか。

島谷先生、お願いします。

島谷先生)

今日はいろいろなお話を聴けて、それぞれの場所で結構いろいろな対策がでてきたと思うのですが、大槻先生の話で森林はやはり対策はないというお話と理解していいのでしょうか。結局、流域治水をやるときに、蓑茂先生からはグリーンインフラ戦略、都市の問題、水田、道路と様々出てきたのですが、森林はもうやることはないよという理解でよろしいのでしょうか。

福岡座長)

大槻先生、よろしくお願いします。

大槻先生)

先ほども示しましたように、800mm ぐらいの雨が降ったときというのは森林での管理というのは、機能できないというのは雨水配分に関してはです。ただ、私は今回報告しませんでしたけれど、砂防であるとか間伐材の設置の方法なんかに関しては、まだ現在研究中ですので、そこら辺に関してはまだ可能ではないかと思っています。

島谷先生)

よく鹿害とか言われていて、鹿害を防ぐことが洪水対策に効くのではないかというのをよく地元の方とかおっしゃるんですけど、それに対しては先生ほどのように思われますか。

大槻先生)

私は、大きな豪雨に関しては、それは難しいのではないかと思います。

ただ、先ほど見た200mm から400mm ぐらいのところには、あるいは中小の雨には効くと思います。800mm 降った場合は、そこら辺の効果というのはできないのではないかと思います。

島谷先生)

ということは、流域治水対策で森林でやるメニューはなしと理解していいですか。非常に悲しいですが。海外を見ると森林対策は基本的には、今、主流化していると思うのですが、日本では無理という理解ですか。

大槻先生)

流域治水は豪雨だけのものなんですかね。

島谷先生)

豪雨対策で結構やっておられますよね、今。かなりいろんな意味で、動物対策とか斜面にいろいろなものを置いて、流れを遅くするとか。

大槻先生)

私は中小豪雨に関しても、やはり流域治水の範疇ではないかなと思っていますけれども。そういう意味では当然森林管理はやっていくべきだと思いますし、今言われたように鹿害というのは非常に大きな問題だと思います。今日本の森林は、高齢林が増えているというのが問題視されたりしていますけれども、私はむしろ若齢林がほとんどないというほうが問題ではないかなと思っています。そこで植林をしたときにどうなるかといいますと、今の段階では鹿がかなり食い荒らしていますので、島谷先生がおっしゃるように鹿害対策というのは非常に治水においては重要な項目だと思います。ただ、800mmも降ったものに関しては、それでは効果が出てなかったというのが今までの解析結果です。

福岡座長)

大槻先生、ありがとうございます。

只今のご議論の中で、大槻先生が言われた必ずしも大洪水だけが流域治水の対象ではないのではというのはまさにそのとおりで、流域治水というのは川の治水問題とそれが大洪水になったときに、あふれたときの流域全体で一番望ましいやり方というのをどのようにしてやっていったらいいのかとの両方とも入っている。ですから、いろいろなレベルの豪雨に対してどうなのかというのをぜひ教えていただければ、400mmには効くというのは非常に意味があるだろうと思うし、800mmはなかなか難しいということであれば、それはそれでそういう考え方で考えていくということです。流域治水をあまり狭く考えない。何か大豪雨で氾濫するときだけが流域治水だということではないということは念頭に置いておく必要があると思います。

ありがとうございました。他にはいかがでしょうか。

私のほうから1点、島谷先生に質問させていただきます。ぜひこれは一緒に勉強したいということでの質問です。

支川が非常に大事だというのはおっしゃるとおりです。球磨川の場合は特にそうなのですが、たくさん支川から水が出てきて、本川の洪水をつくっている。ですから流域治水というのは、本川と支川を分けてしまっただけでは駄目なのだというのが私の考えでありまして、本川と支川を一緒に考える。今回、私どもが本川を中心に、支川は国土交通省が行っている貯留関数法で推算された流量が出てくるとして合流する——時間はちゃんと数えています、合流させています。それでやったとき、本川洪水について説明がついていません。どの時間帯でも水面形の説明がついているということで、この考え方がおかしいことにはなっていない。何で本川がそんなに計算できるようになったのかというと、それは本川沿いに水位を測れる施設がいっぱい入っているからなのです。すなわち水位計が入っている、各時間の水位が全部計算できて、あるいは測れて、その水位になるように各時

間的、空間的に水面形に一致するよう計算しています。

球磨川の場合の流域治水で大事なのは、たくさん支川が入ってきますから先生が言われるように代表的な支川の水位も測る必要があります。それによって先生が言われる、このようにやれば河道貯留が起こったり、遅らすのがいいのか、どうするのかは別の議論としても水面形にそれがはっきりと出ますから、先生が指摘されるような議論ができると私は思っているのですが、その辺は先生、どうお考えでしょうか。

島谷先生)

私も同じように思っていて、球磨川は市房も含めて全部同じぐらいの大きさの支川が流れてきて、本流になっているのです。結局は支川の流量が——当たり前だが、小さい川が集まって本流ができていますので、小さい川で全部対策をすれば確実に本流に効くのは間違いない。ただそれが洪水の波形も貯留したり、いろいろしたりすると変わるので、下流でどのようになるかといことをやはり検証する必要があります。ただ貯留関数でやっていると、1つの流域をばくっとやっているのです、どこに田んぼダムを入れて、どこにさっき言ったもたせのようなものを入れてということがどのように表現できるかというのが、もっともっと小さいタンクモデルとか貯留関数をいっぱい作っていかないといけなくなるので、もうこの時代なので流域全体のモデルを1個作って、ここにはこういう対策を入れていく、ここにはこういう対策を入れていくというようなことができる時代に近づいてきているのではないかと思っています。ただ、支川のデータがないので、本当に合っているかどうかというのは、本流で合っているから合っているだろうということしか言えない。本当は支川も全部縦断方向に水位計をつけてもいいのではないかなと私自身は提案しているところなのですが。先生とそこは考え方は一緒です。

福岡座長)

そうですね。

先ほど藤田先生も支川の話をしていましたが、何か今の議論に関連してご意見いただけますでしょうか。

藤田先生)

1つ、ちょっとめくるのが大変かもしれませんが、小松先生の資料の37ページに、たまたまなのでしょうが、市房ダムから萩原までの水位のハイドログラフがきれいに縦に並んでいて、今回の洪水ですっと気になっていたのは、人吉の大橋とか、球磨橋ぐらいまでは結構とがったハイドロなのですが、私で言うところの区分6、要するに山中を経ていくうちに台形型になっています。これは橙色の等時線、つまり時間的にどうピークが下流に遅れていくかというこの線に対して、それより早い時間帯が膨らんでいます。こういう事象が、私が申し上げたような球磨川水系の空間的な特徴、要するに途中からどんどん支川が入ってきて、それがまた本川流量を増やしていく、あるいは規定していくということの1つの現れかなと考えます。今回の豪雨の分布でこうなっただけなので、いつもこの形になるかというのは議論がさらに必要ですが、いずれにしても支川が本川に入るタイミングのコントロールによって、相当本川が影響を受ける。例えばこの事象で仮の議論ですけれ

ども、支川の流入が遅れているとすると、ピークと合う可能性もあります。だからその全体として、やはりハイドロのコントロールが被害を防ぐ、あるいは起こる被害の打撃を減らすという意味で、どのようになるかという総合評価、そのこととのキャッチボールがすごく重要だということを改めて確認したいです。また、そのためにも支川の流域とその流出のモデル、それから、それを科学的に裏づける水理的な把握は非常に大事かと思えます。

以上です。

福岡座長)

島谷先生いかがでしょうか。

島谷先生)

おっしゃるとおりだと思っています。結構、下流で大きい支川が入っていて、1,000 m<sup>3</sup>/s クラスの支川がどっと入ってくるので、やはりその影響を受けるのだろう。

福岡座長)

そうですね。

島谷先生)

だけど、支流対策は結構できるので、本流に水を集めて遊水地を造るよりも、支流でそれぞれ造ったほうがコスト的には安いのではないかなと直感的には思っています。やはり堤防でもメーター数が大きくなればなるほど体積は大きくなるので、小さいものをたくさん造るほうが恐らく安いのではないかと思っているのですが、その辺はぜひまた検討していただきたいと思っています。

福岡座長)

はい、検討させてもらいます。

私の話と加藤先生が言われた話は非常に関連が深いと思います。先生が福岡が言ったことは使えるかなあという感じで言われていたものがあって、私も全くそう思いました。先生にもう一度申し上げますが、今回の解析は各時間の各場所でどんなことが起こるかということが、支川も含めてということですから、流域全体で時空間でつかまえることができます。それもピークの時だけではなく、いろいろな時間の方にどんなことが起こっているか。川の受皿は同じですけれども、水位が変われば断面が変わると。あふれ出したらどうなるかということも分かるようになってきています。そうすると、まちづくりの中で先生が言われた、いろいろな水位段階とか、整備段階、それからいろいろな流量段階で氾濫の仕方が違うとかいうことに対しての情報を提供することが可能になります。先ほど先生はまちづくりの側からもっと積極的に提言して自分らのほうから言わないと駄目なんだというお話をされていましたが、その辺りをもう少し詳しく説明していただきたい。今回の流域治水の中でも、治水問題のプロジェクトとまちづくりの問題のプロジェクトを一緒に動いていくと思いますので、よろしくをお願いします。

加藤先生)

まちづくり側で考えようとしたときに、これは実際に議論してないので、想定というか空想でもあるんですけど、深度と浸水深流量というものの関係というのがすごく重要だと思うのです。例えば葛飾のご紹介した浸水対応型市街地みたいなものは、あれは建築寿命とか人生寿命で、せいぜい多くても1回あるかないかぐらいという見積りの下で、ああいう構想を地域社会で、行政も含めてつくっているわけです。それはちゃんと真面目に計算してみた結果、頻度が例えば15年に1回ぐらい全域が水浸しになるような、リスクを抱えているとすると、この浸水対応型市街地という発想はもう中止すべきだと思うのです。それから町が真剣に考えていくためには、頻度とか浸水深とか、例えば300年に1回ぐらいしか来ないと。もう人生でほぼ経験することがないけれど、潜在的にはものすごく大きな被害を受ける可能性があるんだというところについては、もしかすると、それはそのリスクを許容するようなまちづくりプランを考えるかもしれないです。

だから、まずは情報をいただいて、まちづくり側で議論して、議論した結果、それで決めるわけではなくて、もう少し浸水深を下げてくれれば、もっと自由度高く議論ができるんだというようなことになったときに、河川側にあふれるのは許容するんだけど、あふれるとしてももう少し水位を下げられないかみたいな、そういう対策を追加してもらおうというようなことがもし可能だと、お互いフィードバックしながら、議論ができるのではないかなと思っています。

福岡座長)

ありがとうございます。

今のお話は、行政が今後どういうスピードでそういうことをやられるのかと関係しますが、学問をやっている側としては、今先生が言われたようなことは、可能です。可能だというのは何かというと、河道に沿って、それぞれ安全度はみんな違うので、本当はそういう計算をしていくと、ここのはあふれてもいいとか、あふれるとか、こういうところは放置してもいいとか、それは水の流れから見たときの議論と、それから、そこに住んでいる人々、土地利用とかいろんなこととの関係の議論今のところされてないのですが、水理的な面、河川工学としての面で判断することはできる段階に来つつあるということですので、ですから、具体的に私が思っているのは、球磨川筋では、全部にどこでもということではなくて、ある場所で、そういう議論をして、流域治水という川づくりと地域づくりとを一体化した政策を推し進めるのに、私はふさわしい場所ではないかと思っています。ですから、技術でこういうことを都市サイドに渡してほしいと言われれば、それはかなり河川サイドとしては、できつつあるのではないかと私は思っております。

加藤先生)

ぜひ僕も真剣に取り組みたいと考えているところではあるのですが、当事者がいない中で、想定で議論して、理屈上できるということと、本当に実際にできるというのにはものすごく大きな乖離がある気がします。重要なポイントは今回緊急治水対策プロジェクトで、河川管理者がやれることはみんな多分やっていくのだと思うのですが、それ以外の部

分は、結局メニューが示されているだけで、おいおいやっていきます、結果やりませんというような形になれば多分最悪で、この後どういうステップで、どういう体制で流域というか市街地も農地も含めた議論をしていくのかということところがものすごく重要だと思うのですが、その辺りは今の段階でどのようなイメージというか、方向感なのでしょうか。

福岡座長)

今日の議論を受けて、次回に向かってそういうことはぜひ議論できるように準備したいと思うのですが、よろしいでしょうか。当事者含めてそういう議論を1回しておかないと、私たちは今言われたように、議論するだけで、こういうことはこうですよねということだけでは、今回の問題は簡単にはできないのではないかと自分は思っているのです。どなたかこのあたりについて、ご意見いただけますか。

島谷先生お願いします。

島谷先生)

加藤先生がおっしゃったように、プロジェクトチームをどうつくって、地域にどのように入って行って、どのようにして話し合いをしていくかというようなことをある程度最初につくっておかないとうまくいかないと思うのです。ですから、どういう体制で、どういう形で本当に話し合いをするのかとか、その辺も含めてご説明いただけるとありがたいです。

福岡座長)

分かりました。議事録に取っておきます。

他にはいかがでしょうか。

蓑茂先生、先をお願いします。

蓑茂先生)

全く今おっしゃったとおりだと思います。先ほど支川の問題が出ていましたけれども、僕は中流域と小流域という言い方を先ほどしていましたが、免田川流域なんか見ていると、免田川を中流域とするとそれに入っている川というのは、扇状地型ですから地域が、大体水無川なのです、日常的には。伏流水になっていまして。それが大雨のときだけ出るので。その違いをきちんと押さえながらやっていかないと、地域での取組はできないという気がします。ぜひその辺をやってください。

それから、とにかくいっぱいやるということはいいいんですけれども、順番など、どれを重点的にやるか、選択と集中みたいなことを見せていかないといけないと思いますので、今の議論あったことをしっかりやっていきたいと思います。よろしくをお願いします。

福岡座長)

ありがとうございます。私もそのように思っています。

流域治水ですから、初めから限定的に考えるというよりも、いろいろ検討することも考えなければなりません。でもその中でも、効率性とか効果だけを言うてはいけませんが、目的に応じて、必要なこと優先順位の高いものというのは、当然議論していただ

たいなと私も思っております。  
小松先生どうぞ。

小松先生)

加藤先生にちょっとお尋ねしたいのですが、今日のお話は本当に今の気候変動からの災害外力が上がっていつているときに、加藤先生が主張されているような方向に行かざるを得ないのかなとは思いますが、例えばどこであふれるか、不確実性を下げるというのは、もう大体あふれるところ決めるということです。それから、誇りを持ってリスクを引き受ける、リスクをお願いするところに十分な補償と感謝。これは簡単に言えるのですが、仮に大したことなくてもあふれたら小さな溝に子供が流されて、亡くなるということだってあり得るわけです。想定外の災害が起こる可能性はあるので、補償と感謝だけでは補えない、そういう事態が起こる可能性もあるわけです。ですから、リスクをお願いするというのはなかなか難しいのではないかなと思います。まだそれを経験していない段階だったら、まだその地域の人も引き受けるかもしれないけれど、それが2回、3回と経験するともう嫌だと、こんなの不公平だという不平不満が当然出てくるように思うのですが、その辺いかがでしょうか。

加藤先生)

ちょっと今、僕の帯域が狭くなってしまって聞き取れなかった部分もあるのですが、みんなが我慢できる範囲に上限を抑えて、それを上下流バランスも含めて、みんなでシェアしていくのかというところが議論の肝のような気がします。

最善の努力をしたときにそれぞれの立場で、どこまでだったら我慢できるのかという、何かそういう議論がベースにあるのかなと今のところ思っています。

小松先生)

我慢というのはもうあれですよ、人命の損失は絶対ないという、そういうことですよね。

加藤先生)

もちろん。

プラス、経済的な被害もきちんと復旧ができるぐらいの被害という、抽象的にはこんなイメージだと思うのです。田んぼダムを造って、田んぼが被害を受けて、1年、2年使いものにならなくなるというのは、これは多分まともな復旧ではないような気がします。だからその辺りの我慢の限度というのをまずは共有した上で、どこまでできるかという、そんな感じかなというイメージですけれども。ちょっとまだ具体的にはイメージできていません。ありがとうございます。

福岡座長)

ありがとうございました。

土砂で平松先生に私との関係で、議論に加わっていただきたいのですが、先ほど来から

川辺川とか球磨川は非常に土砂を出す川だという議論が出ています。実際、今回も大変に土砂を出しているのです。洪水が終わった後だけを見ていると、そうでもないのですが、洪水中にはやはり相当土砂が出ているということなのです。

それで、先ほど小松先生から上流の土砂量の推算まで行くんですねという議論がありました。そうなんです。だけど、我々は工学ですので、途中で切って、洪水が分かっているところで条件を与えてやっているのですが、やはり球磨川を考えたときには、土砂対策とか土砂の流出問題というのを避けて通れないと思います。どんな質のものがここには出てくるのかも知りたいのです。その辺りは、先生、田んぼダム以外のお話で恐縮ですが、そういったことも、大槻先生も先ほど土砂の話をされていましたが、いかがでしょうか。

平松先生)

ちょっと私その辺の知見を持ち合わせていませんので、それは分からないんですけど。

福岡座長)

それは失礼しました。農業土木は土砂流出だと勝手に思い込んでいました。

平松先生)

農業土木なのですが、土砂のほうはあまりやったことがなくて……。

福岡座長)

大変失礼しました。

平松先生)

ただ少なくとも田んぼに土砂が入ったりすると非常に影響が大きいので、田んぼダムを計画する際にもその辺の配慮というのは絶対に要と思います。

福岡座長)

ありがとうございます。

大槻先生、土砂の流出問題について、先ほどは豪雨の話で、洪水をつくる豪雨の話ですけど、雨と土砂ということ、土砂流出の話はいかがでしょうか。

大槻先生)

先ほどもちょっとご説明しましたがけれど、雨滴がどれぐらいの衝撃があるのか、それを防ぐためにどのような形で落葉、落枝を確保するのか、それから、間伐等によって下層植生を生やすのかというようなことでの対応は森林域では可能だと思います。当然、雨の範囲にもよりますが、それは対策は可能だと思います。

福岡座長)

そうですね。県は、土砂流出や流木問題をどうするかといろいろお考えのようすの

で、ぜひそういったほうからも、土砂だけではなくて、流木も含めていろいろなものが流れてくる中で、山というのをどうするのかというのは、非常に大事だなと思いつつ聴いておりました。また教えてください。

大槻先生)

よろしくをお願いします。

今回の流域治水プロジェクトというのは、総力で流域にそれぞれの専門家が一緒になってやっていこうというすばらしい取組だと思んですけど、1つ、上流は考えてくださっているのですが、河川の先の海の話があんまりないかなと思って。まだ手後れにならないうちに、いわゆる海岸域でいいと思うのですが、そこら辺の視点もちょっと持つておく必要があるのではないかなと思います。

これだけすばらしいプロジェクトがあるのに、先になって海が抜けているのではないかということと言われるのではなくて、手後れにならないうちに、どこかの段階で海の話も検討していただけたらなと思います。

福岡座長)

それは具体的には、土砂問題としてですか。水質とか、いろいろなものもかかわりますよね。

大槻先生)

それも含めてだと思えます。水もそうだと思いますし、土砂もそうですし、流木もかなり出たようで、海岸域にいろいろご迷惑かけています。それを治水することによって恩恵を受けるところとそうでない部分があったりすると思えますので。

福岡座長)

分かりました。海岸域についても議論の中に載るようにさせていただきたいと思えます。

時間も迫ってきましたが、何か他にありましたらいかがでしょうか。

プロジェクトに関しての具体化——今日、八代河川国道事務所長が5分ほどでしたけれども説明されました。プロジェクトはプロジェクトとして今検討されている。それに対して私たちのアドバイザー委員会からの意見も反映し、よりよいものにしてもらうということなのですが、ここで言うべきことがございましたらお願いします。

どうぞ、島谷先生。

島谷先生)

今いろいろな遊水地の計画だとかを立てられていると思うのですが、さっき言ったように川の本流に水を集めてからそれを処理するのはとても大変なので、支流のほうにたくさん調整する施設を造って、今回の流域治水というのは、結局流量を変数にして、流量減らすことができると思うのですが、そういう結果が出たときに、計画をやはり変えるということができるようにしておいてもらいたいというのが私のお願いです。

福岡座長)

ありがとうございます。

ぜひ島谷先生、私どものやっているものを支川にも適用していただきたい。本川だと水位がはっきりしていて、遊水地を造ったり、水田、ため池、ダムを含めていろいろ検討することが、できる可能性が高いのですが、支川の場合は勾配もきついし、それから流量についてどういう状況なのかなど、いろいろ段取りを考えないとできないこともあるかと思っています。急いでできることと、すごく時間がかかることというのはあるのではないかなと思っているのですが、その辺りはどうですか。遊水池を計画の中にちゃんと置けばいいということになるのでしょうか。

島谷先生)

例えば、免田川は今日お話が出ているのですが、免田川などをケーススタディーにして、田んぼダムなどさっき言ったもたせだとか、道路に導水を入れるだとか、公園を活用するとかということによって、どれぐらい流出抑制ができて、どれぐらい洪水が遅くなって、どういう被害がどう軽減されて、コストがどれぐらいかかるというようなものが1個でも出てくると、それを見ながら皆さんでご議論ができるようになるのではないかなと思っているので、ケーススタディが少し必要かなと思っています。

福岡座長)

私もそう思いますね。ケーススタディの方向を出していただければと思います。

他にはいかがでしょうか。

藤田先生、どうぞ。

藤田先生)

補足というか、支川を1個やったときに、それが本川でトータルでどうかということはやはり常に見ておいたほうが良いかなと思います。先ほどのハイドロの変形であったように、下流なんかだと、遅れたりするとかえってピークが合ったりするので、その組合せをよく考えるということを最後受けとして見て、また、個別の評価につなげる。そこが1つポイントかなというのが1点です。

もう1つは、流域治水プロジェクトの中で、考えられてはいるのかもしれませんが、私も強調しましたが、治水インフラをつくることは必要が当然あるのでやるのですが、つくったことで防御レベルが上がることだけではなくて、やはり、いろいろな形で氾濫とか起こる残存リスクはあるわけです。そのこともちゃんと直視をして、加藤先生が言われているような話をちゃんとつなげるということも、技術的に一貫してやってほしい。つまり、治水インフラをつくるための技術とそれを超えたときにどんなことが起こるかということは連携させなければいけない話なので、両者を何か便宜的に分けるような話にし過ぎないようにということは、少し気になったので、念押しで言わせていただきました。

以上です。

福岡座長)

ありがとうございます。

では、小松先生をもって最後にしたいと思います。どうぞよろしく申し上げます。

小松先生)

補足なのですが、先ほど私のスライドの中にあっただけですが、時間がなくて、説明できなかったのですが、流木対策です。本川レベルだとそうでもないのですが、支川レベルになると橋も小さいので、流木がすぐに引っかかって、流木がなければ流せる洪水も引っかかって流せなくてあふれるというようなことが起こります。

それで、山地部に流木捕捉施設を造るというのは非常に効率的です。今、結構流木捕捉施設の技術も上がってきていて、かなり効率のいい施設が造れるようになってきています。ですから、支川の山地部にそういう捕捉施設を造ることによって、流木対策が割と効率よくできるのではないかなと考えています。ぜひ流域治水プロジェクトでもその辺まで考慮していただきたいと思っています。

以上です。

福岡座長)

ありがとうございます。私の議事の進め方が適切でなかったために1時間オーバーしてしまいました。しかし、私としては、大事なご意見をたくさん出していただけたので、よかったと思っています。

今日いろいろと議論が出ました。これを1回整理して、次回もう1回考えているので、そこに向けて準備をして、次回の議論に生かしたいと思っています。その際に先ほどの幾つかの提言も検討して下さいということも含めて、これからどう進めるのかについて、事務局等とも相談させていただこうと思います。

それで、第3回の会議は恐らく後で河川調査官からお話があると思いますので、私はここで事務局へお返ししたいと思います。よろしく申し上げます。

司会)

福岡座長、長時間にわたりありがとうございます。また、委員の皆様におかれましては貴重なご意見いただき本当にありがとうございました。

以上をもちまして、予定しておりました議事が終了しましたので、最後に閉会の挨拶を河川部長の藤井よりお願いいたします。

九地整 河川部長)

先生方、長時間にわたりまして本当に長い間ありがとうございます。また、今日は本当に貴重なご意見、様々のご意見をいただいたと思って改めて感謝申し上げます。

今日いただきました様々な提案、あるいは意見につきましては、冒頭で申し上げましたけれども、流域治水プロジェクトの具体化、実現に向けて非常に貴重なものばかりだったと思いますので、改めて議論の内容を整理させていただきまして、次回の意見を聴く場に

おいて、今後の進め方、検討内容について改めてご提示させていただいて、ご議論いただければと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

本日は誠にありがとうございました。

福岡座長)

どうもありがとうございました。

司会)

ありがとうございました。

それでは、これをもちまして、第2回学識経験者の意見を聴く場を閉会といたします。本日はどうもありがとうございました。

— 了 —