

令和4年度

河川研究セミナー—講演録

—流域における災害リスクの実態をどう読むか?—

公益財団法人 河川財団
河川総合研究所

はじめに

河川財団では、河川における調査・研究や維持管理に関する技術革新など、河川技術の進展と情報共有を目的として、大学や国土交通省国土政策総合研究所、国立研究開発法人土木研究所などから講師をお招きして「河川研究セミナー」を開催しています。

昨年度はコロナ禍の中、開催を見送りましたが、令和4年は3年ぶりに会議場での対面方式による全3回のセミナーを開催しました。

今回のテーマは『流域における災害リスクの実態をどう読むか?～多様な主体の協働で水害リスク低減を目指すための必要条件～』として、流域治水を視点に6名の学識者、研究者から水害リスクの実態把握やその対処に関する最新の研究成果をご紹介いただき、さらに総合討議として解決すべき課題やその方向性について理解を深めるよう議論していただきました。

本講演録は、河川維持管理や防災など多岐にわたる業務及び研究に関する最新の動向に触れる内容となっております。これら河川分野の実務に携わる皆様の一助として参考にしていただければ幸いです。

令和5年3月

公益財団法人 河川財団

河川総合研究所

総目次

会場：TKP秋葉原ガーデンシティPREMIUMホール2A

司会：公益財団法人 河川財団 河川総合研究所次長 磯部 良太

はじめに

第1回 令和4年10月13日(木)

趣旨説明

公益財団法人河川財団 河川総合研究所所長 天野 邦彦..... 3

河川氾濫リスクを踏まえた流域での減災方策

埼玉大学大学院 理工学研究科教授 田中 規夫 氏..... 5

質疑応答 22

河川・ダム管理における洪水予測の利用に向けた技術開発

国土技術政策総合研究所 河川研究部水環境研究官 川崎 将生 氏 25

質疑応答 42

流域治水の調整の各段階における水害リスクマップ等の活用方法

～防災まちづくり、各種流域での対策の進展に向けて～

国土技術政策総合研究所 河川研究部水害研究室長 井上 清敬 氏 43

質疑応答 51

第2回 令和4年11月22日(火)

令和元年台風19号後調査等から読み取ることができる堤防の洪水応答

土木研究所 河道保全研究グループ長 諏訪 義雄 氏 57

質疑応答 75

水害リスク管理型の河道計画立案

国土技術政策総合研究所 河川研究部河川研究室長 福島 雅紀 氏 79

質疑応答 91

地域防災力を高めるための水防活動支援技術の方向性

～水防活動詳細実施過程の実態把握を切口として～

国土技術政策総合研究所 河川研究部水害研究室主研 武内 慶了 氏 95

質疑応答 108

第3回 令和4年12月6日(火)

第1回・第2回の論点の紹介

埼玉大学大学院 理工学研究科教授 田中 規夫 氏	111
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水環境研究官 川崎 将生 氏	116
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室長 井上 清敬 氏	118
土木研究所 河道保全研究グループ長 諏訪 義雄 氏	122
国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室長 福島 雅紀 氏	125
国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室主研 武内 慶了 氏	128

総合討論(ディスカッション方式)

135

[司会] 河川財団 河川総合研究所所長 天野 邦彦

[パネラー] 埼玉大学大学院 理工学研究科教授 田中 規夫 氏

国土技術政策総合研究所 河川研究部

水環境研究官 川崎 将生 氏

河川研究室長 福島 雅紀 氏

水害研究室長 井上 清敬 氏

水害研究室主研 武内 慶了 氏

土木研究所 河道保全研究グループ長 諏訪 義雄 氏

閉会挨拶(要約)

公益財団法人河川財団 理事長 関 克己	157
---------------------------	-----

令和4年度

第1回 河川研究セミナー

趣旨説明（要約）

天野邦彦（公益財団法人 河川財団 河川総合研究所 所長）

河川氾濫リスクを踏まえた流域での減災方策

田中規夫（埼玉大学大学院理工学研究科 教授）

河川・ダム管理における洪水予測の利用に向けた技術開発

川崎将生（国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水環境研究官）

流域治水の調整の各段階における水害リスクマップ等の活用方法

～防災まちづくり、各種流域での対策の進展に向けて～

井上清敬（国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 室長）

開催日：令和4年10月13日（木）

場 所：TKP 秋葉原ガーデンシティ PREMIUM ホール 2A

趣旨説明（要約）

河川総合研究所 所長 天野 邦彦

今日のセミナーの趣旨につきまして、簡単にお話させていただきます。

近年、増加している水害の被害を下げるにはどうすればよいか議論する際には、ハザードとリスクの区別を明確にする必要があると考えます。

リスクについては、降った雨が最終的にどこまで行き着くのかを検討して、そこでの被害を如何に下げていくのかを効率的、効果的に対策していかない限り、下げることができません。気候変動による豪雨あるいは洪水というハザードの増大が見込まれる中、浸水被害を下げることはなかなか難しいので、この問題意識を常に持ちながら、リスク低下の方法について、河川財団でもいろいろと検討しているところでございます。

では、特別なことが必要かという点必ずしもそうではなく、これまでに行われていた研究や技術開発をうまく組み合わせる、あるいは発展させることで、かなり水害被害を下げるができるのではないのかと考えて検討しています。

水害被害を下げる手法については、従前からいろいろと検討もされ整理もされてきたと思います。大きく分けると一つは、ハードウェアの河川堤防やダムなどの構造物によって降った雨水の流れを制御する方法。もう一つは、溢れてしまった水による被害をいかに防ぐのかというやり方です。2つ目の方法としては、例えば、水害常習地帯のようなところでは土地利用を変える。あるいは出水時の避難行動によって、少なくとも人命は守る考え方、方法など、いろいろとあります。そこに、“流域治水”という言葉が出てきて、流域全体の総力戦で被害を下げていこうとなったわけですから、今までの研究開発や技

術開発の成果が有効に働くように再度整理していく必要があると考えています。

この“流域治水”という言葉は、かなり世間あるいは社会に定着しつつあると思いますが、具体的な話になると、まだ整理がついていないと思われるところもあります。つまり、メニューは出ているけれども、それをどのように組み合わせればよいのかを整理する必要があります。当然、それは流域特性や地域社会での利用の仕方などによっても変わると思います。セミナーでは、ハザードとしての水害の特性把握と、それに基づいて水害リスクを低下させるための手法に関する最新研究を披露いただくとともに、今後の検討課題や方向性について議論したいと思います。

今回の研究セミナーでは、大きく分けて二つのアプローチを取り上げさせていただきました。一つ目に先ほど申し上げたハード的な話、もう一つは、これから起こり得る現象を事前に評価し、その情報に基づいて賢明に対応することによって、水害の被害自体を下げるというソフト的な議論になります。

第1回、第2回では、6名の皆様から「流域での減災方策」、「水害リスクライン」、「ハードウェア的な河道管理」、「水防活動」などについて、最前線の情報をお話いただき、3回目では、それらの話題を基に総合討議を行い、さらに深く議論を進めていきます。

河川氾濫リスクを踏まえた流域での減災方策

埼玉大学大学院理工学研究科 教授 田中 規夫 氏

田中 ご紹介いただきありがとうございます。それから、このような機会を与えていただき、ありがとうございます。

(スライド1) 今日はこのようなタイトルでお話をしたいと思います。

これは後で出てきますので、先に行きます。

(スライド2) 流域の事例で話をしたいと思います。

大きくわけて1つ目は、要は大洪水のときには、もともとの、昔の地形が顔を出すという話です。例

えば荒川でいえば、徳川家康が関東に入ってくる前ですね、江戸時代の前に、どんな氾濫がそもそも起きていた場所なのか。江戸時代から明治にかけて、どういう氾濫だったのか。最近どうなのか、将来どうなるかという話を、この「2.」でやりたいと思います。

それで、「3.」は、実際に外水氾濫もありますけど、内水氾濫も含めて複雑化しています。そこで、本当に起きる氾濫ってどのようなものか、本当に起きる氾濫のリスクってどういう形なのかということ表現するために、やはり全てを含めたような解析を本来していくべきだろうということで、現在の検討状況の話をしたいと思います。

2つ目として、減災方策、いろいろあるのですが、ハード的な話とソフト的な話で今取り組んでいることを「4.」で紹介したいと思います。

(スライド3) 荒川ですけれども、川幅日本一の箇所や横堤群があり、洪水をゆっくり流すようなイメージが現在もあります。

江戸時代にも、やはり大囲堤とか控堤なども建設

● スライド1

令和4年度 河川財団 河川研究セミナー 第1回 10月13日(木) 15:00~17:30
河川氾濫リスクを踏まえた流域での減災方策

埼玉大学大学院理工学研究科 (兼) 研究機構レジリエント社会研究センター
教授 田中規夫

● スライド2

本日の話題(荒川流域での解析事例で話をする)

- はじめに
- 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
 - 荒川西遷前後の河川氾濫リスクの変化と大囲堤や控堤の築造
 - 明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク
- 内水氾水・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性
 - 気候変動も踏まえたうえで将来リスク: 分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討
 - 解析グリッドより細かい支川群の取り込み: より実態に近づける
- 流域での減災方策
 - 現代において氾濫流制御をすとしたら
 - 内水氾水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ
- おわりに

● スライド3

1 はじめに 荒川温故知新: 今後の減災方策を考えるために

- 荒川の特徴
 - 川幅日本一の箇所がある。川幅の変化が激しい
 - 横堤群がある(荒川横堤: 土木学会選奨土木遺産)
 - 大囲堤や控堤が多く築造され、残存しているものもある
 - 支川には置堤群が存在していた
- 現在の複雑な堤防形状はどのような経緯で作られたのか?
 - 荒川西遷、伊奈流の治水方法が深く関係し、よい部分を活かしつつ近代改修が行われている。
 - 荒川下流部は放水路として「出水を氾濫させずに海へ放流すること」を目的としているのに対し、荒川上流部は「洪水氾濫を防ぎつつも、河道内に洪水を貯留してゆっくり流す」という手法をとっている(横堤群から第二・第三調節池へ)。伊奈流の考え方を一部継承

今後の減災方策を議論するためにも、400年以上前の荒川がもともと持っていた氾濫特性、現在・将来のリスクを踏まえることが望ましい

されて、かなり水を貯留しながらゆっくり流していたというような場所になります。

荒川下流は放水路で流すのですが、上流改修のときには横堤群を築造したりして、伊奈流という考え方なのですが、それをある程度継承しながら治水をしてきています。今後、ここにまた第二、第三調節池がつくられる、そういう流れの場所です。

その荒川が、もともと400年以上前、どんなリスクを持っていたのかということ、少しそこから考えてみたいと思います。

(スライド4) 実は、徳川家康の前に、北条氏の時代にも低い堤防はあったようです。場所によってはあったのですが、そういうものが少ないということで、明治の迅速測図とか、あるいは古い堤防に関するいろいろな資料を見ながら、当時の河道とかをできるだけ再現をして、堤防がない状態で氾濫のシミュレーションなどをしてみたらどうなるか。

洪水としては、あまり大きな洪水を選定するのは非現実的だということで、2分の1ぐらいの洪水波形にしています。というのは、当時、もともとそんなに川に水が集まってこなかっただろうということで、あまり大きな洪水でないもので行っています。

(スライド5) 氾濫のシミュレーションをしますと、いろいろなところにリスクがあるのがわかります。合流後の荒川と、それから扇状地の氾濫ですね。荒川右岸側に氾濫して行って、今の吉見町の方

に流れる流れと、それから支川が氾濫して川島町の方に行く流れ、それから荒川左岸側で元荒川^{もと}に入っていく流れがあります。大きく分けると、やはり扇状地氾濫、支川の氾濫、合流点の氾濫、合流後の氾濫、こういうのがもともとリスクとしてあったのであろうということになります。

それを最終的に、最大あたりまでやるとこのような感じなのですが、こういう氾濫が恐らく生じていたのではないかということになります。

(スライド6、7) この扇状地氾濫の場所ですが、実は、扇状地の河道の位置というのは、平安時代からずっと後の時代にいくに従って、下流に河道を変えてきているのです。こういうところから、当時の旧河道から洪水時には水が入っていたと考えられます。江戸時代になって、そこに堰とかあったのですが、用水路としてこういう旧河道を活用していました。なので、少なくとも連続堤になる前の時代というのは、洪水期はこういう旧河道から放射

● スライド4

2 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
1) 荒川西遷前後の河川氾濫リスクの変化と大田堤や控堤の築造
(1) 荒川西遷前(特に無堤時代)の河川氾濫

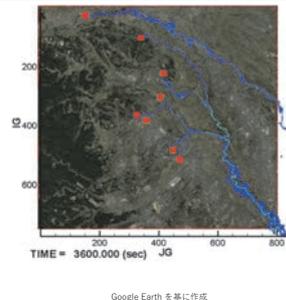
荒川西遷前の河川氾濫はどのようなものだったか

：徳川家康が江戸に入城する前の堤防がない条件では、どのように氾濫していたのか？

- ・ 備前堤なし：一部原型があったとされるが、江戸時代に増強されているので、ないとしている
- ・ 相上堤なし、吉見領大田堤なし
- ・ 川島領大田堤なし：川島には一部、細田堤があったとされるが小規模のため、ないとしている
- ・ S22型の1/2の洪水波形を用いる(この時代には上流でも溢れていたため、1/200のような洪水波形は想定が困難)

● スライド5

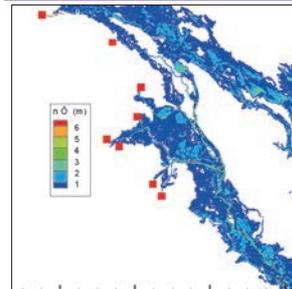
2 1): (2) 荒川西遷前(特に無堤時代)の河川氾濫シミュレーション



- 扇状地部
- ・ 荒川左岸側：元荒川、綾瀬川方面への氾濫流
 - ・ 荒川右岸側：和田吉野川にも合流・氾濫し、吉見地方を襲う氾濫流
 - ・ 和田吉野川周辺(自然堤防が入り乱れている微高地)に浸水しない地域がある
- 川島周辺
- ・ 市野川右岸と都幾川左岸、越辺川左岸、入間川左岸が氾濫・合流して、川島地方両側を襲う氾濫流
- 入間川
- ・ 下流部：早い時期に蛇行部などから全体的に浸水
 - ・ 上流部：越辺川両岸側の氾濫

● スライド6

2 1): (3) 荒川西遷前(特に無堤時代)の河川氾濫・最大浸水深



- 扇状地部
- ・ 荒川左岸側：元荒川、綾瀬川方面に氾濫する流路
 - 綾瀬川への氾濫流の侵入を食い止める役割として、備前堤
 - ・ 荒川右岸側：和田吉野川にも合流・氾濫し、吉見地方を襲う氾濫流
 - これへの対処が相上堤
- 川島周辺
- ・ 市野川右岸氾濫と都幾川左岸氾濫が合流し、川島地方を襲う氾濫流 → これへの対処が川島領大田堤(特に長楽堤)
- 入間川
- ・ 下流部：早い時期に蛇行部などから全体的に浸水
 - これへの対処が日本堤、隅田堤

状に河川が流れて氾濫をすると、そういうものだったのだらうと思います。

(スライド8) 先ほど、最初のタイトルページにあった相上堤というのが、実は荒川西遷よりも少し前に堤防がつけられていました。そこはどこなのかという、実は、この旧川です。通殿川ルート。この先に、吉見町の方に入っていくところに、まさに真っ先につくられたのが、この堤防です。これは明治の迅速測図ですけど、この堤防で、今、和田吉野川の堤防がつけられているんですが、その堤内地側のここにまだ残っています。これが真っ先に、この扇状地氾濫を食い止めるような堤防として実はつけられているような場所でした。

(スライド9) それから、吉見町ですね。この北側の緑色が吉見の大囲堤で、下の方に少し見えているのが、後で出てくる川島の大囲堤です。川島の大囲堤の原型は、徳川家康、江戸時代の前の北条氏



のときにも低い堤防はあったと言われています。ですから、支川の氾濫って相当リスクが高かったのだらうと思われま。ただし、吉見の大囲堤というのは、荒川西遷をした直後に、5年ぐらいでつくられたというふうに言われています。ですから、川の付替えによってリスクがかなり変化したのだらうと考えられます。

その吉見の堤防ですが、この自然堤防なんかを活用して、最初につくられた堤防は、この緑色の部分です。この黒いところは、後で明治になってからつくられた、あるいは最近つくられたものです。この緑色が江戸時代の初期の形です。ただし、この輪中堤といいますが、大囲堤の中にも、控堤を後からつくっています。

例えばこの市野川筋には、自然堤防につなげるように、霞堤のような堤防があったんですけど、それを越えてきたのをさらに受け止めるような堤防と

● スライド7

2 1): (4)荒川西遷前(特に無堤時代)の河川氾濫・扇状地氾濫

・扇頂部から放射状
・用水路として活用されていたものもある
・洪水時にはこれら水路は、洪水を左右岸に護っていた

現状の河道は扇状地の南側。1600年当時まで流れていた河道は北側(大宮台地の東側に流れていた河道が多い)。

大宮台地の西側に流れていく河道も1600年当時まではあったと推定されている。
100%変わったわけではないが、大きく氾濫形態が変わったと考えられる。

・扇頂部から河床勾配が変化
→河川が扇れやすい(蛇行)放射状

旧川・通殿川經由氾濫ルート

図面 文献1をもとに作成

● スライド8

2 1): (5)荒川における氾濫流制御 相上堤(和田吉野川の流出を遅らせ荒川の氾濫を軽減する(伊奈忠次)の時代)

迅速測図/国土院空中写真比較地図

http://habo.dc.affrc.go.jp/compare.html

※和田吉野川には通殿川を通じて荒川の水が入っていたと考えられるが、荒川氾濫によって、この地域の洪水が激化する。その前に、和田吉野川の上流に、洪水流出を遅らせる扇状地を築造していた
※伊奈流(関東流) 自然堤防等を利用して洪水をゆっくと流すとともに、新田開墾が可能な土地を作り出す
※伊奈忠次は龍谷扇状地の用水事業も手がけている

● スライド9

2 1): (6)荒川西遷後の河川氾濫: 吉見鎮における堤防と水堰の分布

図面: 文献3内の図面を改定

鎮士集(橋手堰) 1620ごろ

堤防側の機橋網は近代改修

緑色は近代改修以前の太田堤と機橋

自然堤防の形によって、吉見鎮大囲堤が作られている

か、和田吉野川と荒川の合流点からあふれてきたものを一時おくらせる、横土手と呼ばれる堤防と、それを越えてきたものをさらに抑える大工町堤^{だいこうまち}みたいなものが、後からつくられています。

こういうように、氾濫が非常に激烈だったことから、大囲堤の中にまで堤防をつくるような時代があったということになります。

(スライド10) 川島町です。歴史的に見ると、こういう大囲堤がつくられたのですが、バツがついているところが決壊した場所です。ありとあらゆる場所が決壊をしてきています。

特に、歴史的に非常に多かったといわれているのが、この鳥羽井^{とばい}です。今もそこに釣り堀があったりします。今も3つ池があります。明治の迅速測図を見ますと、ここに5つ池があるんですね。ですから、しょっちゅうこの合流点で、水がこぼれる、決壊するということは、どうも起きていたと考えられます。氾濫シミュレーションなんかをやりますと、やっぱり真っ先にここからこぼれてきたりします。ですから、非常にリスクの高い場所であるということがわかります。

あとで出てくる長楽堤^{ながらく}というのが、当時の江戸時代につくられたこの川島大囲堤の名残なんですね。今、この市野川^{いちのかわ}に堤防ができていまして、長楽堤自体は控堤という、二線堤のような構造になっています。これがまだ残っているということになります。

先ほどのような堤防がない時代において、もともと

とリスクの高いところに、後でこういう堤防がつけられるわけです。荒川西遷をした後、どのように流れが変わったのかということ、ちょっと見てみたいと思います。

(スライド11) 先ほど言いました、吉見領の大囲堤ですね。それから川島領の大囲堤、それから控堤、こういうものを入れてシミュレーションしています。

(スライド12) そうしますと、ここですね。この流れをよくしたんです。この流れをよくしたことによって、和田吉野川とつなぎ替えた荒川との合流点のリスクが高まって、実は大囲堤をつくったと考えられるわけです。しかし、中には吉見大囲堤の堤内地側にあふれる、決壊するような事例が結構増えました。川島領大囲堤をつくっても、中が浸水するような形と同じですね。ですから、元荒川方面のリスクはだいぶ減ったのですが、この吉見領と川島領

● スライド10

2 1): (7) 荒川西遷後の河川氾濫: 残存する大囲堤の一部と決壊の痕跡: 川島町

1500 川島領にすでに堤防が存在
1615-1623 川島大囲堤: 増築(伊楽忠次)
1629-1634 荒川の補修(旧河道を開削)

・氾濫後のシミュレーションでは鳥羽井沼付近から決壊。洪水浸水が最大になると計算でも別の箇所から決壊する。
・残存する水曜は明治以前に築造されたものが多い。一方で、荒川上流部で近代改修が施された後に築造された水曜は(少ない)

原簿: 文部12内の図面を参照
上げ金(自由費)

● スライド12

2 1): (9) 荒川西遷後の河川氾濫: 氾濫シミュレーション

扇状地部
・荒川左岸側: 久下地点での氾濫 (S22カスリーン台風時とほぼ同じ地点)
※河床勾配が変化し水深が高くなりやすい
※綾瀬川方面: 備前堤により氾濫が食い止められている

・荒川右岸側: 和田吉野川と荒川合流点付近で決壊
川島周辺
・早期における氾濫浸水はなくなったが、荒川側(鳥羽井沼付近)で決壊
※鳥羽井沼は決壊によって形成された落堀。江戸時代には決壊を繰り返した地点

TIME = 3600.000 (sec) JG
Google Earth を基に作成

ですね。この辺りのリスクがかなり高まったということが考えられます。

(スライド13) 比較しますと、西遷前、こういうリスクだったものが、西遷後にこのような形になった。つまり、この吉見と川島、この辺りで非常に浸水深が増大するということになりました。

この支川の氾濫とか、扇状地氾濫のリスクというのは、大きく変わっていません。もちろん、この元荒川方面への浸水が減るとい形では大きく変わっているのですが、これが江戸時代から明治にかけての氾濫形態であったのではないかというふうに、予想されるわけです。

(スライド14、15) じゃあ、実際にどうだったのか。明治43年の浸水域を見ますと、この中条堤の決壊というのがあるのですが、これはちょっと置いておいて、荒川で何が起きたかを見てみます。荒川の左岸側から決壊した流れと、この辺りですね、荒

川右岸側でかなり堤防が決壊しています。それが吉見町を伝わって、今度はこの吉見の大囲堤の下流側の堤防を突き破って、川島まで流れたと言われていいます。こういう氾濫形態があった。これ、先ほどのシミュレーションと、ほぼ同じような状態になります。

それから、支川群で氾濫がすごく、決壊も含め起きたといわれています。それから合流点で起きたということになります。

ですから、西遷後のリスクとほぼ同じようなところで、明治43年も起きているということになります。

(スライド16) それから、カスリーン台風のときはどうかということですが、このときは、荒川の左岸側の決壊、久下の辺りで起きているわけですが、右岸側は起きていません。なので、ちょっと吉見は違うのですが、支川の氾濫は非常に大規模に起こりました。氾濫といいますが、この当時、まだ無堤だったり霞堤だったり、いろいろありましたの

● スライド13

2 1) (10)荒川西遷前後の河川氾濫：最大浸水深

扇状地部：元荒川方面の浸水は減っている（ただし、熊谷堤の決壊などにより、この方面にも氾濫流が襲った実績はある）
 吉見領内：氾濫が激化している（浸水域拡大、浸水深増大（堤防高まで浸水）
 川島領内：長条堤が機能し、一部浸水していない箇所があるが、浸水深は増大
 ※長条堤の決壊事例も多い（降雨分布、降雨量による：この事例は1/2）
 入間川合流後の荒川：浸水域は大きく変化はしていないが浸水深は増大

● スライド15

2 2)治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化 2)明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク (1)明治43年の洪水氾濫

明治43年の埼玉県洪水(埼玉県立文書館蔵)
 1910(明治43)年、埼玉県の金匱額の24%が浸水し、東京下町が壊滅的な被害を受ける大水害を経験した。

● スライド14

本日の話題(荒川流域での解析事例で話を)

- はじめに
- 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
 - 荒川西遷前後の河川氾濫リスクの変化と大囲堤や控堤の築造
 - 明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク
- 内水湛水・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性
 - 気候変動も踏まえたうえでの将来リスク：分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討
 - 解析グリッドより細かい支川群の取り込み：より実態に近づける
- 流域での減災方策
 - 現代において氾濫流制御をすとしたら
 - 内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ
- おわりに

● スライド16

2 2)明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害 (2)昭和22年の洪水氾濫

荒川・水風土誌本(荒川上流河川事務所)と新編埼玉県史図録をもとに作成

で、そういうものの浸水も含め、この辺りの氾濫リスクが非常に顕著に表れたということになります。

この後、治水事業によって、荒川と入間川の合流点を下流に下げたり、この3川合流部を改修したり、いろいろなことをしてきたわけです。

(スライド17) じゃあ、現在はそのリスクがどうなったかという、2019年のときに、川島での氾濫は起きず、吉見でも起きず、扇状地でも起きず、唯一現れたのが、この支川群ということになります。

この支川群の方で決壊が生じ、あと、内水氾濫が生じ、いろいろなものが複合的に起きました。最終的に、氾濫形態は江戸時代とか西遷前、西遷後とはだいぶ変わるのですが、支川群の浸水域としては、同じようなところが浸水をしました。氾濫したボリュームは約2,000万³mから、ダム1個分ぐらいですね。荒川第一調節池の約半分ぐらい以上が、この地域にこぼれたということになります。



(スライド18) 実は、江戸時代の堤防群が実は機能していたという例を紹介します。相上堤が江戸時代の1600年ぐらいですね。あるいはちょっと前に作られたと言われています。これが痕跡ですけども、ここに水をしっかりため込んで、下流の方に水が行かないようにしていたということが確認できます。

(スライド19) これが先ほどの川島領大囲堤の名残なんですけれども、ここに市野川の堤防ができてしまったので、ここはもう完全に二線堤になっています。これが、ここにある新江川という川の決壊した水を受け止め、かつこちらの都幾川で決壊した氾濫水がこう流れ込んできたのですが、その2か所の決壊を、江戸時代の堤防がこんなふうに受け止めたという形で、機能していたということになります。

こういうふうに、昔の堤防が、今、減災という意味で、実は機能しているような場所もあったということになります。

(スライド20) 現在におけるリスク、これ実は現在と言いつつ、2019年の出水が起きる前に計算していますので、2019年の再現ではないです。

確率規模200分の1で、昭和22年型の洪水で数値計算をしてみます。これはシナリオによって大きく変わります。いろいろなシナリオがあると思うのですが、HWLに達したら決壊するという仮定を入れ



ています。

今日お見せするのはこのシナリオなのですが、それ以外にも堤防を越水したら決壊するという仮定を入れたり、いろいろなことをやってみました。そうしますと、基本的には似たようなところで決壊するのですが、堤防が頑張るという仮定を入れれば入れるほど、決壊リスクのあるところは下流に移動してくると。要は上流が頑張ってしまうので、下流側の決壊が増えてくるということになります。

ここでお見せするのは、HWL破堤のシナリオのもので。

それから、あと内水氾濫も一部入れています。

(スライド21) シミュレーションした結果です。このような氾濫が途中で起きて、最終的にこうなると。決壊した地点がこの辺りですよと。シミュレーション上、決壊した地点がここですよと。それは明治43年と実は一部似ていますねという形になります。

● スライド20

2 2) (6) 現在における氾濫リスク:条件など

計算条件

- 1/200の昭和22年型洪水(雨の分布が昭和22年カスリーン台風のときのもので、降雨確率規模が1/200)で数値計算を実施してみる
- 計画高水位(HWL)に達したら、堤防が決壊すると仮定している。
- HWL以下でも破堤する可能性もあるし、これ以上の水位(余裕高、余盛含む)まで持ちこたえ、さらに水防活動で決壊を免れる場合もある。
- 埼玉県管理の和田吉野川や市野川は氾濫特性上重要なので組み込んである。
- 川島町内部の安藤川は、内水氾濫も荒川氾濫に先んじて起こることを示すためにいれている。

注意点

- すべての支川をいれているわけではない(入間川合流後の荒川に合流する鴨川や芝川は組み込んでいない)

● スライド21

2 2) (7) 氾濫リスク箇所とM43、2019実績の比較

潜在的破堤箇所とM43実績の比較

2019年台風19号の破堤(越辺川、都幾川、新江川)と場所はやや異なるが類似している。昔は支川そのもので破堤している箇所が多かったが合流点の改良で支川側ではなく合流点に移動したか

た。

2019年の東日本台風の際は、実はこの仮定したハイドロほど大きくないので、かつ荒川本川の流量が支川ほど大きくなかったということで、こちらの本川側のリスクはほとんど現れなかったわけですが、こちらの支川群側のリスクが現れた形です。ちょうど越^{おっべがわ}辺川のこの辺りとか、それから新江川のこの辺りとか、あるいは越辺川と都幾川の合流点付近です。この辺りとか、実は似たようなところで決壊、堤防を越流するというような予想をしていました。

ただし、2019年のときは、先ほど言いましたように、外水氾濫だけじゃなくて内水氾濫も混じっています。最終的にリスク情報を避難に役立てようとしたら、内水氾濫も含める必要があります。外水が危なくなってきた、いざ避難しようとしたときには、その地域の内水があふれていて、避難できない可能性もありますので、内水氾濫も同時にシミュレーションするような形が望ましいと考えています。

一部ここに入れているんですけど、この安藤川っていう小さな川に内水氾濫のメカニズムを入れているんですけど、同じようなことを、荒川全流域でやってみようというふうに、次は考えました。

(スライド22、23) 通常、こういう計算というのは、上流側に境界条件を与えて、下流にも境界条件を与えて、ある程度、助走計算というのをして、川の水位が安定してから、ハイドロを与えて、どこで

● スライド22

本日の話題(荒川流域での解析事例で話をする)

- はじめに
- 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
1) 荒川西遷前後の河川氾濫リスクの変化と大開堤や控堤の築造
2) 明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク
- 内水氾濫・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性
1) 気候変動も踏まえたうえでの将来リスク: 分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討
2) 解析グリッドより細かい支川群の取り込み: より実態に近づける
- 流域での減災方策
1) 現代において氾濫流制御をすれば
2) 内水氾濫、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ
- おわりに

あふれるかという計算をしています。実際には2019年のときに内水氾濫も起きました。埼玉大学の近くでも内水浸水が起きました。大学の校庭も、実はちょっと浸かりました。ということもありますので、内水も入れたいということになります。

(スライド24) どういうふうに計算をするかということですが、分布型モデルですね。よくある分布型のモデルとリンクしましょう。以前よくやられているのは、落水線という形で、水の落ちる方向を決めて、1次元的に計算したものをつないでくる計算方法なのですが、ここで行ったのは、河道の氾濫解析も、河道の計算も2次元でやっていますので、降雨流出モデルも、同じ差分式を使って一緒に計算できないかと考えました。ただし、タイムステップとか、ちょっと変えるのですが、基本的に同じ枠組みで計算しています。

ネスティングという方法を使って、大きな領域では、降雨から分布型モデルで2次元で計算して、河

道に集まってきたのが、細かい領域の河道の境界条件地点に入ってくる、そういう計算方法になります。

変更しているのは連続式で、雨を入れているというだけです。基本的には同じモデルで計算できないかということになります。

計算のグリッドをあまり小さくすると、非常に計算時間がかかるので、ある程度の大ききでやれないかということで、まずは150mグリッドぐらいで計算をしてみましょうということになりました。

(スライド25) これは特に落水線を決めたりなんかしているわけではなくて、この全流域に2019年の雨を時間的に降らせて、この150mサイズのグリッド網の中で自然に水が集まってきた計算になります。

そうしますと、この荒川本川は、結構河岸段丘とかが発達していて、川幅も広いので、実は結構それなりに集まってきて、この境界条件を与えている地

● スライド23

3. 内水浸水・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性 1) 気候変動も踏まえたうえで将来リスク：分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討 (1) 目的

1時間後 24時間後 48時間後

上流境界条件

荒川流域平面二次元河川流・氾濫流一体解析モデル (2DRFAモデル)

雨域特性と氾濫箇所との関係

支川の流量大→支川群で氾濫
本川の流量大→本川下流で氾濫

気候変動→境界条件上流の氾濫増加、内水氾濫増加

令和元年東日本台風の出水：支川の境界条件上流側で氾濫→気候変動によりその傾向は強まると考えられる

上流の氾濫や内水氾濫を荒川全流域で再現することを試み、既存モデルと分布型モデルのリンクを図る上での課題を把握する

● スライド25

3. 1) 分布型降雨流出氾濫解析モデル (3) 令和元年東日本台風の検証：最大浸水深

浸水範囲の検証

最大浸水深(m)

中流域までの河川網による水の集まりを定性的には表現

境界条件までの流出氾濫の再現を主体としているので、この計算では堤防を入れていない

護岸損壊箇所の検証

● スライド24

3. 内水浸水・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性 1) 気候変動も踏まえたうえで将来リスク：分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討 (2) モデルの構造

分布型降雨流出モデル：荒川流域全域を含む形 (150(m)メッシュ)

2DRFAモデル：荒川流域下流市街地中心 (50(m),10(m)メッシュ)

平面二次元モデルを使う。ただし連続式を修正。地盤高データは地形データのみで、グリッドサイズより小さな河道は一部(川島町の安藤川)のみで、上流域は現時点ではモデル化していない。赤枠の分布型モデルでは河川堤防は表現していない

● スライド26

3. 1) 分布型降雨流出氾濫解析モデル (4) 令和元年東日本台風の検証：浸水被害箇所との比較

最大浸水深(m)

- 葛川
- 合流部付近での浸水
- 新江川
- 飯盛川
- 九十九川
- 河川合流部(越水が生じた場所)で水深が大きい。浸水域が形成される。
- 越水による浸水の危険がある場所を再現することができたが、水の集まり方や氾濫まではこの解像度(150mグリッド)では表現できなかった

越流箇所

埼玉県資料を参考に作成

点の hidrograph が、大体同じようなものが出てきます。

ただし、一部有効降雨といいますが、荒川の貯留関数で使っている f1-RSA と同じようなモデルで、有効降雨だけを降らせた場合です。浸透を考慮していないのですが、ちょっと有効降雨で計算した場合でも、本川は近いものが出てきます。ところがこの支川群の方は、ちょっとなかなか課題がありまして、やっぱり支川流域の小さな河川の急峻な山で計算すると、このグリッドサイズでは少し課題があるということが分かります。

(スライド26) 実際に、こういうふうにな水が集まってくる計算ができて、浸水したようなところに水が出てきてはいます。しかし、まだまだちょっと水がたまりやすい場所とか、流れづらい場所とか、集まってこないとか、いろいろ問題があることが分かりました。

(スライド27) 護岸の損傷箇所なんかも、赤印のところで護岸が損傷しているのに対し、計算値は大きい値を示しています。しかし、逆は必ずしも真ならずというか、定量的に評価するには、荒川の支川ぐらいの急峻な山の土地を、150mグリッドで水を集めてくるといふ計算をすると、ちょっとまだ無理があるのかなということが分かります。

(スライド28) 一方で、荒川本川側では、こんなふうなプロットが実績で、線が計算結果なのですが、おおむね同じような hidrograph が出てきます。ですから、おそらく流域の規模に応じたグリッドサイズがあって、そういうのをうまく選択してやれば、集まってくる計算と、あふれる計算、川の計算、全部一緒に計算できるのではないかということが分かりました。

(スライド29、30) もう少し、じゃあその課題をどうするかということになります。こちら荒川の本

● スライド27

3. 1) 分布型降雨流出氾濫解析モデル
(5) 令和元年東日本台風の検証：護岸損傷箇所との比較

最大流速(m/s)
5
4
3
2
1

護岸がない場合
およそ2(m/s)の流速で堤防侵食
被害箇所は
約2-4(m/s)の流速
周辺よりは相対的に流速が大きい
が、定量的な値としては改善が必要
・グリッドサイズより小さな河道

河川施設被害
↓
決壊

埼玉県資料を参考に作成

● スライド29

本日の話題(荒川流域での解析事例で話をする)

- はじめに
- 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
 - 荒川西遷前後の河川氾濫リスクの変化と大園堤や控堤の策定
 - 明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク
- 内水湛水・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性
 - 気候変動も踏まえたうえで将来リスク: 分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討
 - 解析グリッドより細かい支川群の取り込み: より実態に近づける
- 流域での減災方策
 - 現代において氾濫流制御をしたら
 - 内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ
- おわりに

● スライド28

3. 1) 分布型降雨流出氾濫解析モデル
(6) 令和元年東日本台風の検証：流量 hidrograph (本川側)

7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0

時間(h)
0 12 24 36 48 60 72

- 本川側：植松橋や熊谷の荒川上流部では、計算結果と実績流量のピーク値、ピーク時刻の精度が高い。
- 支川側：下流側市街地や入間川や都幾川、越辺川などの支川群は、計算結果の流量が実績流量よりも少ない
・川幅が150 mに満たない場合に河床高が平均化され、河道がつぶれて観測点に水が集まらづらいことが原因だと考えられる。
・支川の規模に応じたグリッドサイズの選定。もしくは河道網のモデル化が必要

● スライド30

3. 2) 解析グリッドより細かい支川群の取り込み：より実態に近づける (1) 課題の再確認

● 既往研究・・・田中ら(2021)、荒川全流域における潜在的氾濫パターン気候変動影響による変化
・2つの解析モデルを組み合わせることで、荒川全流域にて氾濫解析

○ 解析範囲
ZDRFAモデル：荒川流域市街地中心(中、小領域)
分布型モデル：荒川全流域を含む形(大領域)

○ 本研究におけるモデルの特徴
ZDRFAモデル
・線的な解析(主に河川を対象にした氾濫解析)
・外水氾濫は表現可能、内水氾濫は表現できない
分布型モデル
・面的な解析(主に流域を対象にした氾濫解析)
・外水氾濫、内水氾濫ともに表現可能

荒川本川ではそれなりの精度が出るものの、入間川流域では精度が悪い
内水湛水・氾濫の危険箇所を把握するために、全ての領域で分布型モデルを用いて解析を行う必要あり

川側はいいのですが、こちらの支川群側がよくないということで、少し、この部分を改良しようという、次のステップを試みました。

(スライド31) この図はちょっと見づらいんですけど、これが実績に対して水があまり集まってこないんですね。なので、川の中にグリッドとは逆に、グリッドサイズよりも小さな川をモデル化して入れてみます。150mグリッドの中に流れている例えば10mの川をモデル化して入れてやるということを行います。そのときに、グリッドの一部を掘って、川の流れるところだけの割合をデータとして与えてやるということですね。それを荒川全流域に適用するということになります。

(スライド32) それを手作業でやっていたら大変なのですが、国土数値情報の河川データでは、河川のあるところがGISでデータ化されています。なので、あるソフトを使って、1、0ですね。河川のあ

● スライド31

3. 2)解析グリッドより細かい支川群の取り込み：より実態に近づく (2)小河川のモデル化

○既往研究ではLPデータ(5m)を平均化処理して、地形データを作成

- ・平均化処理により河道が薄れ、下流への水の流れを一部阻害
- ・荒川本川ではそれなりの精度が出るものの、入間川流域では精度が悪い
- ・内水・氾濫の危険箇所を把握するためには、河道を再現する必要あり

○空率率 θ (θ =川幅/グリッドサイズ)を用いることで、河道を再現

- ・グリッド1つ1つを非河川グリッドと河川グリッドに分類(国土数値情報「河川データ」で河川データを抽出)
- ・河川グリッドの場合、そのグリッドの標高を河床高まで下げる
- ・そのグリッドに空率率を適用させることで、川幅を再現

入間川流域 流量ハイドロ 解析結果

河道の再現方法

● スライド32

3. 2)解析グリッドより細かい支川群の取り込み：より実態に近づく(3)国土数値情報で小河川

- ・国土数値情報の「河川データ」を用いて地形データに河道網を追加する
※河川データはJGD2000で提供されているため、変換時注意

- ・河川データ「Stream.shp」の上に150mメッシュのグリッドを配置
- ・「ベクタ-調査ツール-フィールド計算器」を用いてグリッド(ラスタ)と河川データ(ベクタ)の共有部分を検知

・河川があるグリッドは1、ないグリッドは0として出力

るグリッドを1、それ以外は0として、河川の川幅とかそういうのは分かり得る限り入れて、グリッドよりも細かい、要はこのグリッドに降った雨をグリッドに入れて、グリッドのこの川の河道の部分で流すというような処理をモデルに組み込みました。

(スライド33) そうしますと、さっきよりちょっと改善されて、こういうところに水がぐっと流れ込んでくるのが計算できます。飯盛川の内水が起きたところ、それから葛川^{くずがわ}というところの内水、こういう内水がたまっような場所がおおむね出てきます。ただし、排水機場とかを小まめにモデル化しないとイケません。例えば吉見は大囲堤の名残の堤防が今あるんですけど、ここに樋門^{いもりがわ}があって、そこに排水機場があります。ちょっとそれをモデル化していなかったの、吉見もちょっと水がたまっています。そういう入れていない部分は精度が落ちます。

今見たのはこっち側の支川群の方なのですが、こういうところの水の集まり方と内水の湛水の仕方が、同じモデルで計算できる可能性があるかなというふうに思いました。

(スライド34) まだまだのところはあるのですけれど、こういう被害の箇所との関連も、もう少しモデル精度を上げるといけるかなというふうに見えます。

● スライド33

3. 2)解析グリッドより細かい支川群の取り込み (4)令和元年洪水の再現

- ・台風19号の浸水被害箇所と解析結果の最大浸水深を比較
入間川支川群の浸水被害が再現できたことを確認
ただし、吉見町の樋門の開閉や排水をモデル化していないため吉見でも浸水が生じている

荒川中流域における浸水範囲

入間川流域における浸水範囲 ※ が実際に浸水被害が生じた場所

最大[m]

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200

国土数値情報提供元：国土院

(スライド35) こういうふうにしても、ちょっとまだまだ問題があります。実績がこのオレンジなのですけど、計算が、青で出てきてしまいます。値としては非常に似ているのですけれども早くできてしまいます。粗度係数とか、それから有効降雨とかいろいろ問題はありますが、やはり本来は急峻な地形で、それをある程度計算の能力を考えて、平均化してグリッドで与えています。なので、その土地が持っていた凸凹の粗度情報というのが、必ずしもうまく計算上の粗度として反映されないようです。なので、本来はもっと凸凹しているものを、150m間で真っ平らみたいなので計算しますから、つるつるになってしまうんです、恐らく。なので、領域に降った雨を地形に沿って流し込んでくると、どうしても早く水が集まってきてしまうんですね。なので、ハイドログラフでもこんなふうに出水の立ち上がりが早くなるという計算になってしまいます。

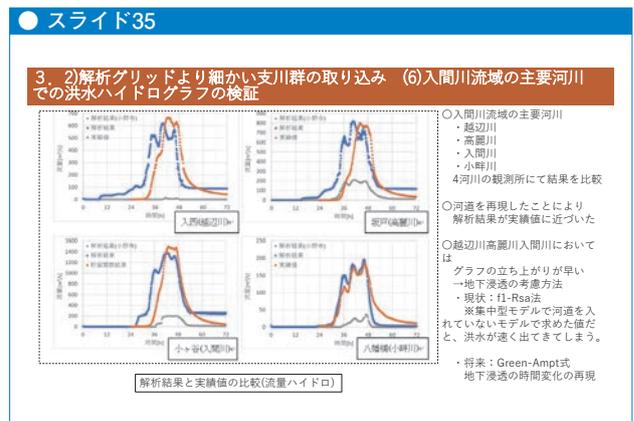
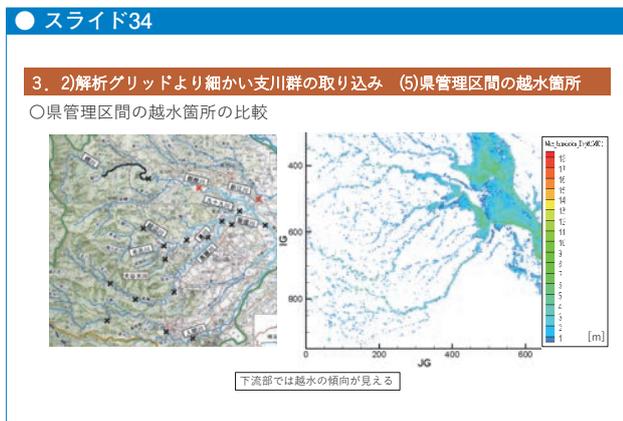
なので、こういう分布型モデルをつくる時に、要はどれぐらいの解像度でやるかというのに加え、モデルの設定に関する知見が得られます。一般的に氾濫計算で、こういう土地利用だったら、こういう粗度係数というのがあるのですけれども、例えば分布型で降雨が流出で集まってくるようなモデルに使うときは、1つは、実はグリッドに依存するような、ちょっと処理を変えて、例えば150mグリッドをつくる時に、その土地内の標準偏差がどれくらいだったとか、その土地内の凸凹情報なんかも加味し

て、粗度係数を少し変えてやる必要があるのかなと思います。

それからもう1つは、f1-RSA、荒川の貯留関数と同じ値を使った方が有効降雨モデルとしていいんじゃないかとして入れています。しかし、やっぱり貯留関数で決めているf1-RSAというのは、集中型モデルのここで評価したときのf1-RSAなので、各グリッドが全部その有効降雨では当然ないわけです。なので、どうしても流れてくる時間を考慮していないときのf1-RSAなので、これは分布型モデルで使うときの有効降雨モデルというのも実際じっくり考えていかないと、正しいものには恐らくならないのだろうということが分かりました。

あとは浸透も入れるという話になりますが、浸透を入れて例えばやるとすると、今度は検証地点がたくさんないと、計算で合っているかどうかというのが分かりません。実際に起きることが何なのか、外水氾濫と内水氾濫がどういう順番でどう起きるかということを知ろうとすると、同時に解析する必要があります。そういうのを改めてやってみると、河川が氾濫したときの知見はあるのですけれども、集まってくるときの面的な知見に関して、もう少し学術的にも研究しないといけないのかなという課題が少し見えました。

(スライド36) 次に、こういった外水・内水氾濫というのがある程度計算できるとしたら、減災方策を次に考えようということで、2つやってみ



ました。

(スライド37) 氾濫流制御って非常にタブーというか、あまり議論してこなかったものなのですけど、これをやってみようと思いました。そのきっかけは、先ほどの吉見領の大囲堤の中に、横手堤というのと大工町堤というのがあります。横手堤の上流側と下流側は、当然、土手の高さをめぐり争いの対象となるわけですね。その下流に大工町堤があるんですけど、こっちは低いんです。1mなんです。横手堤は2m以上、3m近くあった。横手堤はしょっちゅう水争議が起きている。争いが起きている。大工町堤でも全くなかったかということ、そうではないんですけど、あまりないんですね。むしろ、大工町堤の上流側と下流側の人と一緒に、この横手堤の上流側の人たちと争っていたということなので、この横手堤ぐらいの氾濫流制御をしちゃうと、非常に問題が大きいことがわかります。一方で、大工町堤ぐらいの低い堤防で、何か氾濫流制御してい

るのか、していないのか分からないぐらいのものであれば、問題は少ないのではないかとということも示唆しています。

氾濫シミュレーションなんかをしてみると、この横手堤は1時間から3時間の遅延効果があります。大工町堤は低いので、そんなにため込めないで、1時間程度なんです。相対的に効果は低いのに加え、最終的に、この後ろ側で湛水してしまっ、堤防の高さより水が上がってしまいますので、最終形状としての被害にあまり差が出ないんですね。

(スライド38) となると、氾濫流の流れを遅くする効果があっても、被害にそれほど差が出ないというような堤防になるのじゃないかということになります。この例のような事例はいいのじゃないかということで、ちょっと当時のシミュレーションの結果、例えば横手堤のところを見ると、上流側の水位を上げてしまっ、下流側はちょっと水位が低いんですね。だから、明らかに被害に差がついてしま

● スライド36

本日の話題(荒川流域での解析事例で話を)

- はじめに
- 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
 - 荒川西遷前後の河川氾濫リスクの変化と大囲堤や控堤の策定
 - 明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク
- 内水湛水・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性
 - 気候変動も踏まえたうえで将来リスク:分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討
 - 解析グリッドより細かい支川群の取り込み:より実態に近づける
- 流域での減災方策
 - 現代において氾濫流制御をすとしたら
 - 内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ
- おわりに

● スライド38

4. 流域での減災方策 1)現代において氾濫流制御をすとしたら
(2)水争議(江戸時代)の頻度差があった横手堤と大工町堤の比較:最大浸水深の差

横手堤
 ・上流側: 0.5~0.6m程度の堰上げ
 ・下流側: 0.1~0.2m程度の低下
 上下流での最大浸水深の差は最大で1.0m

大工町堤
 ・上流側: 最大0.3~0.4m程度の堰上げ
 ・下流側: 0.2~0.3m程度の低下
 上下流での最大浸水深の差は最大で0.6m

横手堤のほうが高さをめぐる水争議が頻発した。1m程度の控堤であれば、最終的な被害に差を与えず、湛水開始に差をもたらすことができるのではないかと

● スライド37

4. 流域での減災方策 1)現代において氾濫流制御をすとしたら
(1)水争議(江戸時代)の頻度差があった横手堤と大工町堤の比較:浸水開始時刻の差

横手堤
 ・上流側: 早まる
 ・下流側: 1~3時間の遅延効果

大工町堤
 ・上流側: 早まる
 ・下流側: 全体的に1時間程度の遅延効果

● スライド39

4. 流域での減災方策 1)現代において氾濫流制御をすとしたら
(3)破堤点と阻害線位置によりどのような変化が生じるか(川島町):計算条件

阻害線位置 (1mと3mの2ケース×阻害線6種類)

想定破堤位置 12か所(計算上リスクが高いのは2, 4, 5, 12あたり)

洪水タイプ: S22型 (1/200)

破堤条件: 破堤箇所No2の破堤時刻で統一(計算開始から116712s後)
 破堤箇所No1~12以外で越流により氾濫流が川島町に流れ込んでくる堤防は、破堤せず越流とする(各ケース川島町に関する破堤箇所は1つ)
 川島町に関係ない箇所の破堤については、通常の越流破堤

う。拡散していく途中だからです。

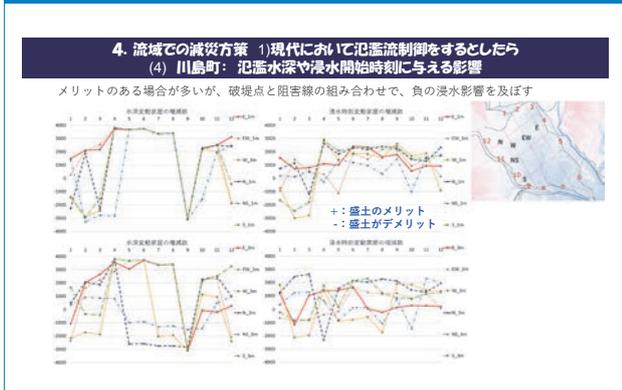
大工町堤は、この下に吉見大囲堤があって、湛水する場所です。湛水するような場所で、障害線というか、堤防があると、浸水を送らせるのだけど、最終的な浸水深はほとんど差がないんですね、上下流側で。なので、ある程度拡散はするのだけど、湛水型のようなところに低い障害線をつくれば、浸水を遅くし、かつ最終形状にそんなに差を与えない、先ほど言いましたけど、そういうのはあり得るのではないかということを考えてみました。

(スライド39) じゃあ、川島ですね。これは、まさに今、大囲堤状態になっているわけです。先ほど言いましたように、歴史的には、ありとあらゆるところが決壊をした過去を持ちます。こういうところに、洪水のときに水に浸かりづらい道路を造ると、かつ、避難に役立てたいみたいな話が、もしあったとして、じゃあそれが氾濫域に悪影響を及ぼさない、いや、むしろいい影響を及ぼす、そういう解はあり得るのかということを試してみました。

この道路の方向を簡略的に、こういう向きと、こういう向きで、6種類ですね。6種類の道路で、それぞれの道路において、12個の破堤シミュレーションをして、どれだけメリット、デメリットが現れるか、障害線ごとに確認してみたということになります。

(スライド40) そうしますと、こちらが障害線

● スライド40

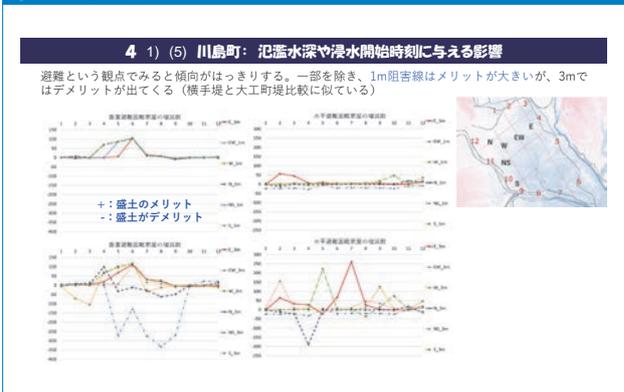


の種類で、これは1mの場合、こちらが3mの場合です。破堤点によって、同じ道路でも、破堤点によって、影響の出方が異なります。プラスがメリットある方です。浸水深が減るとかいう話です。こっち側のゼロより上がメリット側、マイナスがデメリット側で、浸水家屋数とかそういうのを見ると、浸水時刻の変動とかを見ると、非常にいろいろなことがあって、メリットもデメリットも分離しづらいわけです。

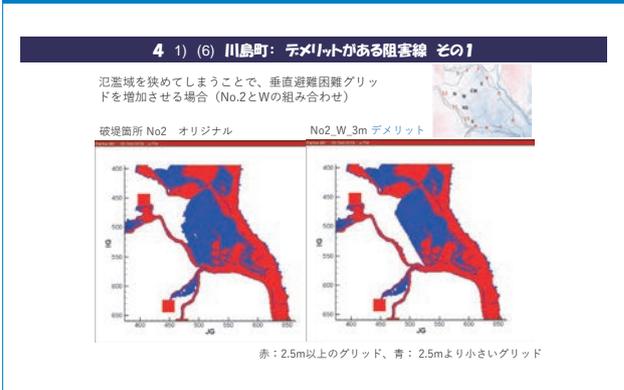
(スライド41) ところが、その障害線があることによって垂直避難が困難になる、あるいは水平避難が困難になる家屋がどれだけあるのかということシミュレーションしますと、1mのときは、少なくとも、垂直避難に対してあまり悪さをしない。水平避難に対しても、あまり悪さをしないということが見えてきます。

(スライド42、43) もともとこうだったものに、こういうふうに障害線が入ると、一部こういうとこ

● スライド41



● スライド42



ろの浸水深を上げてしまうので、デメリット側になるとか、こういうふうになってデメリットを与えるとか、そういうのを一個一個調べていくわけです。

(スライド44) 例えば、こういうところが決壊したときに、この障害線はメリット側に働くけれども、その内側で破堤したらデメリットですよ。

(スライド45) こういうのを一覧表にしてみました。そうしますと、1mの障害線というのは、基本的には垂直避難に関しては、デメリットはあまりもたらさない。低いですから、2階建ての2階の浸水深に影響を与えるような悪さはしないわけですね。だから、垂直避難に対するデメリットは、1mであればない。ところが、3mの障害線であれば、少し影響を与える可能性があるよと、こういうのがデメリットになってくるわけです。

なので、まず垂直避難的には、低ければあまり悪い影響を与えない。水平避難でも、避難時間を稼ぎ

ますから、メリット側に働きます。ところが3mだと浸水深を上げてしまうので、デメリット側に働くものもあるよということになります。

こうやって全部を整理してみますと、基本的に、1mはあまりデメリットがなくて、垂直避難、水平避難でメリットをもたらす可能性のあるものが存在するというような形になります。

(スライド46) なので、これはここに道路を造ります、造った方がいいですよという推奨ではなくて、こういう考え方で、例えばあまり避難上のデメリットをもたらさず、避難時間に余裕を与える道路の向きはどうかとか、どういう道路があったらメリットを引き出せるかというようなことを検討しておくというのではないかなということですね。この赤い線であれば、この1から12の破堤点に対して、あまり悪さをもたらさないということが、このシミュレーションでは見えたということです。

● スライド43

4 1) (7) 川島町: デメリットがある障害線 その2

氾濫域を狭めてしまうことで、垂直避難困難グリッドを増加させる場合 (No.8とNSの組み合わせ)

赤: 2.5m以上のグリッド、青: 2.5mより小さいグリッド

● スライド45

4 1) (9) 川島町: メリット・デメリット一覧表

No.	東向き				西向き			
	1m	3m	NS	EW	1m	3m	NS	EW
1								
2				W	E	EW		E
3				W	E	EW		E
4	NS		NS				NS	
5	NS		EW	NS			S	NS
6	NS		EW	NS			E	NS
7			NS				E	NS
8			NS				E	NS
9			NS				W	NS
10			NS				W	NS
11							S	E
12					W		W	

- ・家の増減が±50以上をメリット、デメリットとしている
- ・路線にメリットのみ、デメリットのみ作用しているものを表している
- ・1mの障害線は、デメリットは少なく、垂直避難、水平避難においてメリットをもたらす可能性があることが分かった。(低い道路盛土活用の可能性)
- ・3mの障害線は氾濫箇所によって、メリット・デメリットが混在する線、メリットのみの線が存在した。:3mの場合においてもメリットが多い線は、密集した市街地で低い箇所を横断するような線の場合であった。

● スライド44

4 1) (8) 川島町: メリット・デメリットの事例

● スライド46

4 1) (10) 川島町: 総合的に有利な障害線位置: 浸水被害の減災も可能な浸水しづらい新たな避難路

垂直避難、水平避難を総合的に考えたときに、有利な障害線 (1mでも3mでも)
※その他の指標も考慮する必要がある

(スライド47、48) それからもう一つ、ソフト的な話をちょっとしたいと思います。

今、ハザードマップが公開されています。どんどんいろいろなマップが出てきますが、防災に詳しくない住民の方から見ると、情報が有り過ぎると。さて、どうしたらいいのか、自分はどの行動したらいいか、なかなか見えないと思うんですね。

なので、取りあえず、既存のマップを重ね合わせたら何が分かるか。もちろん、想定している規模の雨が違いますし、いろいろ条件の違いがあるのですけれども。ただし、多くの場合は内水被害が先に起きて、その後、国が管理するような河川の氾濫が起きることから、その持っている情報をちょっと重ね合わせてみましょう。

(スライド49) そうすると、例えば家屋倒壊危険ゾーンは、本当は避難しなきゃ駄目ですよ。それから、内水で浸水しても、床下ぐらいだったら避難できる地域ですよ。内水でも身長より深く

になってしまうようなところは、いざ外水氾濫のときに避難できませんよねというようなことを、条件分けて重ね合わせます。そうすると、実は、この内水の新河岸川のはざードマップと、荒川・入間川のハザードマップの持っている情報は、避難の話に関連して、床上なのか床下なのか、家屋倒壊ゾーンの内側なのか、外側なのか、それぞれのマップにおける垂直避難が可能なのかと、こういうのを組み合わせると、ないところもあるんですけど、全部で12種類出てくるんです。実は、既存のハザードマップだけでも12種類のリスクの違いというのが見えてくるんですね。

(スライド50) それぞれの対象としている雨が違います。例えば、200ミリぐらいの雨が降ったとき、それから500ミリぐらいの雨が降ったときに対して、どういう地域はどういう状態で水平避難すべきなのかとか、どういう状態で、もう避難できないので、垂直避難すべきなのかとか、そういうのが見

● スライド47

本日の話題(荒川流域での解析事例で話を)

- はじめに
- 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
 - 荒川西進前後の河川氾濫リスクの変化と大圏域や控境の策定
 - 明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク
- 内水湛水・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性
 - 気候変動も踏まえたうえでの将来リスク:分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討
 - 解析グリッドより細かい支川群の取り込み:より実態に近づける
- 流域での減災方策
 - 現代において氾濫流制御をするとしたら
 - 内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ
- おわりに

● スライド48

4. 流域での減災方策 ②内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ (1)川越市の公開資料で検討した場合

荒川・入間川流域洪水HM
荒川流域: 3日間雨層632mm
入間川流域: 740mm
外水氾濫による被害

新河岸川洪水HM
2日間雨層332.6mm
内水氾濫による被害

(+内水HM)

川越市が公開するハザードマップ2種

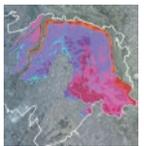
GIS上でデータ化

重ね合わせ
浸水パターンで分類

自分の住む地域はどの河川のどのような影響を受けるかを明らかにする
(同じ降雨条件ではないが、水路(内水湛水) -> 県管理(新河岸川) -> 国管理(入間川)の順番に起こる)ような浸水を想定し解析

● スライド49

4. 流域での減災方策 ②内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ (2) 浸水状況による分類



分類	家屋倒壊危険ゾーン		浸水被害			
	内	外	荒川・入間川 3m~ 床下	新河岸川 床上	床下	なし
Z-O3-OF	○	○		○		
Z-O3-UFB	○	○				
Z-O3-NF	○	○				○
Z-U3-OF	○	○				○
Z-U3-UFB	○	○				○
Z-U3-NF	○	○				○
NZ-O3-OF	○	○	○	○	○	○
NZ-O3-UFB	○	○	○	○	○	○
NZ-O3-NF	○	○	○	○	○	○
NZ-U3-OF	○	○	○	○	○	○
NZ-U3-UFB	○	○	○	○	○	○
NZ-U3-NF	○	○	○	○	○	○
NZ-UFM-OF	○	○	○	○	○	○
NZ-UFM-UFB	○	○	○	○	○	○
NZ-UFM-NF	○	○	○	○	○	○

①家屋倒壊危険ゾーン(内Z/外NZ)
②外水氾濫による浸水深(3m~O3/床上U3/床下UFM)
③内水氾濫による浸水深(床上OF/床下UFB/なしNF)

海野瀬ら(2020)

● スライド50

4. 流域での減災方策 ②内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ (3) 取るべき避難行動

分類	取るべき避難行動	荒川・入間川流域、新河岸川のハザードマップを複合的に考慮すると、川越市内の浸水被害予想は12種類に分類され、それぞれの地域で住民が取るべき避難行動が異なる
Z-O3-OF	内水被害が生じる前、現在はACFCが予想された段階で水平避難	荒川・入間川流域、新河岸川のハザードマップを複合的に考慮すると、川越市内の浸水被害予想は12種類に分類され、それぞれの地域で住民が取るべき避難行動が異なる
Z-O3-UFB	新河岸川の状況に応じて、Cが予想された段階で水平避難	
Z-O3-NF	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で水平避難	
Z-U3-OF	内水被害が生じる前、Aが予想された段階で水平避難	
Z-U3-UFB	新河岸川の状況に応じて、Bが予想された段階で水平避難	
Z-U3-NF	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で水平避難	
NZ-O3-OF	内水被害が生じる前、現在はACFCが予想された段階で水平避難	
NZ-O3-UFB	新河岸川の状況に応じて、Bが予想された段階で水平避難	
NZ-O3-NF	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で水平避難	
NZ-U3-OF	内水被害が生じる前、Aが予想された段階で垂直避難	
NZ-U3-UFB	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で垂直避難	
NZ-U3-NF	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で垂直避難	
NZ-UFM-OF	内水河川(新河岸川、川越江川)の状況に応じて、垂直避難	
NZ-UFM-UFB	想定外の場面に備える、状況を見て垂直避難	
NZ-UFM-NF	想定外の場面に備える、状況を見て垂直避難	

①家屋倒壊危険ゾーン(内Z/外NZ)
②外水氾濫による浸水深(3m~O3/床上U3/床下UFM)
③内水氾濫による浸水深(床上OF/床下UFB/なしNF)

海野瀬ら(2020)

えてくるということです。

もちろん、これは早期に水平避難するに越したことはないのですが、取り残されてしまった場合も含めて、最低限これをしなきゃいけないよというようなものが、こういう色分けで見えてくるということになります。

(スライド51) この色分けで見えてきたものに、人口とかを掛け合わせてみると、リスクに応じた人口分布がでます。絶対、水平避難をした方がいいですよという人が6万7,000人とか、水平避難を推奨するけど、いざというときは垂直避難でもよい地域の方が同じくらいいますよと。一方で、洪水時の避難収容人数とかを見ると、不足していますねとかいうのが見えてきます。実際のまちの避難所の収容人数との関連で、絶対に水平避難しなきゃいけないよという人の人数との関連で、こういうのが見えてくるということになります。

(スライド52) これをもう1つ、実際のシミュレーションでもやってみました。

氾濫解析と、避難解析で重ね合わせる。これは先ほどの公開されているものではなくて、川島でやってみました。川島町は、今、ハザードマップでは町外避難を推奨していて、町の外に避難してくださいというのですが、これ見て、さあ具体的にどういいう行動したらいいかって、なかなか見えません。なので、もう少しこれを分かりやすい何かにできないかということですね。

(スライド53) 道路網をリンクとノードを決めて、実際に避難シミュレーションなんかをして、避難できるか、できないか。

(スライド54) それをシミュレーションしてみると、こんなふうに、この地域であれば避難所に移動するか、または建物の2階以上に避難するという。あるいは、この青の地域だと、最大浸水深との

● スライド51

4. 流域での減災方策 ②内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ (4)避難可能人数と零避難人口

水平避難：避難所
垂直避難：自宅等or避難所

指定避難所は地震時の避難
(最大30,545人)を想定
→ 洪水時の避難所不足

項目	人数(人)
川崎市 総人口	350,745
水平避難が必要な地域 人口	67,567
垂直避難でもよい地域 人口	67,245
指定避難所収容人数(総数)	31,940
指定避難所収容人数(洪水時)	23,600

134,812人
人口の半数が要避難者

海野瀬ら(2020)

● スライド53

4. 2) (6)避難解析モデル:避難方法

時系列の浸水データで、各家屋から避難所への避難経路を解析し、避難できるのかを検討

避難速度
・ 要介護者の歩行速度0.5m/s

避難開始
・ 外水氾濫発生時刻(緊急時)
・ 氾濫危険水位の到達時刻(避難勧告発令時)

避難経路
・ 実際の道路網(ノード、リンク)
・ 避難所と最短距離に位置するノードを選択
・ 浸水しているノード、リンクは回避する

避難所
避難できる避難所がないときは
水平避難困難とする

● スライド52

4. 流域での減災方策 ②内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ (5)川島町で歩行避難を考慮した場合

川島町の洪水ハザードマップでは、町外、4方向への避難を推奨している

(1)氾濫解析
・ 浸水深の時系列データ
・ 最大浸水深

(2)避難解析
・ 歩行による避難解析結果
⇒ 避難所配置の違いによる避難可否への影響把握
・ 自動車による避難解析結果
⇒ 町外への避難可否を把握

(3)浸水リスク評価
・ リスクマップの作成
⇒ (1)氾濫解析結果
(2)避難解析結果の重ね合わせ

内水浸水や町外の浸水を考慮すると
荒川左岸方向以外は、
条件によっては危険性を伴う場合がある。

<https://www.town.kawasumi.saitama.jp/1573.htm>をもとに作成

● スライド54

4. 2) (7)水平避難、垂直避難、家屋倒壊、緊急避難:どうするのがベストか? 歩行避難のみを考慮した場合

浸水深+家屋倒壊危険ゾーン+歩行避難可否で分類
⇒ 町外への自動車避難は未考慮

避難所への歩行避難可否を考慮

区分	分類基準	推奨される避難行動
赤	水平避難可能かつ最大浸水深3.0m以下	避難所または建物の2階以上に避難
橙	最大浸水深3.0m以下	建物の2階以上に避難
黄	水平避難可能かつ最大浸水深3.0m以上	避難勧告がたらせながら避難所に避難
青	最大浸水深3.0m以上	避難勧告がたらせながら避難所に避難
緑	家屋倒壊危険ゾーン	緊急に避難所に避難

出典：小内ら(2021) 観測値の相違による浸水特性を考慮した避難解析にもとづく地域に特化した避難手法分類

関係で、避難指示が出たら速やかに避難しなきゃいけない。特にこの濃い水色の人は、すぐ避難しないと実は非常に危険ですというのが見えてくるということです。同じ町の中でも、大きな違いが見えてくるということになります。

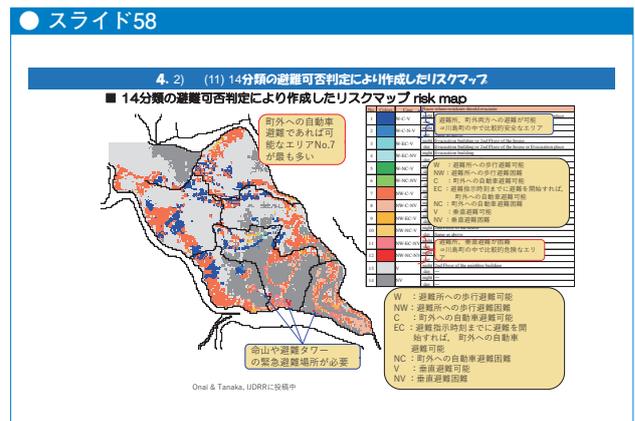
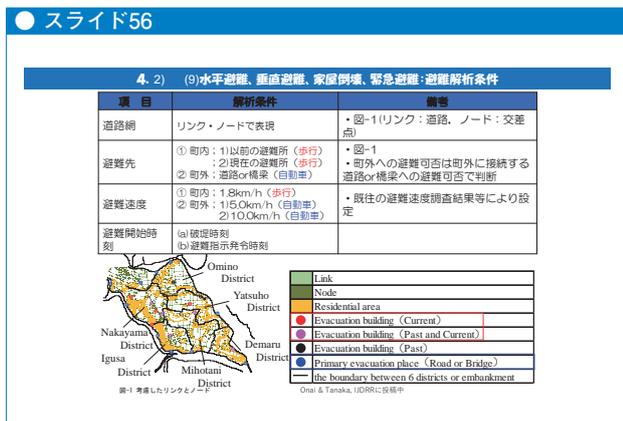
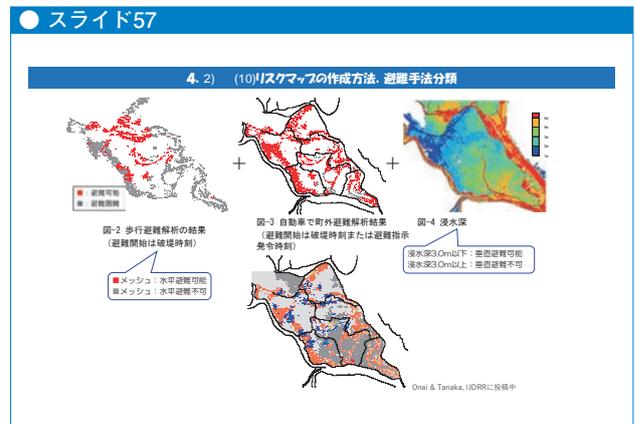
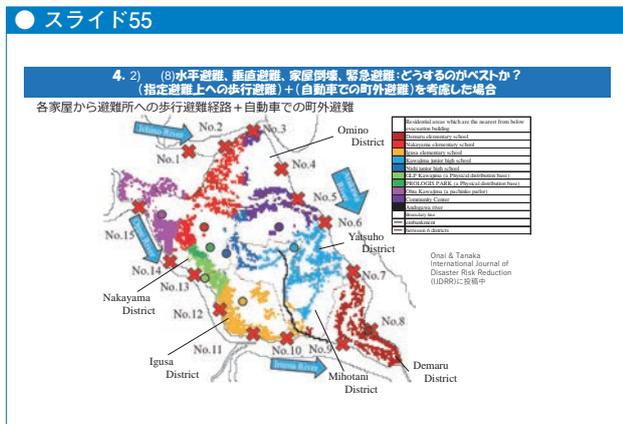
(スライド55、56) それから、もう少しそれに道路避難なんかを加えたらどうなるかということを確認してみました。町外に避難するという、町が推奨している行動なんかも含めて重ね合わせをしてみると、詳細を説明する時間がないのですが、これが歩行避難の結果と町外避難の結果と、それから浸水深の結果ですね。

(スライド57、58) これを重ね合わせると、こんなふうな、場所による差がでてきます。早く避難すれば、青いところは避難所にも町外にも、どちらも大丈夫ですよ。例えば、特にこの辺りの赤い地域は、非常に危険である。というのは、ここに内水

河川があって、先に氾濫して道路が通れなくなる可能性のある場所です。道路網との関連で、実はかなり早く避難しないと危険ですよみたいな、地域におけるリスクの差が、避難という観点で見えてくるということになります。

(スライド59) 時間的にも終わりですから、最後に、ここに書いてあるので、読んでいただければと思いますが、リスクを可視化しました。

(スライド60) それで、過去の西遷前と西遷後ですね。西遷後は、明治43年、昭和22年、似ています。将来気候の話はしませんでした。実は、西遷前後、両方同時に現れるような結果になります。それから、内水氾濫と外水氾濫をやはり同時評価することが必要で、まだまだ少し改良点があるんですけども、同時解析によって本当の氾濫実態に迫っていくことが必要ではないかということになります。実態に迫れば、減災対策のハード的な対策とし



て、町の構造をどうするかとか、避難所の位置とかが議論できます。あるいは地域の持つ避難リスクを可視化する。つまり、今の浸水深だけの情報ではなく、あなたはどのような行動をするべきなのかというのが見えるようなリスクマップがつくれるかもしれないというようなことも、お話ししました。

(スライド61、62) ちょうど時間ですので、これで終わりたいと思います。

どうもありがとうございました。

司会 田中先生、ありがとうございました。

<質疑応答>

司会 それでは、少し時間が限られておりますけれども、ご質問等ありましたらお願いいたします。

ないようでしたら、すみません、まず私から1つだけよろしいですか。

川島町で、障害線を入れて1m。1mであればあまり影響がないというお話が、最後のまとめにもありましたけれど、流域治水を各地域で進めていくときにどういうふうに関係形成していくのか。要は、リスクが増える方もいれば減る方もいるということだと、なかなか合意形成が難しいと思います。これは1mであればメリットが大きい、メリットだけが大体占めるといってお話でしたけれども、こういうことを住民の方々にご説明していくときに、何か注意する点とかはありますか。

田中 江戸時代のように、いろいろな権力の差とか、いろいろなものがある時代であっても、争いが起きたということなので、少なくとも住民は、デメ

● スライド59

本日の話題(荒川流域での解析事例を話す)

- はじめに
- 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
 - 荒川西遷前後の河川氾濫リスクの変化と大圏域や境域の策定
 - 明治以降の災害、令和元年東日本台風の影響、現代の氾濫リスク
- 内水氾濫・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性
 - 気候変動も踏まえたうえで将来リスク:分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討
 - 解析グリッドより細かい支川群の取り込み:より実態に近づける
- 流域での減災対策
 - 現代において氾濫流制御をするとしたら
 - 内水氾濫、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ
- おわりに

● スライド60

5 おわりに

- 氾濫リスク
 - 荒川西遷前後における氾濫リスクの変化を示した。江戸時代における氾濫リスク箇所がM43、S22の決壊による浸水カ所と類似していることを示した。令和元年東日本台風による浸水はそれらのリスク箇所の1つである支川群で生じていた。将来気候における豪雨において、氾濫リスクは西遷前後のパターンが同時に現れる。
 - 関連して敷設された堤防が、近代改修後も現存している堤防が、令和元年東日本台風時における減災に貢献していたことを示した
- 内水氾濫と外水氾濫の同時評価
 - 150mグリッドの分布型モデルでは、人間川流域では小支川群からの流入量を評価するのが難しい一方で、荒川本川は精度の高い結果が得られた。
 - 空船率を設定することで、グリッドより細かい支川群を取り入れることで、流出量精度が格段に高まった。
 - 氾濫解析または分布型モデルに対応した有効降雨モデルの改良で、全流域の内水、外水氾濫の同時解析の精度向上が見込まれる。
- 減災対策:ハード的対応として道路構造、ソフト的対応として避難行動を示唆するリスクマップについて検討
 - 1)堤防設置(氾濫流を阻害する線:阻害線)による氾濫流制御の可能性を実際の街構造において検討した(川島町)。1mの阻害線は、江戸時代の事例研究で水争論があまり発生していなかったが、現在の川島町においてもデメリットは少なく、垂直避難、水平避難においてメリットをもちやす可能性があることが分かった。(低い道路盛土活用の可能性)
 - 2)避難リスクの可視化手法について事例を紹介した。既存のHMの重ね合わせでも12分間。歩行や自転車による避難シミュレーションでも、地域により推奨すべき避難行動が大きく異なることを示した。

● スライド61

参考文献

ご清聴ありがとうございました

謝辞: 文部科学省による複数の学術研究プログラム(「創生」, 「統合」, SI-CAT, DIAS) 関連携および地球シミュレーターにより作成されたd4PDFを使用した。
本研究の一部に国土交通省技術開発助成制度・地域課題分野(河川)の予算を使用した。
資料準備に埼玉大学大学院、五十嵐善哉助教、博士課程学生・小内亮氏、修士課程学生・唐木結也氏の協力を得た。記して敬意を示します。

本資料の基となっている論文
梶谷勇人、田中規夫、荒川西遷前における荒川流域の潜在的氾濫特性について、第46回土木学会関東支部発表会 II-71(CD-ROM), 2019。
海野清純、田中規夫、五十嵐善哉、伏見健吾、堤防の浸透破壊を考慮した河川氾濫解析による荒川流域の潜在的氾濫リスクの評価、令和2年度土木学会全国大会 第75回年次学術講演会、II-148 (DVD), 2020。
田中規夫、小野祐祐、五十嵐善哉、米沢拓実、天井洋平、小川貴之、荒川全流域における潜在的氾濫パターンへの気候変動影響による変化、土木学会論文集B1(水工学) Vol.77, No.2, 1493-1498, 2021。
小内亮、田中規夫、伏見健吾、五十嵐善哉、破壊点の相違による氾濫特性を考慮した避難解析にもとづく地域に適した避難手法分類、土木学会論文集B1(水工学) Vol.77, No.2, 11513-11518, 2021。
Onai A., Tanaka N., Classification of appropriate resident evacuation behaviors with different simulation flood inundation patterns in an area surrounded by a ring levee, Int. J. Disaster Risk Reduction (投稿中)

● スライド62

参考文献

参考文献

- 荒川 自然、荒川総合調査報告書1、埼玉県、1987。
- 吉地図をみる、埼玉県立文書館編、埼玉新聞社
- 大塚一男、近世における荒川中流域の水害と治水 一吉見領と川島領を中心に、埼玉県教育委員会長期研修報告、1985。
- 小野文雄、埼玉県の歴史、山川出版社、1970。
- 川島町史、地誌編、2004。
- 本間利利、関東部史。
- 日本の川と河川技術を知る 一利根川一、土木学会水工学委員会
- 荒川 その水と心、朝日新聞流通和局編、朝日ソノラマ
- 形の川研究会、埼玉県内に残る旧堤の調査研究、平成12年度河川整備基金助成事業報告書、2001。
- 形の川研究会、埼玉県内に残る旧堤の調査研究報告書、2002。
- 形の川研究会、水防拠点としての「鎮守の森(水塚)」の保全に関する調査研究、平成21年度河川整備基金助成事業報告書、2010。
- 田中修三、Landsat の捉えた埼玉県川島町の地理的特徴への水理学的考察、日本リモートセンシング学会誌、1992、12:2: 157-167。
- 青木実史、群柳町誌、荒川流域における水害・水塚を備えた屋敷の立地状況とその空間変容に関する研究、日本建築学会計画系論文集、2015、80.710: 851-861。
- 松浦茂樹、松尾宏、水と開く地域と人々 一利根川・中条堤と明治43年大水害、きたま出版会、2014。
- 高崎直樹、洪水、天に湧く、講談社、1997。
- 須賀良三監修、利根川研究会編、利根川の洪水、山海堂、1995。
- 田中規夫、荒川西遷の背景と荒川中流域の洪水氾濫特性に与えた影響、河川、2017。
- 田中規夫、荒川西遷以後の荒川中流域の洪水氾濫特性の変化—川島町を例として—。
(http://www.japanriver.or.jp/kataru/kataru_report/pdf/no190_resume_20161206.pdf)、第190回「河川文化を語る会」(http://www.japanriver.or.jp/kataru/kataru_no190.html)、2016.10.26

リットが生じるというのは全く受け入れないと思うんですね。

ただし、先ほどのような形で、阻害線が下流にあっても、家まで到達する時間は変わらないということですね。破堤して、低ければ、その堰上げがあったとしても、もちろんちょっと水位が高くなるのですけれど、要は、同じ床上です。その辺の合意は難しいのかもしれませんが、少なくともいろいろな場所が破堤する可能性があるようなところだと、こちらの破堤点に関してはもしかしたら少しデメリットがあるかもしれないけど、こちらだとメリットがあって、少なくとも避難所に行く時間は、今より1時間稼げますよと。そういうのを丁寧に見せていくことで、何かそういう町の作り方というもの、先に進められるのじゃないかなという気はしています。昔に比べて、例えば利根川の氾濫は、前よりかなり、2日間ぐらい早く来るんじゃないかとか言われていますよね。それは都市化で粗度がつる

つるになっているからなんですね。逆の面では、こういう阻害線を実は意識せずに高くつくっている道路もあるわけですよね。そういうのがうまく氾濫流のスピードを弱めたりしますが、意識せずに氾濫流を変えてしまっている。場合によってはそういうのを意識しつつ、メリットが生じるようなものはどこかというのを探って、合意形成に持っていくというのも、避難という観点ではそうなるのではないかなと思います。

合意において非常に難しい問題が伴うということは、重々私も承知しております。

司会 ありがとうございます。

ほかによろしいでしょうか。

それでは、また、一番最後に、全体を通して質疑の時間を設けさせていただいておりますので、そちらの方でまたご質問いただければと思います。

それでは、田中先生、ありがとうございました。



河川・ダム管理における 洪水予測の利用に向けた技術開発

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水環境研究官 川崎 将生 氏

川崎 ご紹介ありがとうございます。国総研の河川研究部、水環境研究官の川崎と申します。

本日は、このような機会をいただきまして、誠にありがとうございます。

(スライド1) 本日、私がお話したいのは、「河川・ダム管理における洪水予測の利用に向けた技術開発」ということでして、ここで言う洪水予測というのは、いわゆる実時間洪水予測。そのお話です。

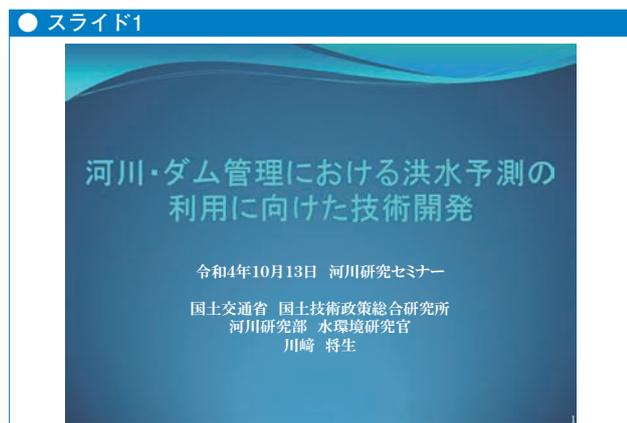
本日のセミナーのテーマは「流域における水害リスクの実態をどう読むか」ということですが、この実時間洪水予測というのは、皆さんご承知のとおり、直前、目前に迫りくるリスクを計量して、それについてどう賢明な選択・判断をしていくか。リスクを読む技術開発ということですね。それについて話をしたいと思います。

冒頭、(河川財団) 関理事長から、技術開発はどんどん進んでいってしまうというお話がありました。この実時間予測についても「まあ当たらないからいいでしょう」というような感覚で結構長らくき



たような気がします。最近、計算機技術がどんどん進んでいって、言ってしまうと、使う側、情報を使う側の都合をほぼないがしろにしたような格好でどんどん技術開発が進んでいる。そういう分野でありますので、やはりちょっとこの技術開発の動きというのをキャッチアップしておいた方がいいのではないかとということで、本日こういう話題にさせていただきました。

(スライド2、3) いきなり「国総研発足20年」



ということで、国総研、20歳を過ぎましたということ
です。

この20年、先ほどちょっと触れましたけれど、随分
激動の20年だったなというふうに思います。そう
いったことで、『国総研20年史』ということで、国
総研20年のいわば象徴的な各分野の研究をこのよ
うな格好で取りまとめて、発刊させていただいたこ
ろです。ぜひご覧いただきたいと思いますが、この
『国総研20年史』は「強」「用」「美」ということ
で分野を分けて、いろいろな、代表的な研究をまと
めています。この赤字をつけたところが、私たち
河川研究部の代表的な研究です。やはりこの20年
では、2011年の東日本大震災に絡む耐震の関係である
とか、津波の話。それから何といたしましては気候変
動に関する話。こういう話がやはり上がってきてい
るわけでありまして。

私、この20年で国総研に10数年おまして、気候
変動とか、それから今日お話しいたします洪水予測
であるとか、そういうことに携わってまいりまし
た。『国総研20年史』でいうと「洪水の把握・予測
手法の高度化」というところを書かせていただきま
したけれど、これもぜひお時間があればご覧いた
だければと思います。

(スライド4) それで、もうこれも皆さんよくご
存じだと思えますけれど、流域治水ということで、
従来からやっております堤防整備等の、氾濫をでき
るだけ防ぐための対策というのを加速していきま

しょうということと、それから、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
めの対策というようなことを加えて、流域全体で治
水に取り組んでいこうということ。次にお話し
いただく(国総研 水害研究室)井上室長は、スラ
イド右側に挙げた対策について示唆に富んだ話をし
ていただけたと思いますけれど、私はどちらかとい
うと、この左側の対策についてです。

(スライド5) 一級水系の下流、治水基準点上流
域の平均雨量の年最大のデータを、統計解析とい
うかトレンドの解析をいたしますと、109水系のうち
20数水系、あるいは治水基準点でいいますと、148
地点のうち34地点で右上がりのトレンドが有意に検
出されるというような状況になってきております。
このMann-Kendallの統計解析に詳しい方は分かる
と思いますが、あまりそういう意味では検出力が強
くないのですけれど、そんな中でもこれだけ検出さ
れるということは、もう既に安全度が下がってきて

● スライド3

国総研20年史

国1を無視せず、国民の心の中に取り込まれる研究

- 東日本大震災を契機として国総研で取り組んだ調査・研究
- 平成28年熊本県への復旧支援・災害復旧現場への研究
- 堤防の設計
- 下水道施設等の調査と対策の高度化
- 川の崩壊及び河川更新
- ハード施設への留意を促した統合的治水対策
- 道路構造物の防災・減災・危機管理
- 建築構造の安全・安心の確保
- 住宅の建設的対策
- 都市部周辺の安全性向上
- 港湾施設等の設計技術の高度化
- 空港土木施設の調査・実証等の整備
- 気候変動を見据えた国土計画の立案に向けて
- 防災対策を促した水害防止対策の促進
- 土砂災害対策及びその地質調査を支援する技術の確立
- 河川調査等の大規模土砂災害発生時の緊急対応方法を確立
- 高層・特殊対策
- 下水道施設のストックマネジメント
- 道路構造物の維持管理支援

社会の生産性と成長力を高める研究

- 下水道の技術開発でスマート化とB2Bプロジェクト
- 都市圏での情報の収集・配付機能の開発とICTの活用
- 道路構造物のストック管理の高度化
- 都市における人の動きの把握・分析技術の高度化
- 国土計画・都市計画の高度化
- 治水政策の企画・立案・評価を支援
- 航空政策の企画・立案・評価を支援
- 建設現場の生産性向上
- 港湾の施工・維持管理の高度化
- 多様な人材採用の導入支援
- 空港施設の整備及び保全に係る業務の効率化
- 空港施設の整備及び保全に係る業務の効率化

地産地消の安心・安全を高める研究

- 住宅・建築物における省エネ・省CO2に向けた取り組み
- 下水道施設の高度化・効率化
- 河川施設等の高度化・効率化
- 道路施設の高度化・効率化
- 道路緑化の推進(湧水等の活用)
- 都市部の防災・減災・危機管理
- 建築構造の安全・安心の確保
- 沿岸域の自然環境
- 自治体連携・市民参加
- 住宅・ネットワーク機能の強化
- 良質な住宅ストックの形成及び住宅ストックの流通・活用
- 持続可能な国土計画・ストック社会への移行に向けた研究
- スマート化の推進の促進
- 都市部の防災・減災・危機管理に関する研究
- 社会要請の変化に対応した道路の機能構造
- 幹線道路の交通・安全対策
- 建築基準の適正(不適正)事業対応への技術支援

● スライド4

気候変動を踏まえた治水対策 ～流域治水～

気候変動による災害の激化・頻発化を踏まえ、河川管理者が主体となって河川管理等の事前防災対策を加速化させることに加え、あらゆる関係者が参加して流域全体で行う、「流域治水」を推進し、総合的かつ多面的な対策を行う。

流域治水：流域全体で行う総合的かつ多面的な治水対策

堤防整備等の氾濫をできるだけ防ぐための対策

- 堤防整備、河道掘削や引違
- ダムや治水地等の整備
- 風水害時や地下貯留施設の整備
- 利水ダム等の洪水調節機能の強化

まず、対策の加速化

被害対象を減少させるための対策

- より災害リスクの低い地域への居住の誘導
- 水災リスクの高いエリアにおける建築物構造の工夫

被害の軽減・早期復旧・復興のための対策

- 水災リスク情報空白地帯の解消
- 中高層建物の外力規模(風圧係数)の浸水想定、河川整備完了後などの浸水の浸水ハザード情報の提供

国土交通省HP: https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf P.10

● スライド5

Mann-Kendall検定結果

○109水系の治水基準点上流の年最大流域平均雨量を対象に適用

- 各流域の計画降雨を対象とする降雨継続時間の年最大値を対象(利根川は3日)。
- データの保存期間は基準地点ごとに異なるため、1891年～2020年で利用可能なデータをすべて使用(平均で89年、最大で129年分を利用)

○検定の結果、109水系のうち、非常常(上昇傾向)が34水系、定常が114地点となった。基準地点別では、148地点のうち非常常(上昇傾向)が34地点、定常が114地点となった。非常常(下降傾向)の基準地点・水系はなかった。

Mann-Kendall検定結果

項目	数値
非常常(上昇傾向)	34
非常常(下降傾向)	0
定常	114

国土交通省HP: https://www.mlit.go.jp/river/shingikai_blog/chisui_kentouka/dai04kai/04_minaosuyuhou.pdf P.3,5

いる。もくろんだ安全度が下がってきているという状況であるというふうに言えようかと思えます。ですから、対策を加速しようというような話になってくるわけです。この右下に描きましたけれど、こういうふうにもくろんでいたところが、ちょっと低めで推移してしまうのではないかと。だから、今もう既に目減りしているかもしれないけれど、そこを頑張って加速して元の目標に近づけていきたい、やらないといけないということになってきているわけです。

(スライド6) これが流域治水の施策のイメージということで、代表的なところが書かれていると思うのですが、私が今日お話しするのはこういう、ダムを操作をうまくやりますよという話であるとか、それから、予測を使って避難体制を強化していきましょうというようなところなんです。

● スライド6

「流域治水」の施策のイメージ

○ 治水計画を「気候変動による降雨量の増加などを考慮したもの」に見直し、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、①氾濫をできるだけ防ぐ、減らす対策、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・復興のための対策をハードソフト一体で多層的に進める。

① 氾濫をできるだけ防ぐ「減らすための対策」

治水計画の拡大
[高、高、高、高、高、高]
高水時の緊急避難の準備、ため池等の治水利用

治水計画の拡大
[高、高、高、高、高、高]
治水計画の拡大
[高、高、高、高、高、高]

② 被害対象を減らすための対策

リスクの高いエリアへの対策
[高、高、高、高、高、高]
[高、高、高、高、高、高]
[高、高、高、高、高、高]

③ 被害の軽減、早期復旧・復興のための対策

治水計画の拡大
[高、高、高、高、高、高]
[高、高、高、高、高、高]
[高、高、高、高、高、高]

国土交通省HP: https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kungackata.pdf P.81~82加筆

● スライド7

治水計画等の見直しの方向性

○ 治水対策は、気候が定常状態であることを前提に、過去の観測結果を用いて対策が立てられてきたが、今後、気候が非常状態であることを前提とし、治水対策の目的に応じ、対象とすべき目標時期を考慮して、気候変動の影響を対策に反映していくことが必要。

減災対策・施設設計等に活用する目標
[高、高、高、高、高、高]

治水計画を確立する上で、参考とする予測
[高、高、高、高、高、高]

国土交通省HP: https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentouai/dai04kai/04_minasususuhou.pdf P.23

(スライド7) これは本省の資料の抜粋です。ちょっと分かりにくいのですが、気温がどんどん上がって行って、外力が大きくなっていくかもしれない、もう既に始まっているかもしれない。そういったものに対して、こういう貯留施設をうまく使いたしよということとか、ここにちょっと水害リスクラインが出てきていますけれど、リアルタイムデータを使って、洪水予測とかそういったものをうまく使っていくというところが、既にもうこういう資料の中にも記載されるようになってきておりまして、これは喫緊の課題ということになっていきます。

(スライド8) 予測情報を使っていくということは、技術開発も必要ですけど、それを使っていく仕組みづくりも必要になってきています。

これはもちろんいろいろと議論をされているので、完備されているかどうかということについてはいろいろと意見があるところかと思えます。洪水予測に関して言えば、令和3年10月ですが、『洪水土砂災害の予報のあり方に関する検討会報告書』ということで、いろいろと検討会で議論されました。今まで洪水予測というのは、気象業務法等で国がやる、というか、気象庁と合同で河川管理者がやるということになっていましたけれど、ニーズがどんどん多様化していくと、そのニーズに対して、民間の技術、あるいは民間の力も活用して対応していかなければいけないのではないかと。民間でも洪水予測

● スライド8

予測情報の利用に向けた仕組みの議論
～洪水予報～

「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会 報告書」(令和3年10月)

社会の適切な防災行動や多様なニーズへの対応に向けた予報のあり方

近年、顕著化する災害を背景として、社会全体で防災や事業継続に対する意識が高まってきており、利用者の多様なニーズに対応した洪水や土砂災害の予報が求められている。

○ 多様な予報情報のニーズに対応し、社会の適切な防災対応や事業継続を実現するためには、国等(官)の予報の高度化を進めるとともに、民間(事業者等)からの予報を促すことが有効。

○ 国等は、新たな技術を活用して予報のさらなる高度化を進めつつ、市区町村の防災対応や住民の避難のための予報について、単一の発信元からの責任と一貫性を有する提供(いわゆるシングルポイント)を行う。

○ 研究機関や民間気象事業者等は、防災上の考慮を踏まえたうえで多様なニーズに応える予報を提供するとともに、新たな技術の研究開発を進める。

国土交通省HP: https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chisui_kentouai/dai04kai/04_minasususuhou.pdf P.23

ができるようにしていくんだという方向性が示されたんですね。

それから、技術開発も、国だけが頑張っているのではなくて、民間のすばらしい技術がいっぱいあるのだから、そういったものをうまく使っていく。そして、国の技術もどんどん高めていかなければいけないのではないか。というようなことで、ここに連携とか書いてありますけれど、そういう体制にしていきましょうというような、そういう体制にしていくべきであるというような提言が出てきたわけでありまして。こういう体制になっていく。そして有効に機能して、継続的にそういうことが続いていくというようなことが期待できるところであります。

(スライド9) 事前放流です。もう皆さんよくご存じだと思いますが、これは政府一丸となって、かなり急激に進んだという感があります。政府の「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」というのが、令和元年12月、東日本台風などを踏まえ

て出されました。その後、治水ダム、利水ダム、そういった全てのダムで事前放流をやっていけるように治水協定が締結されたり、そのやり方は事前放流ガイドラインというような格好で整備されてきました。そしてさらにその実行を確実なものにするというような意味あいから、河川法の改正が行われたりというようなことで、仕組みづくりが進められてきたところでもあります。

(スライド10) 国総研における洪水予測の利用に向けた調査研究の背景ということで、今日、私がお話しさせていただくレーダ雨量観測、一級河川の河川水予測の技術開発、それからダムの操作への活用ということでどんな出来事が技術開発にインパクトを与えてきたのか。

逐一説明すると長くなりますから割愛しますが、この20年、やはり何か災害が起きて、それに対してこうするべきである、予測をどんどん使っていくべきであるという提言が出て、必死になって技術開発をするということが、ずっと続いたなという印象です。

(スライド11) ダムの操作です。ダムに関していうと、予測を使ってというのは、実はダム技術者としては結構昔から、ずっと取り組んできていたところなんです。最近では、それを外から強く言われるというような状況になってきたということが言えるかと思えます。

● スライド9

予測情報の利用に向けた仕組みの議論 ~事前放流~

配付資料

「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」
(既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議、令和元年12月)

○ 気象庁の台風第19号等を踏まえ、水害の激甚化、治水対策の確実性、ダム整備の地理的・自然的等を踏まえ、緊急時において既存ダムの有効貯水容量を洪水調節に最大限活用できるよう、関係者庁の密接な連携の下、速やかに必要な措置を講じる。

● 治水協定の締結、河川管理者とダム管理者との間の情報網の整備、事前放流等に関するガイドラインの整備と操作規程等の見直し、予測精度向上等に向けた技術・システム開発 など

治水協定の締結(令和2年5月までにダムのある全ての一級河川で締結)
河川管理者と全てのダム管理者及び関係団体との間において、水系毎の協議の場を設け、協定を締結。
● 洪水調節機能強化の基本方針、事前放流の実施方針、緊急時の連絡体制、情報共有のあり方、事前放流等により深刻な水不足が生じないようするための措置がある場合にはその内容(水系内での弾力的な水融通方法等)。
● 洪水調節機能の強化のための施設改良が必要な場合の見直し など

事前放流ガイドラインの整備(令和2年4月、国土交通省・国土保全局) ※令和3年7月改訂
● 事前放流の実施に係る基準等の規定方法(気象庁数値予報データの活用を基本)、操作ルールへの位置づけ、貯水率の回復に向けた場合の見直し(洪水調節、水利調整)、利用現況に影響が及ぼした場合の対応、ダムの管理体制の確保、施設改良が必要な場合の対応。(参考)事前放流の河川法上の解釈 など
※「予測精度向上については、今後の展開として、アンサンブル降雨予測など新たな予測手法の活用を視野に入れており、予測手法の進展に応じて必要な検討を行い、適用の見直しをいく予定である。」

河川法の改正(令和3年5月)
令和元年東日本台風など水害の激甚化や気象予報技術の発展を背景に、治水協定に基づいて行われている事前放流に継続して取り組んでいくため、「ダム洪水調節機能協議会」、「都道府県ダム洪水調節機能協議会」を河川法に位置づけ、河川法管理体制等に協定に応じる役割、協議が滞った事項について専断する役割を設けることとした。

● スライド10

国総研における洪水予測の利用に向けた調査研究の背景

配付資料

年次	調査研究の経緯	結果
2000	東海豪雨	2015 関東・東北豪雨
2004	福井豪雨、新潟・福島豪雨(特別防災操作)	2017 台風21号
2009	中部豪雨	2018 西日本豪雨
2011	東日本大震災	2019 東日本台風
2013	台風12号	2020 東海豪雨(緊急放流)
2014	長門豪雨	2021 台風19号
2015	関東豪雨	2022 台風23号
2016	九州豪雨	2023 台風4号
2017	九州豪雨	
2018	西日本豪雨	
2019	東日本台風	
2020	東海豪雨	
2021	東日本台風	
2022	東海豪雨	
2023	東海豪雨	

● スライド11

国総研における洪水予測の利用に向けた調査研究の背景

配付資料

年次	調査研究の経緯	結果
2000	東海豪雨	2015 関東・東北豪雨
2004	福井豪雨、新潟・福島豪雨(特別防災操作)	2017 台風21号
2009	中部豪雨	2018 西日本豪雨
2011	東日本大震災	2019 東日本台風
2013	台風12号	2020 東海豪雨(緊急放流)
2014	長門豪雨	2021 台風19号
2015	関東豪雨	2022 台風23号
2016	九州豪雨	2023 台風4号
2017	九州豪雨	
2018	西日本豪雨	
2019	東日本台風	
2020	東海豪雨	
2021	東日本台風	
2022	東海豪雨	
2023	東海豪雨	

ハイブリッドなんていう話があって、最初、治水と利水とを分けて表をつくり始めたのですが、途中で、分ける意味がないなという気になってきて、治水と利水を合体させてしまいました。治水も利水もうまく予測を使ってやりましょうという、そういうような状況になってきていると思います。

(スライド12) 個別にいくつかの話題を提供させていただきたいと思います。

レーダ雨量観測の高度化ということで、2008年、神戸の都賀川であるとか、それから（東京）雑司が谷の下水管内で工事された方が流されたとか、そういうのでゲリラ豪雨という話が出てまいりました。その当時はゲリラ豪雨と言いましたけれど、流行語大賞なんかにもなりました。とにかく雨が降って、数分で水位が上がる。これに対してどう対処していくかという話があり、今からお話ししますMPレーダというものを導入していくべきではないかということで、一気に実用化に向けた技術開発が進んだわけであります。

(スライド13) 今現在、レーダ雨量計—気象レーダは気象庁が運用しているのですが、国交省はレーダ雨量計ということで、レーダで雨量を測ります。レーダ雨量計はCバンドとXバンドというのがあり、全国で合わせて65基、運用しています。

Cバンドレーダというのが、従来のレーダです

ね。Xバンド、MPレーダというのが新しいレーダです。後で説明しますが、最近、CバンドレーダがCバンドMPレーダというふうに改造されてきているという状況にあります。

全国で、どちらかというXバンドMPレーダは都市部を狙って配置されていて、Cバンドレーダというのは全国津々浦々をくまなく見るというような格好で配置をされてきたということであります。

(スライド14) MPレーダ雨量計というのは何か。従来のレーダは、水平偏波と呼んでいる単偏波のビームを出すのですが、MPレーダというのは、それに加えて垂直偏波のビームを出します。雨粒を通過して返ってくる電波の縦と横の位相がずれるので、その位相のずれから雨粒の扁平度合が測れるわけです。この雨粒の扁平度合いから雨粒の大きさが分かって、雨量が分かるという仕組みです。

従来のレーダはそれができないので、ビームの電波の反射強度から求めますが、その場合は、地上の雨量と突き合せてキャリブレーションをして、それで雨量になるという仕組みなので、キャリブレーションをする時間が5分から10分ぐらいかかってしまう。先ほど申し上げました、ゲリラ豪雨で一気には災害が起きるといふようなことだと、数分が勝負になってきますので、10分、15分遅れるというのは致命的だということで、MPレーダを入れていこうという話になったわけです。

● スライド12

レーダ雨量観測の高度化

12

● スライド13

レーダ雨量計による雨量観測

配付資料

**Cバンドレーダ雨量計
(従来のレーダ雨量計)**

- 日本全国をカバー。
- 波長約5cm (Cバンド)の水平に振動する電波を放射し、半径300km (定量観測120km)の範囲を安定的に観測。
- 機器更新にあわせて、垂直に振動する電波も放射できる二重偏波 (MP) 化が進められている。

**XバンドMPレーダ雨量計
(XRAIN)**

- 主に人口・資産が集中する都市部をカバー。
- 波長約3cm (Xバンド)の水平と垂直に振動する2種類の電波を放射し、半径80km (定量観測60km)の範囲を高精度、高頻度に観測。

13

いです。

そういったものはどうするのかという話がありまして、やはりこれはCバンドを使って全国津々浦々、XRAIN品質を提供していくべきではないかということになりました。

急いでCバンドMPレーダ、実は当時、2009年に、これも九州の釈迦岳に試験機として導入していたものを一生懸命解析しました。CバンドMPレーダ、これはいけるぞということで、2016年に実用化いたしました。XRAINに組み込んで、これが全国展開の礎となって、今どんどん広がっていているという状況です。

(スライド16) レーダ雨量の画像の変遷です。1966年の実験機はこんな感じで、PPIスコープの残像を上からトレースしたという、そういう状況だったそうです。それがデジタルレーダとなって赤城山につき、そして全国合成がされて、縮尺が全然違う図ですけれど、今は250mメッシュでできるようになっています。

(スライド17) 従来のCバンドレーダと、XバンドMPレーダの差というのはこんな感じです。同じようには観測できていると思うのですが、細かく見られる、そういう感じになっています。

(スライド18) CバンドMPレーダ雨量計の実用化ということで、従来のレーダでこんな感じで測れ

るものを、CバンドMPレーダで大体同じようにできる。値として見ても、同等ないしそれ以上の観測精度があるということを確認いたしまして、CバンドMPレーダの雨量算定というのができるなということを進めていったわけでありまして。

(スライド19) 実はXバンドとCバンドはそれぞれ得意不得意があって、Xバンドは波長が短いので、強い雨に当たると電波が減衰してしまって、その奥が見えないとかというようなことがあります。Cバンドは電波消散はもちろん起きますけれど、起きにくい。そういったものを組み合わせると、安定的かつ精度の高いネットワークになっていくのではないかと、雨量観測ネットワークになるのではないかとということで、これは組み合わせるメリットがあるぞということで、組み合わせ、つまり合成ですね、合成をしていく技術を開発して、今進めていっています。

● スライド17

従来のレーダ雨量計とMPレーダ雨量計の違い

	Cバンドレーダ雨量計	XRAIN
配信(観測)間隔	5分	1分
解像度	1kmメッシュ	250mメッシュ
配信遅れ	5~10分	1~2分

● スライド18

CバンドMPレーダ雨量計の実用化

2012年九州北部豪雨事例におけるレーダ雨量画像

・CバンドMPレーダ雨量は、地上雨量計による補正を行わずともリアルタイム補正を行ったCバンドレーダ雨量と同様な雨量分布を表現

● スライド19

XバンドとCバンドのMPレーダ雨量計の比較

- ・XバンドとCバンドでは、使用する電波の波長が異なる。
- ・電波の波長が長いため、降雨によって電波が減衰しにくい。

	XバンドMPレーダ雨量計	CバンドMPレーダ雨量計
電波の波長	約3cm	約5cm
アンテナ径	小型のアンテナ(直径約2m)で観測	大型のアンテナ(直径約4m)で観測
観測範囲	観測範囲が狭い(半径80km)	観測範囲が広い(半径300km [※])
雨滴の扁平度の測定	弱雨~強雨に対して雨滴の扁平度を測定可能	強雨に対して雨滴の扁平度を測定可能
欠測領域の発生	強雨時に欠測領域が生じやすい	強雨時に欠測領域が生じにくい

※一部予備実験値

CバンドMPレーダ雨量をXバンドMPレーダ雨量と組み合わせることで、XRAINの観測エリアの広域化、欠測が生じにくい安定した観測体制を構築。

(スライド20) Cバンドレーダ、従来のレーダからMPレーダにというのは、やはり更新のタイミングですね。更新のタイミングでMPレーダに変えていく。順次MPレーダに変われば、XRAINの中にどんどん組み込んでいく、ということを進めております。令和2年の10月27日に(スライドの図の)ここにあるレーダがMP化されて組み込まれて、おおむねなのですが、日本全国でXRAIN品質の観測ができるようになってきています。

(スライド21) 「観測精度のさらなる向上に向けて」。開発に携わってきて、こういうこともやっておいた方がよかったのになとか、やる必要があるかなとかと思うこともいくつかありますけれども、その中で、ちょっと心残りというか、この2つぐらいはこれからもやっていった方がいいかなと思っているのが、1つはレーダ雨量計の最適配置です。もともとXRAINは39基のXバンドのレーダに、更新が進んでいくCバンドレーダを組み込んでいっているわけですが、観測のむらみたいなものは、やはりどうしても出てきます。もちろん観測品質は全体としては上がっていきます。上がっていくのですが、その中でも、周りと比べてちょっと観測精度が劣るようなところ、そういったところをなくしていく、縮小していくということを考えますと、配置をもうちょっと適正化することができるのではないかなというふうに思っています。

例えば電波の高度を地図に落としていくと、やは

り高い低いがあります。低い方がいいというか、あまり高いとよくないのですけれど、高い低いがあります。いろいろな見方があると思いますけれど、そういったことで観測精度のばらつきをなくしていくというのも1つあるかなと思います。

それから、もう1つはちょっと技術的ですが、XRAINの実用化にあたりまして、レーダで測って算出した雨と地上雨量というのを突き合わせをしたら、レーダで測った雨は2割ぐらい小さかったんです。普通は、このレーダの雨の算定式があって、この a_1 、 a_2 というのは決まっている値がある。値というか、 a_2 は0.185、 a_1 はビームの高度に対応した式があるのですけれど、そこに a という雨量算定補正係数というのを入れました。これ今、どんな状況でも1.2に固定して運用しているのですけれど、時々刻々で見えていくと、少し変動しているということが分かっています。その1.2というのは悪い数字ではないのですけれど、もっと地上雨量との整合性を高めていくということを考えると、何か状況に応じて変動させることができればいい。例えば、いろいろなパラメータのデータを取っていますので、それとAIとか、重相関とかでもいいと思うのですけれど、そういうものを使って、最適な補正係数 a 、可変の a のようなものができるといいのかなというふうにもちょっと考えたりもしました。

レーダはこれで終わりにします。

● スライド20

XRAINの配信エリア拡大

既存のCバンドレーダ雨量計を高性能化し(CバンドMPレーダ雨量計)、XRAINに組み込んでいくことにより、XRAINの配信エリアが順次拡大。

XバンドMPレーダ雨量計

CバンドMPレーダ雨量計

XRAIN配信エリア (R2年10月27日以上の赤色部分が追加)

20

● スライド21

観測精度のさらなる向上に向けて

レーダ雨量計の最適配置

レーダ名	観測高度	観測状況
...

レーダ雨量計の位置、観測高度、周辺の観測環境等に起因して、観測精度にバラつきがある。観測精度が劣るエリアをできるだけ縮小するレーダ雨量計の配置が望ましい。

雨量算定補正係数の特性の解明

Kdp-R関係式: $R_r = a \cdot a_1 \cdot Kdp^{a_2}$

a : 雨量算定補正係数

- XRAINの実用化にあたり、降雨算出式によって算出されるレーダ雨量は、地上雨量計と比較すると平均的に2割程度の過小評価が認められたことから、補正係数 a を乗じることとした。
- 現在は、過去の様々な降雨イベントの相関分析から、平均的な値として1.2に固定している。しかし、時々刻々で見ると、地上雨量と整合する a は必ずしも1.2ではなく、変動する。

AI → 最適な雨量算定補正係数 a

雨の状況と最適な雨量算定補正係数の関係をAIで学習

21

(スライド22) 次に、「一級水系における河川水予測の高度化」ということで、これも過去からいろいろと研究がなされてきております。

(スライド23) 昭和30年代ぐらいでしょうか、水防法に洪水予報と書かれたのは昭和31年だったと思いますけれども、1956年ぐらいのころというのは、洪水予測とかということにかなり野心的に挑戦していた時代かなという気がします。ダムの操作規則、標準操作規則の細則などにも、洪水を予測して放流計画を立てるといったようなことが標準的に書かれていたりする、そのような時代です。

その頃、1961年ですけれど、貯留関数法というもの（元土木研究所水文研究室長）木村俊晃さんがつくられていて、治水計画とか、それから洪水予測への利用が広がっていった時代です。

1980年代になって分布型流出モデルというのが出始めて、1990年には土研分布モデルが開発されています。

それを実時間に展開していく研究も1996年に見られますけれども、そのようにいろいろ工夫しながら、当時の計算機技術も計算機能力とも折り合いをつけながら、例えば3段タンクを2段タンクにするとか、そのようなことをしながら技術開発が進められてきました。

それと並行して（ここに青字で書きましたが）、大学等を中心に、実時間洪水予測のさまざまな基盤的技術の研究が行われています。非常にたくさん

知見が生み出されているのも、私を知る限りではこの頃が多いかと思います。

2007年、土研分布モデルをコアエンジンとする統合型洪水解析システム IFASというのが開発されます。これはかなりいろいろなところで適用されて信頼性を高めてきているシステムでありまして、こういうようなことを土研が先駆的にやってくるというところがありました。

2017年には土研分布モデル。2018年に改良して、2段タンクだったものを、低減部とかそういう表現がよくなるということでもう1回3段にした。これも計算機能力がどんどん上がってきていますので、これぐらいのことは簡単にできるということになりました。

今日ちょっとお話をさせていただくのは、2019年に、流出モデルに土研分布モデル2018、河道モデルに一次元不定流のフルダイナミックのモデル、これらにデータ同化（粒子フィルタ）を組み合わせた実時間洪水予測というのを実用化したということです。これを使って、水害リスクラインの整備が進んだということです。

冒頭にも申し上げましたが、現在は、氾濫による河川の流量変化なども考慮した予測の手法であるとか、長時間アンサンブル予測手法、洪水予測結果のVR表示とか、そういう技術とかいろいろな洪水予測に関する研究開発が非常に広がっていているという状況です。

● スライド22

一級水系における
河川水位予測の高度化

22

● スライド23

洪水予測の実用化に向けた技術開発の経緯

【1961年】 貯留関数法の公表
→ 治水計画及び洪水予測への利用が広がる。

【1980年代】 分布定数型モデルの開発に着手
【1990年】 土研分布モデルの開発
※流域メッシュ(タンクモデル)、河道メッシュ(タンク+kinematic waveモデル)で構成される多段タンクモデル
【1996年】 土研分布モデルの状態量を実時間調整する方式の提案
※洪水予報実務への展開に向け、計算時間短縮のため、タンクを3段から2段へ。
→ 従来から整備されている貯留関数法ベースの洪水予測システムのサブシステムとして、土研分布モデルが現業で使用され始める。

※このころから、大学等を中心に実時間洪水予測の様々な基盤的技術の研究が行われる。
【2007年】 土研分布モデルをコアエンジンとする統合洪水解析システム(IFAS)を開発(土研)
【2017年】 土研分布モデル2018に改良(土研)
※低減部の再現性向上のため3段目のタンクを復活。その他、最近の知見を踏まえ改良。
【2019年】 流出モデル(土研分布モデル2018)、河道モデル(一次元不定流モデル)、データ同化(粒子フィルタ)を組み合わせた実時間洪水予測を実用化(国総研)
→ 「水害リスクライン」の整備が開始される。

【現在】 氾濫による河川の流量変化を考慮する予測手法、長時間アンサンブル予測手法、洪水予測結果のVR表示技術など、洪水予測に関係する研究開発の広がりが見られる。 23

(スライド24) 「2012年の調査」ですが、椿(涼太、名古屋大学 大学院工学研究科 土木工学専攻 水工学 准教授)先生たちが、『河川技術論文集』に、「洪水予測の現状と課題について」というものを書かれています。洪水予測の現状ですが、その当時の現状です。いろいろ調べましたということで点数づけをして「この辺りはいいぞ。この辺りは…」と。何がどうなっているのか、ちょっとよく分からないのですけれど。

(スライド25) ここで「このように幅広い分布を示す要因の特定は、非常に重要であるが難しい問題」だと。いろいろあります。いろいろなことが「結びついた結果」です。「システムごとに要因を特定した上で、改善策を分析する必要」があると書かれています。これについては、私は勉強させていただいたのですが、それができたら苦労しないですよ、それができたのだったらこんな結果になっていませんよというような、そのような状況でした。た

だ、この論文の中に、示唆に富んだことが書いてありました。「洪水予測技術の精度向上を図ること、例えば様々な流域・洪水イベントを統一的な手順で予測できる技術開発を進めていくことは、洪水予測モデルを運用する(態勢)予算や人的資産に限りがある中で防災・減災の実効性を確保していく上で重要である」という記述があります。私はこれだと思いました。この実現を目指してSIP第1期に臨んでいくという、そんな面持ちでした。

(スライド26) では、どんな方法にするか。従来の洪水の予測、水位の予測手法というのは、観測雨量と予測雨量を、ばさっと流出モデルに入れて、出てきた流量を基本H-Q式で水位に換算する。観測水位と計算した水位がずれているので、そのずれをオンするみたいな格好で基準地点の水位を求めて、補正する。それが将来にわたってそういう結果になるだろうと。それで予測水位を求めるという方法でした。新しい予測手法をどうしようかというときに、先ほど申し上げましたが、先生方がいろいろと基盤技術を開発している。全部は無理かもしれないけれど、そういう技術開発をしっかりと受け止められるようなモデルにしたいというのが、まず1つありました。

もう1つは、河川管理者というか河川整備に携わる者としては、治水事業のメインとなるようなダムを造ったり、大規模な治水事業というか河川事業もいですが、例えば日頃から川の中の木を切っ

● スライド24

2012年の調査(国総研)

椿ら2013: 洪水予測の現状と課題について(河川技術論文集、第19巻、2013年6月)

洪水予測の実用的精度の現状

- ・直轄河川における洪水予測について、2013~12年を中心とする365洪水事象を対象に、実績降雨を予測降雨に見立てた再現予測計算の精度を評価。
- ・河川ごとに、用いられるモデルの種類、フィードバック手法、モデルパラメータ調整の精度はまちまち。

【評価項目】

- ・ピーク生起時刻の予測と実績の差
- ・ピーク水位の予測と実績の差
- ・実績水位と予測水位の相関係数
- ・実績水位変化量と予測水位変化量の相関係数

→ 評価項目ごとの優劣を4段階で評価し、評価ごとに得点を与え、総合点で評価

24

● スライド25

2012年の調査(国総研) つづき

椿ら2013: 洪水予測の現状と課題について(河川技術論文集、第19巻、2013年6月)

- ・このように幅広い分布を示す要因の特定は、非常に重要であるが難しい問題。
- ・システムへの入力値の誤差、システムの調整不足、予測システムの構造上の問題の様々な問題が結びついた結果。
- ・システムごとに要因を特定した上で、改善策を分析する必要。

↓

・洪水予測技術の精度向上を図ること、例えば様々な流域・洪水イベントを統一的な手順で予測できる技術開発を進めていくことは、洪水予測モデルを運用する予算や人的資産に限りがある中で防災・減災の実効性を確保していく上で重要である。

↓

この実現を目指して、SIP第1期に臨むことになる

25

● スライド26

新たな水位予測手法の検討

従来の水位予測手法

```

    graph LR
      A[観測雨量] --> B[予測雨量]
      B --> C[流出モデル]
      C --> D[河道モデル]
      D --> E[実績調整]
      E --> F[予測水位]
      G[観測水位] --> E
      H[スライド補正] --> F
  
```

新たな水位予測手法

```

    graph LR
      A[観測雨量] --> B[予測雨量]
      B --> C[流出モデル]
      C --> D[河道モデル]
      D --> E[予測水位]
      F[観測水位] --> G[データ同化技術]
      G --> C
      H[現時刻の水面形状推定の計算] --> D
  
```

26

たり、少し掘削をしたりとか、局所的にしか効かないかもしれないけれど、そういうような、我々が努力していることがダイレクトに表現されるようなモデルにしたいという思いがありまして、このような新たな予測手法というのを考えました。

河道モデルをしっかり入れて、局所的にでも水位がどういふふうに変化するかというようなことを表現できるようなもの。データとか、技術とか、その頃かなり研究がされていましたので、そういったものも取り込んだようなものを考えました。

(スライド27) そうこうしていると、関東東北豪雨が起きました。これはSIPが始まった翌年なのですけれど、社会資本整備審議会の答申で、市町村や住民に対して水位観測所の水位だけでなく、自分が住んでいる土地の近傍の水位と堤防高の関係を把握できるようにするなどの、氾濫の切迫度をリアルタイムで伝える必要がある。これができないといけ

ないという話がありました。

(スライド28) これ、「発足時のメモ」と書いていますけれど、「洪水危険度見える化プロジェクト」とか言って自分たちで勝手に名前をつけて、そんなようなプロジェクトをやるんだということで、本当に発足当時、手書きで書いて。こんなのができたらいいよねというようなことを話したときのメモです。これを持って、常総市の水害でまだ水浸しになっているところを自転車で走り回って、どんなふうにしたらいんだろうかと考えたり、本当にそんなことをやっていました。

(スライド29) それを同僚がきれいに絵にしてくれました。河川水位情報を点から線へということ。従来、水位観測所の水位の点情報だけでいろいろな危険を判断していたのですけれど、上下流連続的な水位を線情報で「氾濫するとしたらこんなところかな」とかそういうことが分かるような仕組みをつくりたいというふうに考えました。

当初は、ここをどうするかとか、ここであふれたらどれぐらいの被害があるか。被害の大きさのイメージを出す線もあるんじゃないかとか。これはまだ実現できていないのですが、堤防の脆弱性が高まっているとかというようなことも表現できるのではないかと。いろいろな話がありましたが、今、それはまだ宿題として残っているところです。

● スライド27

関東・東北豪雨(2015.9)

避難の遅れと長時間・広範囲の浸水による多数の孤立者の発生

○宅地及び公共施設等の浸水が概ね解消するまでに10日を要した。
○避難の遅れ等により、多くの住民が孤立し、約4,300人が救助された。

避難遅れ	避難遅れの原因
避難指示の遅延	避難指示の遅延
避難経路の不明	避難経路の不明
避難場所の不足	避難場所の不足
避難物資の不足	避難物資の不足
避難者の孤立	避難者の孤立
避難者の死亡	避難者の死亡

市町村や住民等に対して、水位観測所の水位だけでなく、自分が住んでいる土地の近傍の水位と堤防高の関係を把握できるようにするなどの氾濫の切迫度をリアルタイムで伝える必要。
(H27.12 社会資本整備審議会答申)

国土交通省HP:
https://www.mlit.go.jp/river/shingikai_blog/shaseishin/kasenbunkai/shouituki/daikibohanran/1/pdf/daikibo1_04_s2.pdf P.17に添付

27

● スライド28

洪水危険度見える化プロジェクトを発足

発足時のメモ

水文技術
水位予測技術
堤防高把握技術
水防活動中

天端高
予測水位
実測水位

水位計
水位計

境内地盤高
○地先
○地先

状況情報
堤防の付近では家屋が流出する危険があります
速やかに堤防から離れるか丈夫な建物の2階以上に避難してください

表現技術
指南型情報

28

● スライド29

河川水位の情報を「点から線へ」
～洪水危険度見える化プロジェクト～ 配付資料

【従来】
水位観測地点の水位
(点情報)

点情報から河川の状態をイメージする必要があり、危険性を判断するために経験と知識が必要。また、地先単位での氾濫の危険性を把握することが難しい。

上下流連続的な水位
(線情報)

河川水位と各断面の危険水位との関係性

河川の状態情報を「点情報」から「線情報」へ展開
時々刻々と変化する上下流連続的な河川水位と危険水位等の比較により、地先部の氾濫の切迫性、氾濫した場合の被害の大きさをイメージできるようになる。

29

(スライド30) 新しい水位予測モデルの中にどう
いうものを使っていくか。観測技術、それから地形
の測量技術、そして解析技術、それを使って縦断水
位を出していくわけですけど、荒川でそのような
ものをつくったらこんな感じになるというもので
す。できるだけ河道モデルを入れようとか、レーダ
雨量、XRAIN、それからその頃危機管理型水位計
も話が出ておりましたので、そういった水位計をフ
ルに使おうと。データ同化、流出と河道不定流。そ
れから海の潮位ですね、予測潮位。そういったもの
も取り込んでやろうということです。

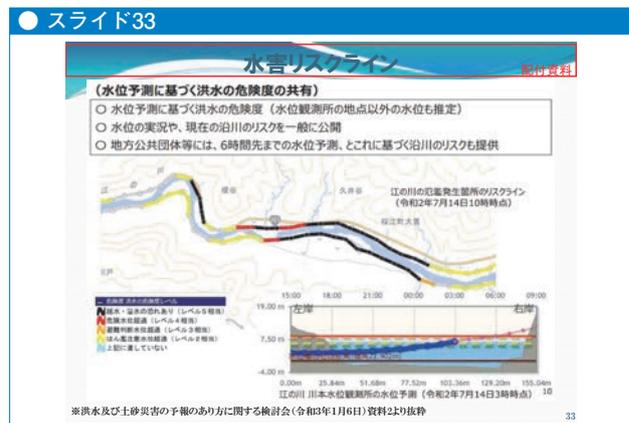
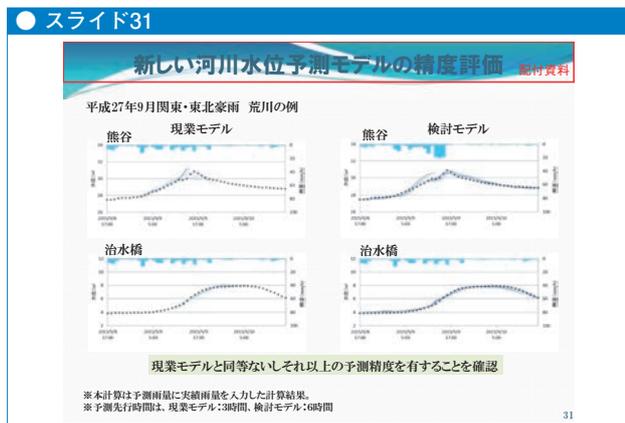
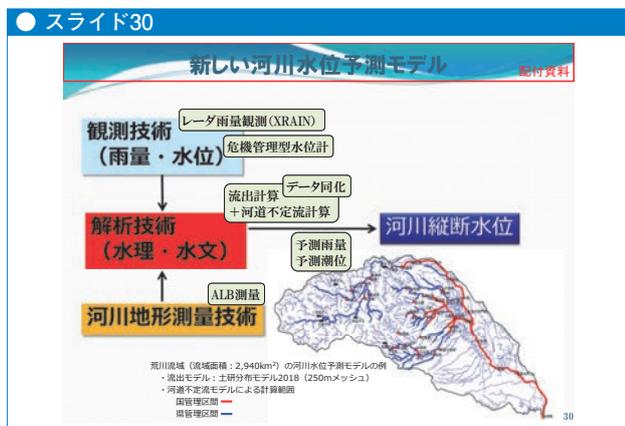
(スライド31、32) 予測モデルをつかって、精度
検証して。現行モデルは現行モデルですごく鍛えら
れているので、それから飛躍的に何かがよくると
いうようなことは正直言ってあまりないのですけれ
ど、同等ないしそれ以上の予測精度は出るというこ
とで、実用的な予測システムを試作いたしました。
それを現場といろいろと見ながら、ここをこうした

方がいい、ああした方がいいというようなところを
やり取りをして、水害リスクラインというようなもの
が整備されていくに至りました。

(スライド33、34) (江の川の) 左右岸なのです
が、「この辺危ないですよ」みたいなことが分かる。
堤防高と推定される河川の水位を比較したり、
それから危険水位と比較したり、そんなようなこと
でこのように出していきました。あと浸水はこのぐ
らいに広がりますよという浸水想定などと重ね合わ
せたりというようなことで、何か判断につながって
いかないかという、そういうシステムにいたしました。

(スライド35) 今後の話、というか今現在オン
ゴーイングの話かもしれませんが、予測、表現手法
の改良に向けた研究開発が、多くの研究機関等によ
り実施中です。

私ども、ここまでSIP第1期でそのような整備を



させていただきましたけれど、それよりもっとこう
 いうのがいいぞというものがやはりいっぱいありま
 す。それは非常にウエルカムな話で、どんどん改良
 していただきたいのですが、例えば予測精度の向上
 ということでは、水位観測の充実とかデータ同化。
 危機管理型水位計は、ある水位にならないと値が出
 てこないという、なかなか実は使うには工夫が必要
 なのですが、そういったものをどう使っていくかの
 研究。それから予測の長時間化、それに伴う不確実
 性増大への対応ということで、長い時間になります
 と、当然ながら先の予測というのはどんどん不確実
 性が高まっていくというようなことがあります。そ
 うすると、やはり1本で表していくというのはなか
 なか難しく、幅で表すということになってきます
 。そのときに使われるのが、アンサンブル予測と
 いう手法ですけど、そういうものを導入して、大
 量に計算するわけですね。これをどう実用化してい
 くかという問題があります。

さらに言うと（次のスライドに出てきますけれ
 ど）どういうふうに表現すれば、何に使えていくの
 かというようにところについても検討する必要があ
 ります。

あと、予測雨量の精度向上というのは古くて新し
 い問題ですが、これもずっと続けていかなければなら
 ない問題です。

それから、予測モデルの改良です。流出モデルに
 は、土研分布モデル2018というのを第1期のときに
 使いました。実は土研分布モデルというのは基本タ

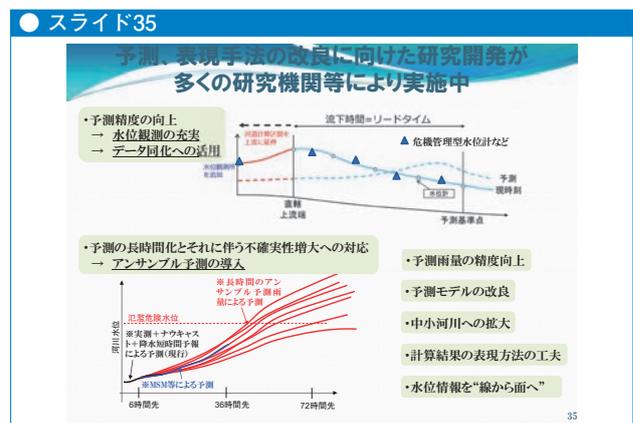
ンクモデルなんです。めちゃくちゃ（計算が）早い
 です。データ同化というのは、かなりの計算が必要
 になるので、そういう軽い流出モデルというのは非
 常に重宝しました。ただ、計算機というのはすごい
 勢いで進化していますので、もっと今いろいろ使
 われている（モデル）、RRIモデルなどがありますが、
 ああいうモデルに変えていくメリットもあるの
 かなと思っています。そういうものに変えていくと
 いうことが、今取り組まれています。

それから、中小河川への拡大ということで、中小
 河川でも、岩手県の小本川であるとか、いろいろな
 ところで災害が頻発しているわけです。これの実時
 間予測というのは、土研の方でもう数百河川でき
 るような、そういう技術開発がされていっています。

それから、計算結果の表現方法ということで、こ
 れは後で触れます。

それから、何といても、水位情報を線から面へ
 という展開です。もう皆さんお分かりかと思いま
 すけれど、どういうふうにあふれた水が広がって
 いくのかということを実タイムでという、そういう
 検討もされています。

（スライド36）アンサンブル予測の表示例です。
 これはアメリカ国立気象局、NWSが試行中のもの
 です。これは先んじてやられたなという気がしてい
 ます。このようにアメリカ全土の洪水を予測してい
 る地点がありまして、それらについて、数日先まで
 予測を出す。実はこれにはもう1つあって、何か月

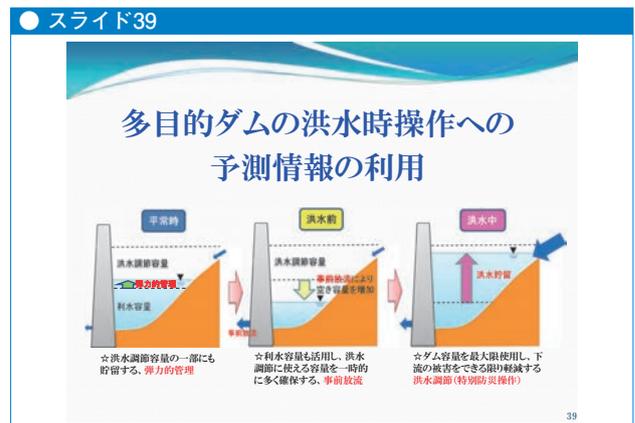
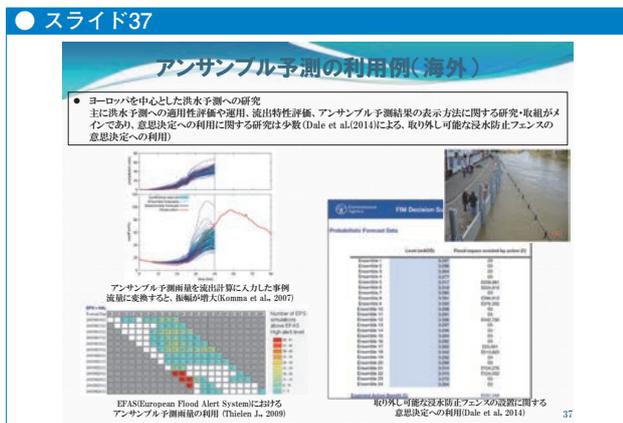
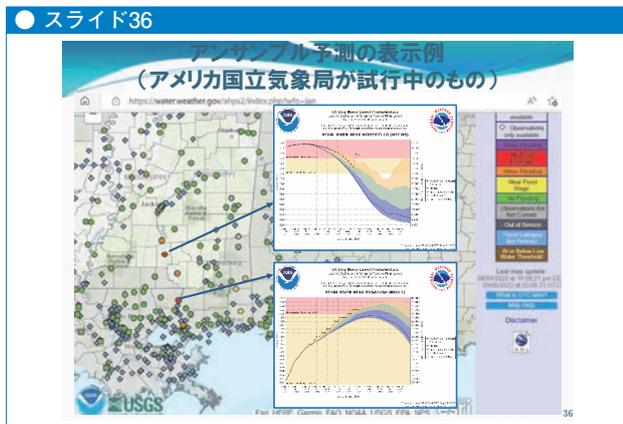


先まで予測を出すというものもあるのですが、
 そうすることで、こうやって予測を、エクスペリメン
 タルということですので出しているとい
 うようなことがあります。こんな表現方法がある
 ということで、勉強になると思います。

(スライド37) アンサンブル予測の利用例という
 ことで、海外、ヨーロッパを中心に。これは2005年
 ぐらいでしょうか。何日先に、51メンバーのうち何
 メンバーがその危険な水位を超えるみたいな予測を
 こういうふうに出しています。それからこれは面白い
 のですけれど、イギリスの例なのですが、ここは
 アンサンブルメンバーがたくさんあって、そのとき
 に水位がこれぐらいになりますというのがある。浸
 水防止フェンスというのは、このように入れるよう
 になっているんです。浸水防止フェンスを入れたら、
 このアンサンブルだったらゼロユーロ、つまり別
 別に被害は出ませんと。要はアンサンブルごとに被
 害額のようなものを出して、それで被害期待値とい

うものを出しています。これを何に使うかとい
 うと、被害期待値と、この浸水防止フェンスを入れる
 のにかかるお金、それを比較して、「今回は浸水防
 止フェンスを入れた方が得だね」みたいな、それ
 でやるかやらないかみたいな。そのような判断をす
 るということに使われたりというのがあり
 ました。でも利用されている例というのは、海外で
 もまだあまり多くないのかもしれませんが。これはぜ
 ひ日本で先駆的に進めばいいかなと思っています。

(スライド38) それから、予測結果のVR表示で
 す。これがCCTV。これはVRです。カメラの映像
 ではありません。これが6時間後、このようになっ
 ています。この時間に予測した6時間後はこうで
 す。これは夜中です。0時ですから、普通は川がど
 んなになっているかなんて見えないわけですよ。VR
 だと見えるということで、避難所などで今はこ
 んな感じですよとかというように見せてあげる。そ
 れだけの予測精度とかも必要なのですが、そう



いうことができれば、何か役に立つのではないか。というように、VR表示技術というのが開発されていっているという状況です。

(スライド39) 最後、多目的ダムの洪水時操作への予測情報の利用です。

平常時に、弾力的管理で水位を上げる。雨が降らないと思えば上げておけばいい。洪水前になったら、その洪水の大きさに応じてぐっと下げる。一時的に洪水調節容量をたくさん確保して、洪水中にしっかりとめる。そのことで下流の流量をできるだけ低減する、というようなことができるという話です。

このためには、長短の洪水予測というのが必要になってきます。ところが、洪水予測は当然のことながら誤差があります。誤差というか不確実性があります。その不確実性を考慮しないと、例えば空振りになってしまったら、事前放流の場合は皆さんご想像の通りなのですが、利水あるいは治水にいろ

いろと支障が出てくる可能性があるのです、そこをどうしようかという話になるわけです。

(スライド40) 技術開発もどんどん進んできました。昭和30年代には木村俊晃さんがやられていた研究。それから1970年代には統計的決定理論を使って、ここの期待損失額みたいなものを出して、やるかやらないか決めましょうというような、降雨予測とその確度を考慮するかたちでの研究がありました。気象庁がどんどん降雨予測の技術を高めてきたということで、気象庁の各種の降雨予測がどんな特性を持っているかという評価が行われました。2011年にはその予測の誤差を考慮した意思決定方法が提案されたり、大学等においても、その予測の不確実性を考慮したダム操作の研究が行われました。私どもは、2013年からアンサンブル予測雨量を活用した洪水時ダム操作のシミュレーションもやり始めたところでは

現在も、そういったかたちで、私どもだけではな

● スライド40

予測情報を利用したダム操作に関する研究の経緯

【1961年】流域の貯留水量に着目し、貯水容量の利用効率を高める方法を検討
 → 予測雨量は使用せず、降雨から流出の遅れを利用して予測。

【1973年】統計的決定理論に着目し、治水、利水両面の期待損失額に基づいてダムの予備放流操作の開始のタイミング及び放流時間を決定する方法を検討
 → 雨量予測とその確度を考慮したダム操作意思決定の試み。

【2004年、2006年】気象庁の各種降雨予測の精度、特性の評価
 → 気象庁予測雨量の洪水時ダム操作への適用性について考察。

【2011年】予測の誤差を考慮した洪水時ダム操作の意思決定手法の提案
 → 予測の幅に応じた意思決定パターンと放流量の設定手法の検討。

☆このころ、大学等においても予測の不確実性を考慮したダム操作の研究が行われる。

【2013年～】アンサンブル降雨予測を活用した洪水時ダム操作のシミュレーションを実施
 → アンサンブル予測を活用した洪水時ダム操作の実用性の検討。

【現在】アンサンブル予測を活用したダム操作の実用化に向けた調査研究が進められている。

● スライド42

2004年当時の気象庁予測雨量の精度評価

当時の予測プロダクト

項目	ANSMF	MSM	RSM
空間格子間隔	約 2.5km	3km	約 20km
時間間隔	0.5hr	6hr	12hr
観測時間	観測時 20分毎	9AM/3PM	9AM/3PM
最大先行時間	6hr	18hr	54hr

時間雨量の精度

積算雨量の精度

和村ら(2006)「気象予測データの利用可能性に関する研究」

- ・時間雨量について、実績雨量と比較的高い相関を示すのは降水短時間予報の1～2時間先まで。
- ・積算雨量は、いずれの予測も実績雨量と比較的高い相関。
- ・流域平均雨量は、面積が大きいほど高い相関。
- ・イベントごとの精度のばらつきは大きい。

● スライド41

回復可能水位テーブル (2005)

● 2005年の事前放流ガイドライン(案)における「降雨解析等により確実に回復する量」を予測雨量等から推定する方法として、「回復可能水位テーブル」が考案された。予測情報には、注意警報、台風情報に付帯して発生される「予想雨量の見込み」が使用された。

● 「予想雨量の見込み」は、実績の監視・解釈、数値予測に基づき予想される雨量から、大きな災害をもたらす局地的な現象の発生を考慮して「多いところでの見込み」として発表されている。この発表された情報を予測雨量として取り換えると、予測が実績より大きい(変動)になることが多い。一実積雨量が小さい流域での予測は変動になる傾向があるため、当時の回復可能水位テーブルは実績雨量が小さい範囲では洪水水位を低下させることができず、一定の雨量が連続した時(一定量の雨が降り続いたことが確実な段階)からしか洪水水位を下ろすことができなくなるといった状況が生じた。

回復可能水位テーブルの例

過去の同等の累積雨量、予測雨量が発見された全ての出水の内で、貯留量が最も少なかった出水の貯留量を基に回復可能水位を設定

実績雨量(レーダー雨量積算値) (上図に同一期間を併記)

● スライド43

RSMの予測積算雨量と実績積算雨量の比較(2005)

※RSMはH19.11に運用終了

くて、大学その他、関係機関でアンサンブル予測を活用したダム操作の実用化に向けた調査研究が鋭意行われているという状況です。

(スライド41) この辺りは、すみません、割愛いたします。

(スライド42、43) 「2004年当時の気象庁の予測雨量の精度」というのは、当時、例えば東海豪雨だったら、これは累積雨量なのですけれど、こんなに雨降っているのに全然予測が出ていないじゃないかというような、そういう状況でありました。

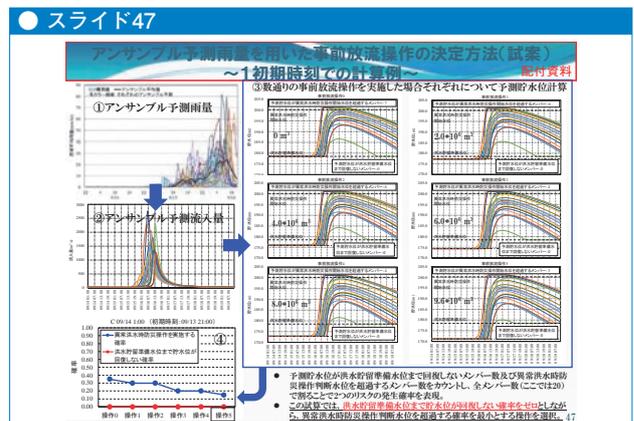
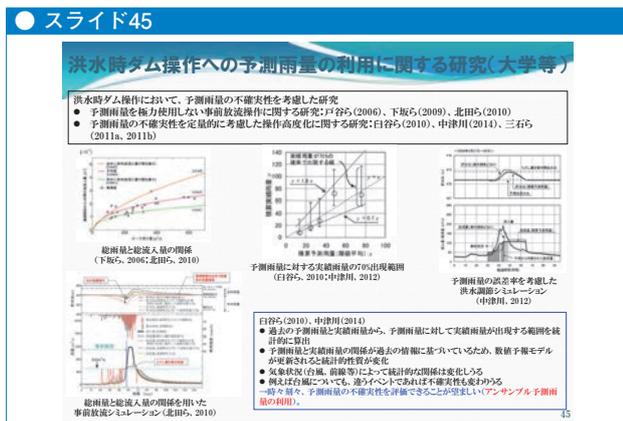
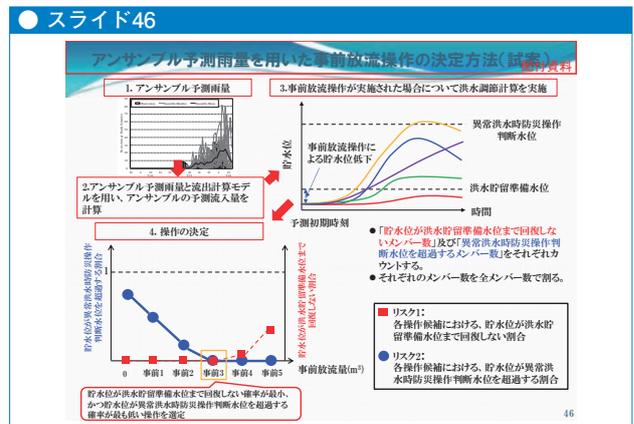
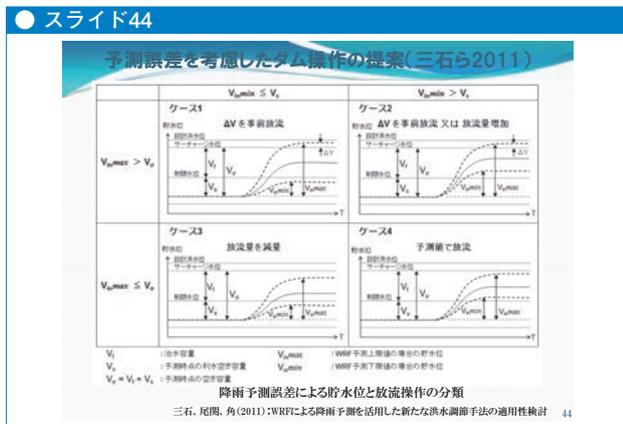
そのときは私自身は「これはちょっと使えないよね」と思ったのですが、2005年ぐらいに、やはり検討していくべきであるという提言が、「豪雨災害対策（緊急）アクションプラン」（2004年12月10日策定）だったと思いますが、そういうものが出てどうしようかなと思っていました。

(スライド44) その後、「予測誤差を考慮したダム操作の提案」が2011年ぐらいにされて、ここで、なるほどこういうような考え方があるのかと。幅を考えましょうということで、パターン分けをして、こうしたらどうかというのが出てきた。これはかなりすごいと思うのですが、そういうようなことがなされました。

そして、大学等でも、洪水時ダム操作への予測雨量の利用に関する研究などがなされ、大学では、やはりアンサンブル予測を利用していくべきであろうということが、この辺りで言われています。

(スライド45) 当時、気象庁が、アンサンブル予測を「出していこうかな」ぐらいの状況だったときで、まだその確実性というか、そういうものが簡単に入手できるという状況ではなかったのですけれど、やはり大学の方では「これだろう」というような話があったところです。

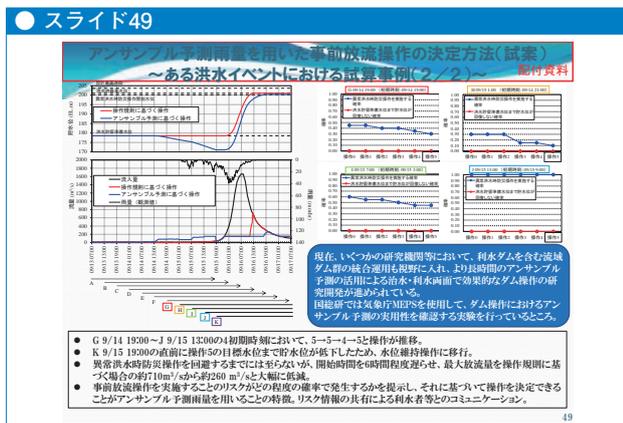
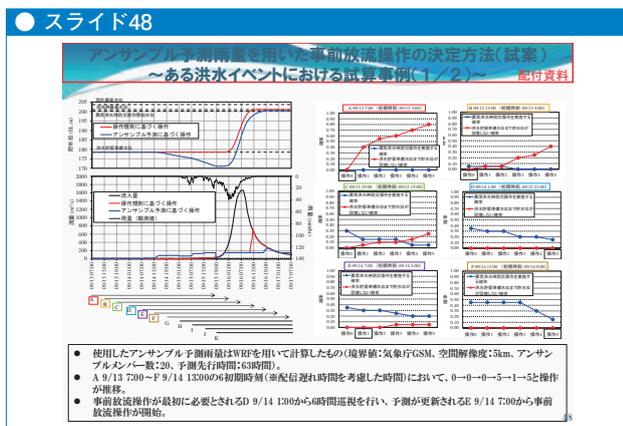
私どもも、気象庁からアンサンブル予測雨量をも



らうとか、自分たちでちょっとそういうのをつくったりして試算を始めました。

(スライド46) アンサンブル予測を使って流出量に変えて、それで貯水量を計算して、それを事前放流、例えば事前放流だったら事前放流の量をパターンを変えたらどのようなになるか、異常洪水時防災操作判断水位を超えるかどうかとか、その割合がどれくらいかだとか。やり過ぎたら利水容量が回復しないのではないかとか。回復しない割合、あるいはリスクといったらいいでしょうか、それはどれくらいだ、というようなものの見合いで、この辺がいいじゃないかというふうに決められるのではないかとというようなことで、ではそれでシミュレーションもやってみようということでやってみたのが、その次(のスライドから)です。

(スライド47、48) このようにやっていくと、(この青いグラフ線です) ちょっと事前放流をし

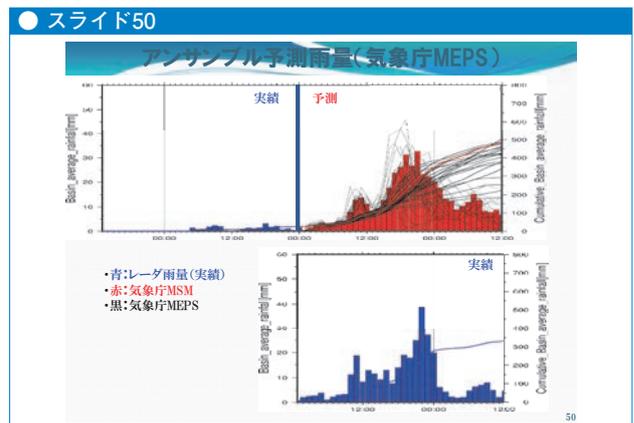


て、少し最後ちょっと容量不足になりますけれど、操作規則で事前放流せずにびゅんと異常洪水時防災操作に入ってしまうよりはいいよねという。そのような結果が得られたりすることもあります。

(スライド49) ただアンサンブル予測でも、いろいろなことが起こるわけで、例えば全部ぜんぜん外れているとか、そのようなこともあるわけです。そういったところをどうしていくのかというのが、今の課題かなと思っています。

気象庁のアンサンブル予測は今、MEPSとかいろいろありますけれども、メソアンサンブルだと21メンバー、もう少し長いので51メンバーぐらいあると思うのですが、どうも気象研の研究を見ていきますと、それぐらいだとやはり線状降水帯みたいなものは捉えられない場合もあるみたいです。そうすると、1,000アンサンブルぐらいあるとそういうものも見ることができますよという話があるのだそうです。そんなようなときがくるのかどうかわかりませんが、そういうところに進んでいくということを見据えて今後どのように考えていくのが必要になってくると思っています。

(スライド50) 最後です。私どもも、気象庁のメソアンサンブルをリアルタイムでずっと見ていて、それがこんな感じかと。レーダ雨量が青で、これが予測されていて、この赤線がMSMという決定論的なやつ。この黒線がアンサンブル予測です。こ



んな感じで見ている。それが時間が経ちますとこの実測がわかって、こんな感じですねと。比較的近かったけれど、アンサンプルの間には入っているけれど、少し小さめで来たなとか、そのようなことを見ているわけです。

(スライド51) 実験システムということで、アンサンプル予測から貯水位を計算して、このようになるなど。流入量と放流量では、ここで2つのメンバーぐらいがまだちょっと容量不足を起こすんだな、もう少し事前放流を続けた方がいいのではないのかな、というようなことであります。

下流水位は、危険水位を超えないなど。そういうような実験システムを、実際、雨が降るたびにリアルタイムで見えています。今のところ2年か3年ぐらい見えていますけれど、どうでしょうか、シビアなケースというのはなかなかないのですが、現場の判断を邪魔しないという印象を持っています。あるいは、現場の判断を後押しする、少し自信をつけさせるようなそんなデータにはなっているのかなと思います。

ただ、39時間先までしかないので、本当はもっと長い時間の予測が必要なのだらうなと思いながら、こういうような実験システムを見ているという状況であります。

(スライド52) すみません、長くなりました。ご清聴ありがとうございました。

司会 ありがとうございました。

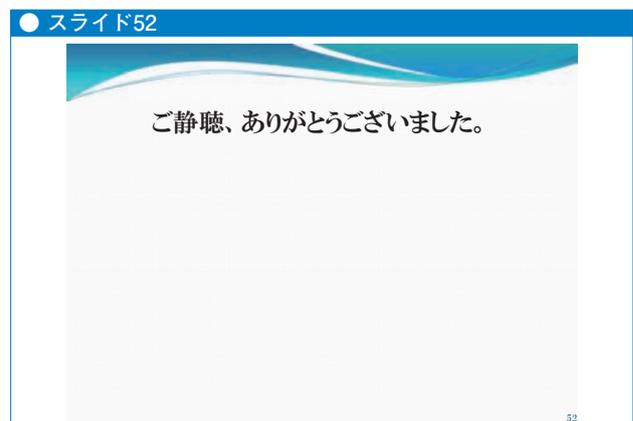
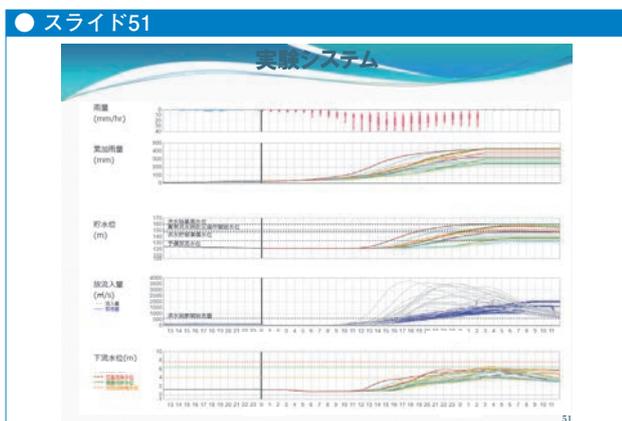
<質疑応答>

司会 情報が、最初はダムの管理者向けのデータ雨量の情報などプロ向けの情報だったものが、最近は流域治水も含めて、いろいろな情報が一般の方々にも出していく情報に変わってきていると思います。

その新しい情報の作り方として、新しく受け手が変わってきている中での情報の作り方として何かご苦労されている、あるいは注意している点とかがもしあれば教えていただきたいと思います。よろしいでしょうか。

川崎 簡単に申し上げますと、情報をつくる中で、最初の設計の段階から、アジャイル設計とかというのでしょうか、それを使うと想定される方といろいろ話をしながら、一番使いやすい情報の形にしようということで設計をしてつくっていく。そういうようにやっていっているということですね。すみません、非常に月並みなお答えですけど。

司会 ありがとうございました。



流域治水の調整の各段階における 水害リスクマップ等の活用方法

～防災まちづくり、各種流域での対策の進展に向けて～

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 室長 井上 清敬 氏

井上 国総研の水害研の井上です。よろしくお願いいたします。今日は、このような場を与えていただき、ありがとうございます。

(スライド1) 私からは、冒頭、(河川財団) 関理事長からもお話があったように、流域治水を進めるに当たって、どうリスクマップを活用するか。水害ハザードをどう評価していくのか。

そして、流域治水を進めるための鍵である減災対策。減災対策というのは、田んぼダムとか二線堤とかです。それが流域治水の重要なファクターになると思います。それを進める鍵は、(埼玉大学) 田中先生のとときにご質問がありましたように、合意形成、そういったところがポイントです。

合意形成に当たっては、この水害ハザードをどう評価していくのか。その道具として、水害リスクマップをどう使うのか。そういった話をしたいと思います。

特に今日、コンサルタントの方が多くいます。現場でリスクマップをつくることもこれからたくさん出てくるとは思いますけれど、一つの方向性、

案として示させてもらいます。こういったかたちで、今、われわれは考えているということ、参考にしていただけたらと思います。

(スライド2) まずは、これはご承知の通り、近年水害が多発していて、流域治水を進めなければいけないと言われていています。

(スライド3) 流域治水を進めるにあたって、先ほど減災対策が鍵であるとお話しました。その流域治水について、対策の分類を説明したいと思います。現在の河川事業の治水安全度がここだとする

スライド2

近年、風水害・土砂災害が頻発 ～求められる流域治水の進展～

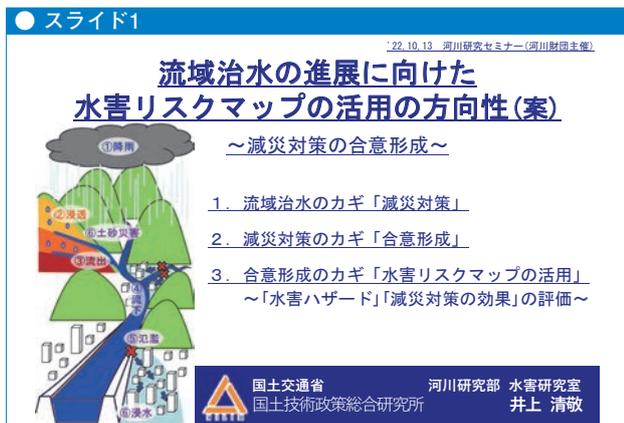


スライド1

流域治水の進展に向けた 水害リスクマップの活用の方向性(案)

～減災対策の合意形成～

1. 流域治水のカギ「減災対策」
2. 減災対策のカギ「合意形成」
3. 合意形成のカギ「水害リスクマップの活用」
～「水害ハザード」「減災対策の効果」の評価～

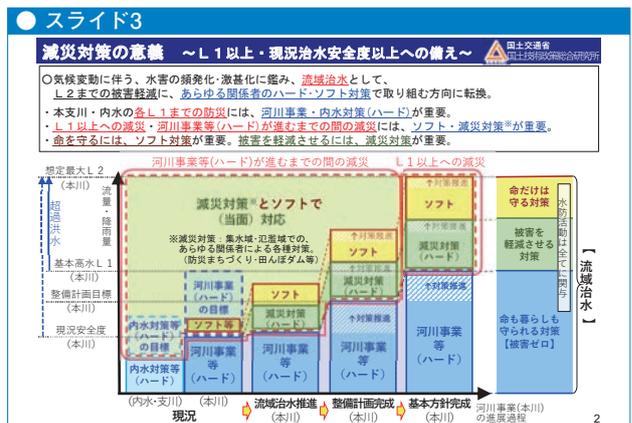


スライド3

減災対策の意義 ～L1以上・現況治水安全度以上への備え～

○気候変動に伴う、水害の頻発化・激甚化に鑑み、流域治水として、上2までの被害軽減に、あらゆる関係者のハード・ソフト対策で取り組む方向に転換。

- ・本支川・内水の各L1までの防災には、河川事業・内水対策(ハード)が重要。
- ・L1以上への減災・河川事業等(ハード)が進むまでの間の減災には、ソフト・減災対策が重要。
- ・命を守るには、ソフト対策が重要。被害を軽減させるには、減災対策が重要。





と、これから整備計画のメニューを完成させたら、整備計画目標の安全度が達成され、河川事業で守られる安全度が高まるわけですね。そして、さらに基本方針メニューが完成するとL1の洪水が来ても、洪水を安全に流せるということで、本川氾濫に関しては被害がゼロになります。

今、大きな洪水がどんどん来るような気候変動の状況下においては、現況の安全度を超えるような水害が来るのはもちろん、基本方針が完成してL1の安全度が達成されたとしても、それ以上の超過洪水が来ます。これに対して従来はソフト対策としてまとめられていました。今回、田中先生から、命を守る避難の観点でハザードの評価の仕方のご説明がありました。命だけは守る避難対策が重要です。

避難対策はもちろんですけども、被害をより軽減させる対策にスポットを当てられているのが、流域治水だと思います。

この被害を軽減させる減災対策というのは、例えば防災まちづくり、これは建物の規制とか、そういう区域の指定の他、田んぼダムとか二線堤とか、物理的に浸水が減っていく、流出を抑制したり浸水を制御したりするような減災対策、こういった対策です。

L1が達成された基本方針メニューが完成した後も、ソフトと減災対策が大事です。では河川事業、これは急ぐわけですけども、ではその後で、基本方針メニューの後にこの減災対策とかソフトをやればいいのかといったら、それはそうではなく

て、やはり今の現時点の現況安全度を超えるような洪水が来ることを考えると、今の時点から河川事業が進むまでの間にも、この減災対策に取り組まなければいけないと考えられます。

さらに、この青の四角の部分の本川氾濫の安全度を示していて、それよりも前に生じる内水氾濫とか支川氾濫に関しては、一般的に本川氾濫よりも安全度が低くて、さらに目標とするレベルもおそらく低いです。そういったことを考えると、本川氾濫の減災対策もさることながら、内水氾濫あるいは支川氾濫に対する減災対策とソフト、これに取り組んでいくことが大事だと思います。

(スライド4) 流域治水、先ほど(国総研)川崎さんも示されましたけれども、このような絵で示されます。こういった減災対策を進めるにはどうすればいいかということです。減災対策は、今まで河川管理者がやってきていた堤防掘削とか築堤とかそういう河川管理者が行うメニュー以外のものです。例えば遊水地や、家屋の移転、水田の貯留、こういったものが減災対策です。こういった対策は、河川管理者ではなくて、事業自体が民地や農地、流域内のあらゆる関係者という言い方をしており、多岐にわたります。

こういったことを進めるには、当然、あらゆる関係者にご理解をいただくことも大事です。また、移転や水田貯留は、安全度が上がるところもある一方で、浸水を許容することになる場所、水をためて田

● スライド4

減災対策の概要 ～利害調整・合意形成～

国土交通省
国土技術政策総合研究所

○減災対策の事業主体が、民地・農地・民間施設の所有者等、多岐に渡る(兼水域・氾濫域のあらゆる関係者)。
・減災対策により、安全度が上がる場所がある一方、
浸水の許容等が求められる場所がある(田んぼダムや浸水被害防止区域等)可能性。
○利害調整が必要になる場合があり、合意形成に取り組むことが重要。

<p>①氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策</p> <p>雨水貯留機能の拡大 [国・市・企業・住民] 雨水貯留・浸透施設の整備、ため池等の治水利用</p> <p>治水の貯留 [国・市・企業・住民] 治水ダム等の貯留・遊水、利水ダム等において貯留水を事前に放流し洪水期間に活用 [国・市・市] 土砂利用と一体となった治水機能の向上</p> <p>持続可能な河川の治水能力の維持・向上 [国・市・企業・住民] 河川環境、引道、砂防堰根、雨水排水施設等の整備</p> <p>氾濫水を減らす [国・市・企業・住民] [堤防・遊水地]を目標とした堤防強化等</p>	<p>②被害対象を減少させるための対策</p> <p>リスクの低いエリアへ避難 [国・市・企業・住民] 住み替えの工夫 土砂利用施設、遊水、移動可能な不動産取引時の水害リスク情報提供、避難による被害の検討</p> <p>浸水範囲を減らす [国・市・企業・住民] 一線堤防の整備、自然堤防の保全</p>	<p>③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策</p> <p>土地のリスク情報の実地調査 [国・市] 水害リスク情報の実地調査、多段階水害リスク情報を発信 被害軽減を図る [国・市・市] 基礎情報の把握・整理、リアルタイム浸水・決壊把握 経済被害の最小化 [国・市・市] 土曜や祝祭日の浸水対策、仮設の備蓄 浸水時の水害リスク情報の提供、金輪品を適した浸水対策の促進 [国・市・市] 浸水時の水害リスク情報の提供、金輪品を適した浸水対策の促進 [国・市・市] 官民連携によるTEC-FORCEの活用 [国・市・市] 浸水を早く排除する [国・市・市] 排水門等の整備、排水強化</p>
---	--	--

浸水の許容等が求められる

んぼや稲が被害を受ける人、あるいは故郷を離れなければならない人も出てくる可能性があります。そういった利害調整が出てくるわけですから、そういうメリットを享受できる人とデメリットを被る人たちの合意形成をどうしていくかというのが非常に重要だと思います。

(スライド5) この合意形成にどのように取り組んでいくのか。田中先生もお話で触れられましたが、この合意形成の過程を2つに分けてみました。

1つ目が、あらゆる関係者が減災対策の推進を「じゃあ、やろう」と思っていたくための認識共有。これをどう取るかという過程です。

その過程においては、今、どのような水害ハザードがあるのか。水害ハザードというのは、浸水深とか家屋倒壊区域とか、今日、まさに荒川を事例に田中先生が詳細にご説明してくださいましたけれども、現在どのような水害ハザードがあるのかを知っていただいて、だったらある程度、例えば本川対策、あるいは田んぼダムをやらないといけないよねと、思っていたらどうかというのが重要です。

そこで重要なのが、本川対策、あるいは内水対策や支川対策をやってもなお、ではどこに浸水が残るかをお示しすることです。これにより、「ああ、じゃあ、さっきの本川対策をやっても、あるいは支川対策をやっても、こういう洪水が来たらこういう氾濫が起こる」ということをご理解いただければ、

「じゃあ、減災対策をあらゆる関係者としてやらないと仕方がないのかな」という認識の入り口になるのかなと思います。

続いて、「じゃあ、やろう」となったら、その次の過程として、これも田中先生から横堤のご説明をいただきましたけれども、どのような減災対策をした場合に、どう効果が出てくるのか。減災対策の効果がどのように発揮されるのか。減災対策により、残る浸水ハザードがどう減っていくのかをご理解いただきながら、その当事者たちと調整した上で、より幅広い人たちと調整していくという過程です。このような、減災対策を適用していく過程で、当事者、事業主体の人たちにご理解をいただくような段階もあると思います。

この各々の過程で、水害ハザードの理解が大事だと思いますが、その道具として、今つくろうとしている水害リスクマップを使ったらどうでしょうという話です。これはまた、後ほど順次詳しく説明したいと思います。

(スライド6) 水害リスクマップの概要として、基礎的な話をしたいと思います。

従来の浸水想定区域図を、降雨規模を多段階で変化させて作り、重ね合わせたものが水害リスクマップです。

リスクは、資産などの暴露とか脆弱性とか、そういったものも含めたものが本来リスクではありません。しかし、このリスクマップは浸水深ごとに浸水

● スライド5

減災対策の合意形成過程 ～求められる水害ハザード情報～

■流域治水・減災対策の進展：あらゆる関係者との合意形成過程で、水害ハザード等の認識共有が重要。水害ハザードは、水害リスクマップ等の活用が有効。

○合意形成過程①：減災対策の推進を認識共有。
 ・求められる情報：現在と将来（河川整備等が進捗しても残存する水害ハザード）。
 ・活用する道具：現状と将来（河川整備等の進展後）の水害リスクマップ等。

○合意形成過程②：減災対策の適用案を調整。
 ・求められる情報：減災対策の効果の程度（水害ハザードの変化で表される）。
 ・活用する道具：現状と将来で、各種減災対策を適用した水害リスクマップ等（適用ナンソとの比較）。

■第1過程（減災対策の推進を認識共有）
 ■第2過程（減災対策の適用案を調整）

■現状の水害ハザード表
 ■本川対策の効果等を表す表

■求められる情報
 ◆現状の水害ハザード
 ◆河川整備等の効果の程度（河川整備等の進展後の将来も及ぶ浸水等）

■活用する水害リスクマップ等（本川形態型、支川・内水統合型、内外水統合型）
 ・現状
 ・将来

■求められる情報
 ◆減災対策の効果の程度（水害ハザードの変化）
 ◆より多くの関係者と調整

■活用する水害リスクマップ等（各種減災対策を適用したケース）
 ・現状、将来
 ・各種減災対策を適用したケース

● スライド6

参考）水害リスクマップの概要 ～作成手順～

■水害リスクマップ：浸水深毎に、浸水頻度を表示。
 ○降雨の発生確率を多段階で変化した浸水想定図を（本川・支川・内水に対して）作成し、重ね合わせる。

本川氾濫の浸水想定図
 降雨発生確率 1/200 又は 1/100 1/30 1/10

支川氾濫の浸水想定図
 降雨発生確率 1/200 又は 1/100 1/30 1/10

内水氾濫の浸水想定図

本川氾濫の水害リスクマップ
 支川・内水氾濫の水害リスクマップ

水害リスクマップの危険度
 高危険度(1/10)
 中高危険度(1/30)
 中危険度(1/100)
 低危険度(1/100又は1/200)
 想定最大規模

重ね合わせる
 重ね合わせる

内水氾濫の水害リスクマップ

の頻度を表示したものであるので、必ずしも厳密に広い意味でのリスクではありませんが、浸水深ごとに浸水頻度を示したもので、どれぐらい、どこがどれぐらい浸かりやすいかというのを示したものです。

作り方としては、これまで計画規模とか、あるいは想定される最大規模の浸水想定区域図をつくってきたわけですが、より高頻度で起こるような降雨の浸水想定図をつくって、それを重ね合わせて30cmの浸水深で重ねると、30cmの浸水の10分の1の浸水頻度の場所はここです、30分の1の浸水頻度の場所はここですというようなかたちで、浸水深ごとに浸水頻度が示されています。

それを、本川氾濫に対してつくるものと、内水と支川を含めてつくるものと、各々つくった上で、さらにそれを重ね合わせて内外水統合の水害リスクマップが作られます。

このようにして水害リスクマップをつくるわけですが、その過程で多段階の浸水想定図というのもできるので、こういったものも含めて水害ハザードをどう評価していくのか、後ほど説明したいと思います。

(スライド7) この水害リスクマップの読み解き方をお示したいと思います。

従来の浸水想定区域図は、皆さんよくご存じのように、浸水深、すなわち水害ハザードが示されており、想定最大規模の降雨とか、あるいは計画規模の

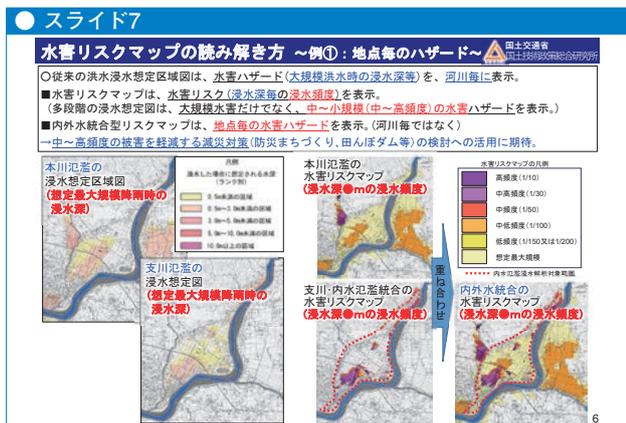
降雨に対する浸水深が示されています。

これは従来、洪水予報河川とか水位周知河川に関して、水防法上示さなければいけないとなっていて、主に避難を目的につくってきました。私はある市町村長から、これを示されても逃げるところがないとか、まちづくりとしてどうしようもないと言われたことがあります。

ではそれを解決するにはどうしたらいいかというときに考えられるのが、水害リスクマップです。水害リスクマップは、浸水深ごとの浸水頻度、つまりどこが浸かりやすいかということが示されます。さらに多段階の浸水想定図では、大きな規模の水害のときの浸水深だけではなくて、中小規模、頻度の比較的高い洪水時の浸水深が示されます。これを使えば、どこに逃げたらいいか、どういうまちづくりをしたらいいか分からないということに対して一つの答えになると思います。

さらに、これを本川と支川・内水を重ね合わせてつくられる内外水統合を見ると、今まで河川ごと、つまり、本川氾濫に対する浸水想定、支川氾濫に対する浸水想定と、河川ごとにつくられていたものを、この地点だったらどれぐらい浸かりやすいのかというのが、地点ごとに浸かりやすさが分かるというものになります。

これらを重ね合わせると、比較的高頻度の高い被害をどうやって軽減するかという、減災対策を考えていく素材、道具、そういったものになるのが水害リスクマップだと思います。



(スライド8) さらに具体的に、水害リスクマップの読み解き方を、ある河川を事例に、内外水統合のリスクマップを分解した解釈を説明します。

左上の図は50cm以上の内外水統合型のリスクマップです。本川氾濫の影響で、広域的に中高頻度で浸水が広がるとなっていて、本川氾濫でどこもかしこも床上以上の浸水になるということが、ひと目で分かります。さっきと同じ話で、ではどこに逃げたらいいのかとか、どういうまちづくりをしたらいい

いのか分からないというふうになります。

左下の3m以上のリスクマップを見てみると、浸水頻度の高い場所は結構限られてきます。広域的に薄い黄色になっていて、想定最大では全域で3m以上になります。比較的頻度の高い浸水で軒下浸水になるのは、比較的限られた範囲ということが分かります。つまり1階で避難しては危ないという場所は割と限られている。少なくとも頻度の高い洪水ではですね。こういう3m以上のところで頻度が高い場所に対して、河川事業による対策をするというのも一つですし、ここはもう住まないというようなエリアにするのも一つかもしれません。そういった方向性を、ハザードを知ることで検討できます。

右下に、支川内水統合型、要するに本川を除いたものですね。左上の図は内外水統合型で、本川と支川と内水と全部見ているわけですが、そこから本川を除いた、右下の支川と内水の統合型を見ると、支川・内水からの氾濫で床上浸水である浸水深50cm以上になる浸水面積は、割と範囲が限られているということが分かります。これを解釈すると、本川の氾濫の前にこういうところが浸かりやすいということが分かります。本川氾濫すると、もう全域が浸水してしまうけども、本川氾濫の前に浸かり始める場所が分かるわけですから、そういうところは本川が氾濫すると避難しにくくなるので、本川氾濫の前に重点的に避難指示、あるいはもっと早い段階で避難指示を出していくとか、なるだけ住ませないとか、あるいはピロティ形式にするとか、そう

いった対策もあるかもしれません。こういう判断のために、リスクマップを活用することができます。

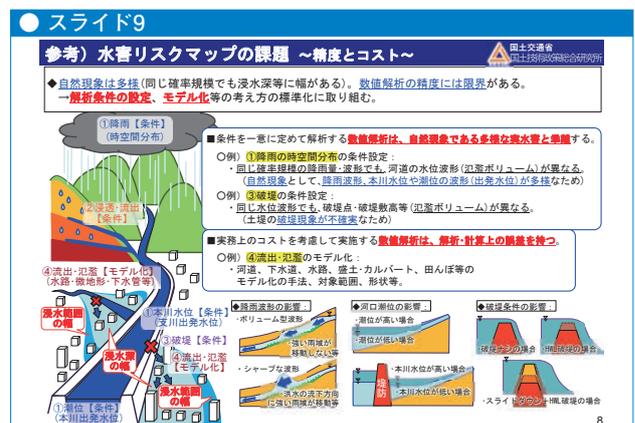
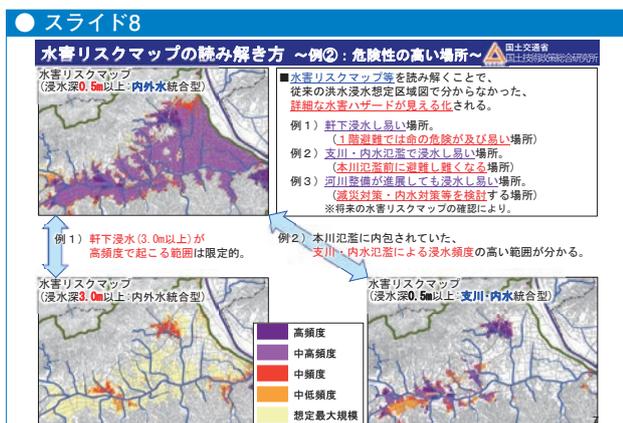
ほかにも、将来の水害リスクマップ、つまり、河川整備が進展したときのリスクマップを見れば、L1のメニューが完成しても浸かりやすい場所が分かります。そういったところは、じゃあ内水対策しようとか、あるいはもう減災対策をもっとしないといけないということが分かります。

このように、リスクマップ1枚を見て、これで全てが分かるというものではなくて、一つ一つ分解して丁寧に見ていく作業が必要だと思います。

(スライド9) これはちょっと脇道にそれます。では水害リスクマップをつくれれば全て解決するのかといったら、それはそうではないという問題提起です。

これも今、水害研でどうしようか考えているところですが、そもそも自然現象は多様なわけですね。同じ100分の1の降雨であるにもかかわらず、整備計画目標波形が来たらこのようにあふれないけど、シャープな波形が来たらあふれる場合もあります。

同じ確率規模の降雨であっても、降雨の時空間分布が変われば、あふれる場合とあふれない場合、要するにハザードが変わる場合があります。それは出発水位でもそうですし、いつどこで破堤するかも、先ほど堤防脆弱性の話が出ましたけれども、そういう条件設定も同様です。また、下水道とか水路と



か、そういったモデルをどれぐらい精緻にやっていくのか、コストをかければ丁寧にできるかもしれませんが、どこかで実務的には限界があります。

その辺をどれぐらいにしたらいいのか。今からお話するリスクマップの活用をイメージしながら、どの辺を落とすどころ、あるいは標準的な手法とするのかというのを考えていかなければいけないと思っています。

いずれにしても水害リスクマップは、解釈の仕方です。いろいろ水害ハザードがあぶり出されますが、水害リスクマップ自体の課題もあります。

(スライド10) 合意形成過程の話に戻りたいと思います。

合意形成過程、減災対策を推進しようとみんなで認識共有をしていただく過程と、その次の過程として、ではいろいろ具体的に検討していく過程とあって、先ほど水害リスクマップの事例を用いてお話ししたのは、減災対策なしの場合で、現況あるいは将来、どのようなハザードがあるのかというのを知らせていただく話でした。これからは、では減災対策を適用した場合にどのように見ていくのかというのをお話ししたいと思います。

(スライド11) その前に、また協道にそれまでも、リスクカーブについても、リスクの評価手法として分かっておいていただきたいと思います。

リスクカーブ、これは国総研として気候変動のプ

ロジェクトとしてやってきたものでして、新しい治水フレームとして提言されています。これ、ホームページで公開されていて、この第Ⅲ部-2というのを見ていただいたら、このリスクカーブが詳しく書いているので見ていただきたいと思います。

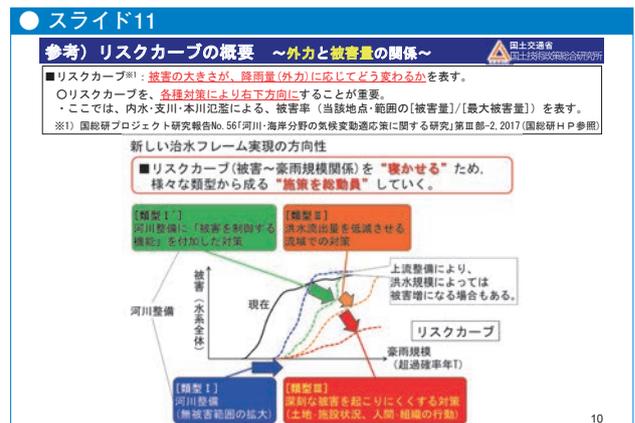
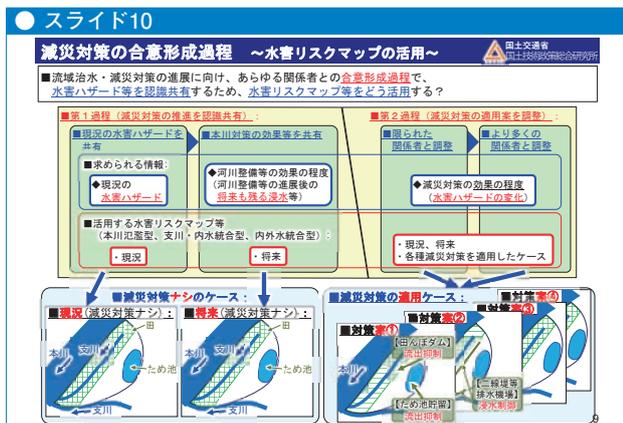
縦軸に被害の規模を示して、横軸に豪雨の規模を示しています。降雨規模が、低頻度あるいは大規模な降雨になるに従って、どこかで無堤部から氾濫して、そして有堤部で破堤して被害が大きくなるというような、現在のハザードを示します。これが、河川事業が進展すれば無害流量が大きくなるので、被害が発生し始めるのが遅れるわけですが、上流の堤防整備をすると下流に負荷がかかって、被害が大きくなる場合もあるかもしれません。これをさまざまなその他の対策によって、この被害をどんどん小さくしていくというのが大事だと、右下方向にリスクカーブをしていくのが大事だという考え方が提示されています。

このようなリスクカーブで、被害の規模を評価していくのが大事だと思います。

(スライド12) リスクマップとリスクカーブで表したリスクの表現手法と合わせながら、説明したいと思います。

減災対策の合意形成過程において、どのような減災対策を適用したら良いかを説明します。

とある氾濫ブロックをイメージしていただいて、本川が流れていて、支川が2本、低平地、河川沿い



に流れているものと、山から支川が入っているみたいな氾濫ブロックをイメージしてください。この低い河川沿いのところには田んぼがあって、ちょっと高いところのため池がある。この流域において、ここを田んぼダムに使うとともに、ため池貯留をするというような流出抑制対策をしたらどうなるかということです。

あくまでイメージですが、内水氾濫が起こって、支川氾濫、低いほうの支川氾濫と、上流からの支川氾濫が起こっていたものが、ため池貯留とか田んぼダムをします。これにより、内水氾濫が小さくなる。支川氾濫も若干小さくなる。けれど、本川氾濫にはこのような対策が効かないので、本川氾濫はあまり変わりません。これをリスクカーブで表すと、対策なしの黒い破線よりも、対策をすると支川氾濫ぐらいいまではこの氾濫ブロック全体的な被害の量はちょっと減るけれども、支川氾濫が始まるとだんだん田んぼダムの効果が小さくなる、大体こんなイメージだと思います。

これをさらに地点別に、地点Aと地点Bで見ると、地点Bは田んぼダムの中です。田んぼダムの中は、洪水を貯留するのでちょっと被害が大きくなる。だけど、その効果で、地点Aは内水氾濫による浸水が発生しなくなる。しかし、支川氾濫が起こると急激に被害が大きくなって、田んぼダムがない状態とあまり被害の量は変わらなくなる。

つまり、田んぼダムとため池、こういうような減災対策をすると、高頻度の浸水が解消されるAのよ

うな地点がある一方で、田んぼダム等の浸水を許容しなければならない場所ができる。つまり、メリットが生じる地点とデメリットが生じる地点と、このように出てくると思うわけです。

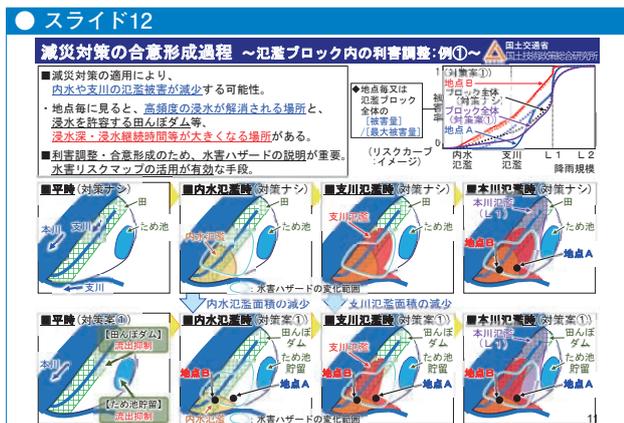
このようなことを考えると、同一氾濫ブロックの中だけで見ても、利害調整とか合意形成を図っていく必要があるわけですから、このように丁寧に、対策ありと対策なしのリスクマップでハザードを説明していくことが大事だと思います。

(スライド13) 別の案としては、ここに二線堤を設置して、ここに霞堤を設置して、ここに排水ポンプを設置した案をイメージします。

そうすると、二線堤があるので、内水氾濫で浸水する範囲はこの限定的な範囲になります。恐らくここにもたまる内水がありますが、このポンプにより、もうここは水に浸からなくなるというイメージです。

さらに、支川氾濫も、この二線堤で制御されまして、この霞堤で上からの支川氾濫も制御されれば支川氾濫も防ぐことができます。この二線堤の高さ次第ですが、本川氾濫も防げる可能性がある。

そう考えると、リスクカーブ上は、氾濫エリア全体で見た場合の被害の量は、田んぼとかが浸かり始めるのでわずかに被害はあるけども、L1が来たとしても氾濫ブロック全体で見ると極めて小さい被害で済むと思います。



一方で、地点ごとに見ると、支川氾濫が起こったぐらいから多分この二線堤の外側は浸水深が深くなるでしょうから、この地点Bでは被害が非常に大きくなって、農地の人たちは被害の量が大きくなります。地点Aが、L1洪水まで浸水なしの状態にできて、ここの資産、例えば市役所がここにあるとか、鉄道が走っているとか、そういうような場所とします。その場合、この地点Bの被害が大きくなる人たちには申し訳ないのだけれども、このような対策で地点Aの浸水安全度を上げた方がいいのではないのかという合意形成をこの氾濫ブロックの中で取るべく、水害ハザードがこう変わるのでこのような対策をしませんかという利害調整、合意形成があると思います。

(スライド14) さらに、これを水系全体でどう理解していくのかというものをお示しします。

氾濫ブロックの利害調整、先ほど申し上げたように、安全度が上がる場所と被害が大きくなってしまいう場所があります。減災対策の案、案1の場合は、支川氾濫が起こったらあまり変わらなくなるのに対して、二線堤のようなちょっと強力な氾濫制御によってA地点を守ることができるわけです。

それをさらに水系全体で見ると、ここのブロックでこのような対策をする、ここのブロックでこのような対策をするというのを個別に考えていって、それを積分するようなイメージでしょうか。さらに、本川氾濫をこの流域で受け持つことができれば、下流の安全

度を上げることができる可能性もあるわけです。

ただそういった場合、じゃあ別の氾濫ブロックを守るために、ここのB地点の人たちには被害なり浸水なりを許容していただくのか、そういった水系全体の合意形成に次はなると思います。

氾濫ブロックでの議論のその先には、本川洪水のやり取りによって、下流を守る、下流の安全度を上げる合意形成も出てくると思います。そういった合意形成を図っていくと思います。

(スライド15) まとめです。

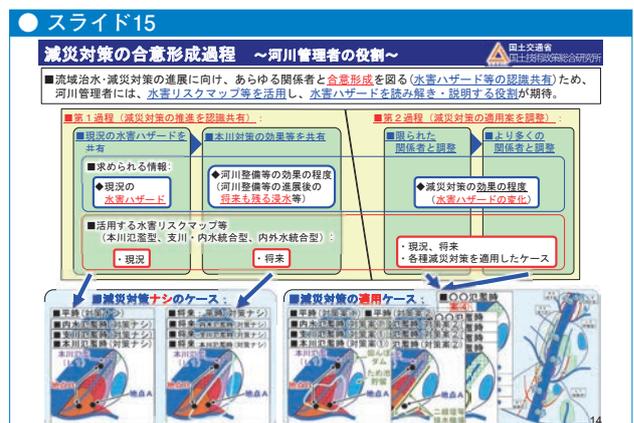
流域治水においては、減災対策は進めるべき重要な対策です。この減災対策の推進には合意形成が重要で、その過程が二つあります。

まずは認識共有をしていただくために、現況あるいは将来の水害ハザードをリスクマップなどで説明・把握していただくことが重要です。

さらに減災対策をいろいろ適用した場合どうなるか、氾濫ブロックごとに案1、案2、案3、案4などをつくって、さらにそれが水系全体でどうなるかも考えていく必要があると思います。

また、水害リスクマップ自体が、今までの浸水想定区域図のように浸水深を表しているものではないので、なかなか理解が難しいし、自然現象の多様性との乖離の課題もあり、理解も非常に難しく、さらに枚数も多い。

一般の人たちに近い人たちにご理解をいただくことが、減災対策の合意形成に必要なわけですから、



それをいかに分かりやすく説明していくのか、河川管理者あるいは河川管理者と連携している、今日いらっしゃるコンサルの皆さんに求められる役割のかなと思っています。

(スライド16) 最後、補足として、現在検討中の感度分析の結果です。

具体的に減災対策がどういうところでどういう効果が発揮されるのかというのを、これからどう評価していくのか、標準化していくのかという課題の入り口段階です。

横軸に10分の1、30分の1、50分の1と、横軸に降雨の規模が大きくなります。縦軸に浸水の面積を表していて、青いところが30cm未満の浸水深、オレンジのところが50cm未満で、グレーが50cmから1mです。

典型的な拡散型の氾濫ブロックで整理すると、降雨の規模が大きくなるに従って、浸水面積自体は広がる。拡散していくので。一方、深い浸水深の面積は大きくなり、浅い浸水深の面積が大きくなります。例えばこういうところで二線堤をすれば、そんなに高くない二線堤で、浸水面積の制御、氾濫の制御ができる可能性があると思われれます。

典型的な貯留型の場合だったらどうなるか。浸水面積の総量自体は、降雨の規模が増えても、若干右肩上がりですがそんなに変わらない。一方で、深い浸水深のところの面積が大きくなっていく。これは洗面器に水をためてみたらどうなるかというような

イメージだと思います。浸水面積は大きくなりませんが、深くなるというイメージですね。

こういったところだったらどうするのかというのは、ちょっとごめんなさい、直ちには言えませんけれど、こういう特性のところ、だから、じゃあこういう対策をしていこうとかというのがあってもいいかもしれません。

一方で、一般的に典型的な拡散型、典型的な貯留型、あるいは流下型と言い切れる地域ばかりではありません。拡散型と貯留型の両方の特性を持っている、つまり浸水面積は増えるけれども、深い浸水深のところが増える場合があります。拡散氾濫の途中で道路盛土があれば、局所的に貯留型といいます、ぐっと浸水深が大きくなる場所になります。

そういったハザードの特性を踏まえて、減災対策の効果はどう見ていくのかというのを、氾濫形態、例えば氾濫形態とハザード特性が大体関連していると思っていますが、こういうような指標で整理していくのかなと思っています。

また12月のときに結果がある程度出ていれば、ご説明できればと思います。

以上で終わります。ありがとうございました。

司会 井上さま、ありがとうございました。

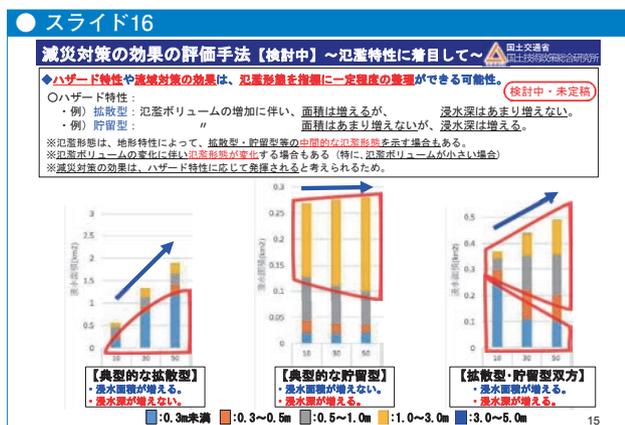
<質疑応答>

司会 それでは、まず井上さまのご発表に対して、意見、ご質問等ありましたら、よろしく願いいたします。

それでは、お願いします。

天野 (河川財団 河川総合研究所 所長) 1点お願いします。

このリスクマップを活用ということで、流域全体で氾濫ブロックのここ、おそらく資産が集中しているようなところの被害の頻度を下げる。下げるために、言い方は悪いですけど、どこかがちょっと犠牲になるというのを考え得るという(この一番右のやつですね)お話がありました。私、実は国総研



のときに、こういう考え方もあるなという話をしていたのですけれど、こういう利害関係が非常に明確に分かってしまうというのがあると、特に被害が大きくなるというところの方の理解というのはなかなか得られにくいのではなかろうかということです。そこで話をしていたのは、まず第一歩として、一つの氾濫ブロックの中であれば、先ほどの田中先生のお話にもありましたけれども、最終的に浸かってしまうのだったら、ブロックの上流で氾濫が始まるよりも、下流から氾濫が始まったほうが、結局、最終的な水の浸かり方というのは一緒かもしれないけれども、逃げる時間が稼げるとか、質的に、基本的に誰も損はしない中で、よりよい方に移そうというのだったら理解されるのではないかと。そういう議論もちょっとしていたのですけれども。客観的に見ると非常に明快だし、論理的だと思うのですが、なかなか人の心情というのは、他人がもうけて自分が損するということに対して非常に抵抗感がある。私など、特にせこい人間なのでそうってしまうのですが、その辺をどのように乗り越えていくかというのを、お考えがあれば教えていただければと思います。

井上 流域治水の利害調整ないし合意形成については、おっしゃるとおりの課題があると思っています。

資産の大きさで、例えば都市部と地方部（で見た時）。さらに水系の中で見た時。でもそうは言っても、ふるさととはふるさとなわけです。結論からいうと、われわれの研究では、まずはその問題は置いておいて、どういった氾濫形態とか氾濫特性、あるいは地形特性のときに、どのようなハザード特性があって、そういったハザード特性を減らすには、どういった減災対策が有効になり得るのかを整理したいと思っています。

地に足の着いた議論といたら、ちょっと失礼な言い方になるかもしれませんが、まずはそこをやった上で、もっと言うと国総研ですから、ケーススタディというよりは、むしろ今の少なくともこの

1年ないし2年の間は、標準化といいます、基本的な考え方の整理といった辺りをまずはやっていこうと思っています。ただ並行して、現場では流域治水の取り組みは待たないですから、考え方を適用して行って、そういった利害調整に関する声をいただきながら、資産等の暴露を含むリスクの議論もしていくと思います。

もちろん問題意識は持っていて、ハザードの整理だけで全て片づくとは思っていないわけですが、あまり暴露や脆弱性の議論を考えてしまうと話が発散してしまうと思いますので、まずは物理的な部分から。

今日、理事長からお話があったように、リスクの重要性のお話がありましたけど、まずハザードのところをと思っています。

いかがですか。

天野 なかなか答えて、心情だとかそういうことになってくると難しいので、まずは客観的事実として、何をすればこうなるということをつまびらかにするところをやってやろうじゃないかということですね。

井上 はい。

天野 やはりそこから始めないといけないというのは、全くおっしゃる通りだと思うので、ぜひ進めていただければと思いますが、私が（国総研に）いた頃は、それはなかなか受け入れられないだろうということで、ちょっと先送りになった課題でもあるので、ぜひ頑張っていただければと思います。

井上 あともう一つ。こういった水害のハザードないしその変化というものが、先ほどお話ししたように、非常にリスクマップの枚数が多い、情報量が多いと思うので、それをいかに示せば理解していただけるのかという部分は、例えば動画とか、あるいはVRで表示するとか、そういったものは並行して考えていきたいなと思っています。

司会 ありがとうございます。

ほかによろしいでしょうか。どなたか。

では、田中先生。

田中 私の中でもやもやと考えていたことが、非常に分かりやすく整理されたなと思っていたのですが、最終的にやはり先ほどの利害の関係（の問題）はあるのですが、例えば立地適正化とか、そういうときに、どちらかというとか道路とか、そういう方面から今つくられていますけれど、こういう水害リスクをどんどん明らかにしていくことによって、将来の都市計画に誘導していくというのでしょうか、そういうものをどんどん誘導していくときの材料として、こういうことをどんどん活用していけばいいのかなと思っていますのですが、そういう長期的なものというような、今すぐこれを適用するというよりは、どちらかというとか長期的な誘導のほうに持っていく材料としての活用とか、そういうように考えているのか、あるいはやはりある程度中期的にもどんどん誘導していくような活用の方をするのか。どういうイメージでしょうか。

私などは、こういうものをどんどん見せられれば、そういうところから都市計画的に少しずつ少しずつ移転が進んでという方に活用できるのかなという思いで聞いていたのですが、その辺りはどうでしょうか。

井上 そうですね。2つあって。今、国交省では、全国の河川のうち先駆的に流域治水を進めていく河川を選定して、そういう地域では立地適正化計画の見直しをされている自治体があるので、われわれの研究が適用されればいいと思います。

一方で、立地適正化計画の見直しにしろ建築規制的な区域指定にしろ、やって直ちに効果が出るかというところ、そこは結果的に中長期的に効果が発現する

ことになると思います。

一方でハード的な、先ほどお示しました二線堤とか田んぼダムとかは、直ちにやれば直ちに物理的な効果が出てくるので、ハザードを減らす努力、対策は、すぐ着手できる部分もあると思います。

司会 ありがとうございます。ほかによろしいでしょうか。

質問者 いろいろ少し単純化した部分もあるのかなという気はするのですが、いわゆる浸水面積で評価していると思うのですが、時間を遅らせる効果などは、やはり無事に避難できる人とか、人命だとか、そういうもので評価すると、浸水面積が同じでも、結果として効果の差が出る対策もあると思うのですが、その辺はどのような感じでやられていますか。

井上 おっしゃる通りです。今回も、本当にまさに単純化するべく、この縦軸を被害率という言葉を使いました。地点でも氾濫ブロック全体でも評価できるように、浸水面積なのか浸水被害額なのか、ちょっとそこは曖昧にしています。「被害量」と曖昧にした指標を使いましたが、今後は浸水深や流速とか、レーダーチャートでいくつかの指標を整理して、地点ごとに見るとかそういったことなのかなと思っています。

ご指摘はごもっともで、浸水面積だけでも浸水深だけでも評価できるものではないと思っています。

質問者 ありがとうございます。

井上 丁寧に詳しく見ていきたいと思っています。

司会 ありがとうございます。

令和4年度

第2回 河川研究セミナー

**令和元年台風19号後調査等から読み取ることができる
堤防の洪水応答**

諏訪義雄（国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ グループ長）

水害リスク管理型の河道計画立案

福島雅紀（国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長）

**地域防災力を高めるための水防活動支援技術の方向性
～水防活動詳細実施過程の実態把握を切口として～**

武内慶了（国土交通省 国土技術政策総合研究所
河川研究部 水害研究室 主任研究官）

開催日：令和4年11月22日（火）

場 所：TKP 秋葉原ガーデンシティ PREMIUM ホール 2A

令和元年台風19号後調査等から読み取ることができる堤防の洪水応答

国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ グループ長 諏訪 義雄 氏

諏訪 ただいまご紹介にあずかりました諏訪です。

(スライド1) たくさんスライドを用意したので、全部については話せません。半分くらい説明します。残りの半分は見てもらえば分かると思います。

(スライド2) 早速始めます。私、今、明治用水頭首工の漏水事故の検討委員会というところに入っています。河川内の施設を所管する者の「技術力」について考えさせられています。その状況を知ってもらう必要があると思い用意しました。ホー



ムページを見ると分かるのですが、議事メモというのが出てきます。最新の検討委員会では、この4つの項目が出ているのですが、赤で強調したところ（「漏水発生メカニズムについて」）ですね。このことをお話ししたいと思います。

(スライド3) これも公表されている資料から抜粋したものです。2021年12月27日に最初の漏水事故が発生しています。主催者はこんなルートで漏水が起きたと推定しています。

左上の写真に吸い込み口の状況があるのですが、

● スライド1



2022.11.22(火) 15:00~17:30 河川研究セミナー
TKPガーデンシティPREMIUM秋葉原 ホール2A

令和元年台風19号後調査等から読み取ることができる堤防等の洪水応答



河道保全研究グループ
グループ長 諏訪 義雄



● スライド2

明治用水頭首工復旧対策検討委員会(第4回) 議事に関する委員長メモ

漏水発生メカニズムと原因の分析、本復旧に係る対策工法について、

□空洞の状況が把握できた。

□漏水発生メカニズムについては、引き続き、議論が必要であり、今後も検討していくこと。

□本復旧については、漏水発生メカニズムの検討結果に基づき、対象範囲、目標設定を明確にすること。

□本復旧のポイントとして、施設整備だけでなく、保守、点検といった維持管理面の視点も組み込んでおくこと。

出典: <https://www.maff.go.jp/tokai/kikaku/meiji/attach/pdf/220930-13.pdf>

● スライド3

2021年12月27日



出典: 第4回検討委員会資料 資料5発生メカニズム
<https://www.maff.go.jp/tokai/kikaku/meiji/220930.html>

吸い込み口の水中にダイバーが潜ってみると左下の写真にあるような隙間が開いていて、ここから水が吸い込まれていたということです。出口の写真があると思うのですが、ホームページには載っていないですね。

(スライド4) その後、これについて一定の対策を取りました。そうしたら翌年5月になりまして再度漏水が発生しました。これがその状況です。前年12月の時よりももっと大きな渦を巻いていまして、下流の吐き出し口で水が湧き出す現象が起きています。

皆さん、これを見て「このメカニズムは何だ」と言われたら、どう思いますか。天野所長、これ何でしょうか。

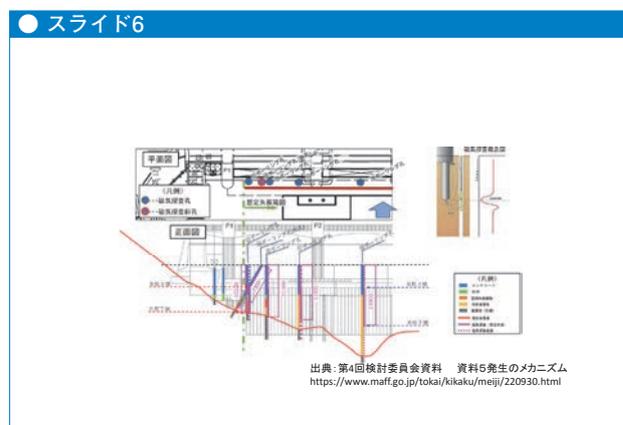
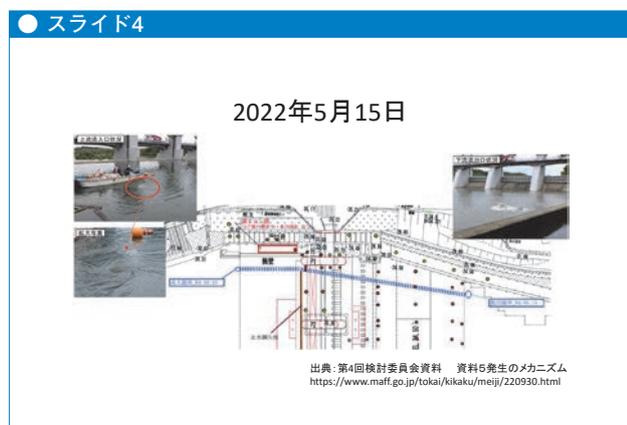
天野 いきなりですね。これはいわゆるパイピングと言われていものではないでしょうか。

諏訪 そうですよ、私もそう思います。ところが、(委員会の)主催者はパイピングと認識しな

かったそうです。委員会はパイピングだという共通認識ですが、主催者はいまだにパイピングだと確信をもてていないように私には見えます。

(スライド5) その2日後です。ここでさらに激しく噴き出すようになりまして、もう、水位が維持できなくなって上流側がカラカラになった。こういうことになりました。

(スライド6) これが堰軸の横断面図です。その後の調査で調べた断面図なのですが、上の平面図に赤線で書いてあるのが、止水矢板という浸透路長を稼ぐ矢板が堰軸に入っているのですが、これが右岸側の途中までしか入っていないということが分かりました。このP1堰柱のところにはなかったのです。その理由は、頭首工が完成したのが1958年で、当時の施工技術ではおそらく硬い岩を砕いて矢板を突っ込んで、遮水処理を施すという技術はなかったのです。硬い岩が浅いところに出てくるもの



- スライド7
- 主催者検討
- ・ 要因 経年・劣化関係 頭首工建設後に発生した主な洪水
 - ・ 明治用水頭首工は、昭和26年度～昭和32年度までの7年間で建設。その設計は、河川計画(当時)の計画高水流量2,800m³/s(頭首工地点)に基づいたもの。
 - ・ 昭和49年に改定された河川計画では、計画高水流量は、頭首工設計当時の約2倍の5,500m³/s(頭首工上流地点)に変更。
 - ・ 設計当時の想定を超える流量が度々流下しており、エプロン等への外力が発生。

だから、それでこちら側に遮水矢板を入れるのを諦めていたようです。そこで漏水経路となった右岸P1下には止水矢板がないという状況がありました。（注：止水矢板がなくとも必要浸透経路長は満足している（委員会資料参照））

（スライド7、8、9）主催者にはいろいろな原因を検討していただいたのですが、いろいろなことが書いてあります。要因、経年劣化したとか下流エプロンも劣化しているとか、いろいろ書いてあります。私が看過できないと思っているのは、この中小規模の洪水で、跳水が起きて（洪水が）発生したのではないかという仮説を立てておられる点です。

（スライド10）これに対して、この「委員の意見」というのは私の意見と思ってもらって結構です。

（スライド11）いろいろメカニズムを書いてくれているのですが、設計基準が20年代のもの、左

岸取り付け部に岩着矢板が存在しない、N値10未満の砂層が存在、とか書いてくれているのですが、率直に言って、今回のパイピングについてこれらは関係ないです。なので（主催者が提示した資料では）結局残った要因がほとんどないという状況です。

（スライド10）特に驚いたのが、パイピングというのは、上下流の水位差で起こるのですけれども、この堰では、洪水が起きると、むしろ上下流水位差は減るのです。なので、平常時が最大なのですが、平常時を検討するという視点が抜けている。これは後で、委員会資料を見てもう分かるとは思いますけれども、そうになっています。

（スライド12）この図は、ボーリング調査でエプロン下の空洞を調べた結果をまとめたもので、パイピングの結果生じた空洞を等深線で表現しています。こういう大きな穴が空いたのです。ここに最初に出てきた吸い込み口と吐き出し口、2回目の吸い

● スライド8

主催者検討

- 発生要因 経年・劣化関係(下流エプロンの劣化状況と対応①)
- 昭和50年頃までに生じた度重なる洪水により、河床掘削工の沈下や破壊が発生。
- 昭和53年から昭和58年まで国営事業で下流エプロンの堰本体に近い部分を改修。
- 発生要因 経年・劣化関係(下流エプロンの劣化状況と対応②)
- 平成16年に右岸洪水吐き4号近くのエプロンの接合部から漏水が発生したため、ポリマー材の注入により止水。
- また、漏水箇所周辺も摩耗により鉄筋が露出していたため、コンクリート打設により補修。
- 発生要因 経年・劣化関係(下流エプロンの劣化状況と対応③)
- 平成20年に明浜用水管工の機能保全計画を作成するため、施設の機能診断を実施。(ただし、上・エプロンへの供給があるため、通水を停止させない管理を行っており、調査は限定的なものとなっている。)
- エプロンについては、摩耗、ひび割れ等により、一部に筋骨材の剥離・鉄筋露出・欠損が認められ、将来的に補修が必要な状態。
- 発生要因 経年・劣化関係(下流エプロンの劣化状況と対応④)
- 平成27年から令和3年までに頭首工の耐震対策を実施する中で、ケーソン対策の施工に併せて、上流及び下流エプロンの一部を更新。
- P1堰柱は、耐震性能確認結果施工対象外となったことから、P1堰柱上下流のエプロンも更新の対象外

● スライド10

委員の意見・見解

- 漏水メカニズムは「パイピング」である。
- パイピング外力である上下流水位差は平常時が最大、洪水時は水位差が縮小する。検討対象は洪水に絞らなければならない。常時に進行していることも念頭に検討する必要がある。
- パイピングの空洞範囲、最初の漏水である12月漏水のみならず12月漏水・5月漏水の湧き出し口の分布状況を見ると、「強コンと弱コンの継ぎ目間から湧き出し口までの間でパイピングが発生した。下流エプロン継ぎ目間からも湧き出しはあるが、メインではない。下流エプロン継ぎ目間までパイピングが発生していた可能性はある。今回のパイピングはエプロン下流で発生しているため、下流エプロン継ぎ目間からエプロン下流までのパイピング拡大したと想定する場合はメカニズム説明(パイピング外力である水位差が発生するメカニズム)の説明が必要。
- メカニズムは、強コンと弱コンの継ぎ目間が発生した後、浸透経路長が短縮したことにより急激にパイピングが進行したと判断される。継ぎ目開きの存在を認知できるのは、2021年4月。現在のところ継ぎ目開きが発生した時期を特定できる情報はない。
- 主催者が主張する、400m³/s規模の中小洪水で漏水発生位置がエプロン下流端となった際に、吸出しによりパイピングが発生したというメカニズムは、仮説としてはありうる。このメカニズムであれば、吸出し発生による表状(ブロックの沈下、噴砂山)が下流護床工に見られるはずである。しかし、2018年1月取得の空中写真、2018年5月取得の空中写真では、下流護床工には全く表状が見られないので、今回のパイピング発生メカニズムとしては棄却されるもの。なお、右岸側下流エプロンで確認された0.1mの空洞は、1984年の護床工補強工事前に洪水時に生じていたパイピング空洞が残存したものである可能性がある。
- 主催者が主張する、洪水によるエプロンの摩耗等損傷による劣化は、エプロンの強度等の材料劣化の説明ではあるが、パイピングメカニズムの説明にはならない。

● スライド9

主催者検討

- 発生要因 経年・劣化関係(下流エプロン下流端部の跳水による影響①)
- ※洪水の規模が400m³/s程度までは、下流エプロンの範囲で跳水が発生。
- ※洪水の規模が500m³/s程度を超えると跳水の発生位置は、護床工の範囲
- 発生要因 経年・劣化関係(下流エプロン下流端部の跳水による影響②)
- 公開されている高橋観測所(頭首工直上流)の水文データ(2002年～2020年の19年間)から過去の洪水履歴を整理。
- 19年間400m³/sを超える日が77日発生。昭和33年の供用開始から昨年までの63年間に換算すると255日程度発生。
- 約400m³/sの流量時にエプロン下流端部の跳水により土粒子の巻上げが生じ、この繰り返りにより、下流からのパイピングホールの形成に影響したものと推察。
- 発生要因 経年・劣化関係(右岸下流エプロン空洞調査結果)
- 右岸下流エプロン下の空洞状況を確認するため、コア抜き調査を実施。
- R1-4は空隙0.10m(速報値)を確認。
- 簡易貫入試験は河川水位が下がった後に実施。

● スライド11

メカニズム検討における主催者との乖離

4	パイピングメカニズム(案)	資料8-1
	今回のパイピング貫通ではエプロンの継ぎ目開きは要因ではない。 強コンの継ぎ目に止水板があった点が問題	
1	設計は基準が制定される昭和20年代のもの (エプロン継ぎ目に止水板が存在しない)	継ぎ目開きにより、パイピングが発生
2	安海取付付付に耐震の止水矢板が存在しない (既存する箇所が不正確(存在しない矢板を記録)) 止水矢板が存在しなくても浸透経路長は満足しており、パイピング発生要因におけるは不適切	
3	浸透経路長検討で考慮済みであり、パイピング発生原因として抽出する要因ではない	
4	堰下、厚さ2～3m程度、N値10未満の砂層が分布 上流及び下流エプロン下に、砂層が分布	
3	経年による材料や地盤の変化 エプロン接続部のコンクリートの劣化や摩耗 魚道等の強コンクリートやエプロン下の基礎地盤の摩耗 石礫等の接触による魚道等の強コンクリートやエプロンの損傷	
2	経年による材料や地盤の変化の可能性を裏付ける材料はない 経年だけには絞ることはできない 今回のパイピング貫通とは関係ない 魚道等の強コンクリートやエプロン下の基礎地盤の摩耗 石礫等の接触による魚道等の強コンクリートやエプロンの損傷 今回のパイピング貫通ではエプロン劣化変化は関係ない 強コンに砂層摩擦劣化は確認できない	

込み口と吐き出し口を書きました。吸い込み口と吐き出し口を結ぶ経路が浅く見えるのは、これは硬い岩が出ているからだだと思います。両者を結ぶ経路から空洞が広がっていったということです。次の写真を見たほうがいいかな。

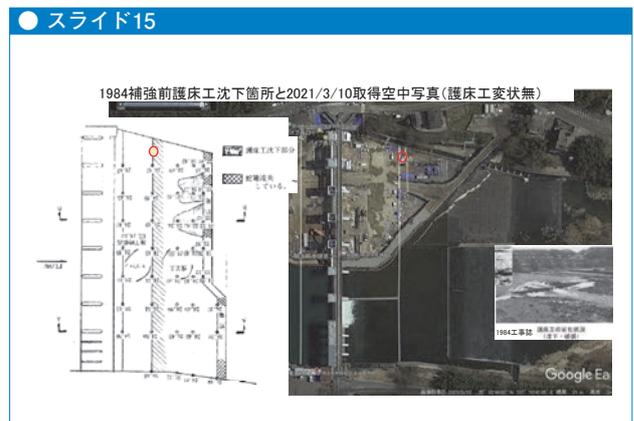
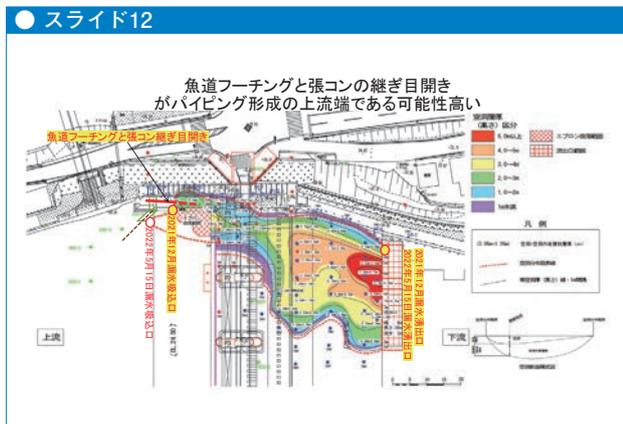
(スライド13) 現場に行ってみると、ここ(赤い楕円で囲った範囲)に何かあります。何か線、何か修復したような跡がある。聞くとこれは、目地開きで、魚道のフーチングと、緩斜面に張りコンがあるのですが、そこ間の継ぎ目が開いた跡だと。こういうことでした。

(スライド12) もう1回戻ると、この継ぎ目開きをプロットしてみると、この経路から見て、どうもここ(目地開き)から水が入った。パイピングのきっかけになったのではないのかということが推測されるわけです。こういう可能性を挙げてくれない。この可能性をメカニズムとして挙げる必要が

あるという意見を申し上げています。

(スライド15) 主催者は洪水で起きたという主張をされています。1回、この堰は修復工事をしていて、そのときに、右下の写真や左の図面のように下流側の護床工が滲筋を形成するように沈下しているのです。このような護床工沈下が起きた。こういうことが起きれば、確かに私も吸い出しが進んでという可能性はあるかなと思います。なので、先ほどの中小洪水で起きたというものも仮説としてはあると思っているのです。ところが、その可能性を裏づける証拠を集めるということをやってくれていないので、仕方がないので、私が自分でやりました。この空中写真(スライド14およびスライド15)です。

(スライド14) これは空中写真。今Google Earthで見られますので、見てみると、スライド15では耐震工事で左岸側を水替えしています。漏水事故が起こる前の2018年の時点で見ると、吐き出し口も



含めて、護床工には何の沈下も起こしていないし、何の変状もないのです。こういうことで「中小洪水による吸い出し」という仮説を今回のパイピング貫通メカニズムとして上げるのは無理があるのではないかと申し上げていると。こういう状況です。

(スライド15) 修復工事で、あわせて護床工を延長・増設するという工事をやっているのですが、そのときの絵に重ねて見ても、右下の写真からも護床工沈下の滲筋は吐き出し口までは達していません。ただ、右岸側にその後ボーリング調査をすると、10cmぐらいの空洞があったと言っているから、右下の写真の右岸側に見られる護床工沈下滲筋と右岸側エプロン下の空洞が対応している可能性があるように見えます。だから、中小洪水で護床工沈下が生じる吸い出しが発生していれば、その吸い出しがエプロン下に及んだという可能性もあるかなと思っていますけれども、スライド14、15の通り護床工には何の変状も見られませんので、今回の漏水・パイピングとは関係ないと思っています。

(スライド16) ここから配付した資料です。前提として、いろいろ河川のことを考えるときに、やはり真に河川を理解することは重要だと思っています。先日亡くなりました宮村（忠・元関東学院大学名誉教授）先生の『水害』（『水害—治水と水防の知恵』）という本。私、河川に携わる人は絶対読まなければいけない本だと思っています、そのあ

とがきに書いてある言葉です。先生の師匠の一人が小出博（元東京農業大学教授）という先生なのですが、その先生の言葉に「真に河川を理解するためには、自然史と社会史の両面からの追求が不可欠である」と、こういうお話をされています。いろんな事象を調べるにつけ全くそうだなと、私は深く共感するところです。

それから同じように山本三郎（元水資源開発公団総裁）さん。亡くなられる前に昏睡状態の中で「河、河…」とつぶやいておられたということで。宮村先生は現地からの河川工学、つまり水を知る「知水」が基本であるということをおっしゃっていて、全くそうだなと思っています。こういうことを忘れてはいけないなと思っています。

河川というのは自然公物だということはもともと言われていると思いますけれども、今風か分かりませんが言葉を言い換えると、ストックインフラなのです。何十年も前から施設整備等をいろいろ積み上げて、その時代時代の施設が並んでいるという施設群です。こういうシステムなので、ストックインフラだから歴史なしに理解はできないと思っています。だから、水理学だけやっているのでは駄目だというように思っているところです。

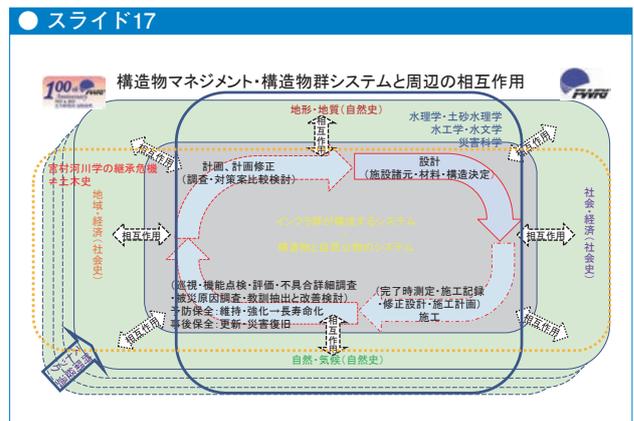
(スライド17) それを概念図にしてみたのがこちらです。いろいろ計画を立てて、設計して、施工して、管理して、不具合があれば補強する。こういうサイクルを繰り返していると思うのですが、こうい

● スライド16

真に河川を理解する・知る・識る

- 河川は自然公物、かつストックインフラ・施設群システム(施設群=時代時代の地域要請に応える人の働きかけ)
- 河川工学(河川と人間を対象) ≠ 水理学(水の流れを力学的に扱う)
- 真に河川を理解するためには、自然史と社会史の両面からの追求が不可欠であることを、小出博元東京農業大学教授から厳しくご教示頂いた。その意味から、本書は小出河川学が基本になっている。
- 本書を校正しているさなかの4月28日、関東学院大学をご勇退されたばかりの安業敏一先生の訃報を受けた。河相論で知られる先生は、臨終の枕辺にあった山本三郎元水資源開発公団総裁に、昏睡状態の中で「河、河…」とつぶやいておられたという。現地からの河川工学、つまり「知水」が「治水」の基本であるという先生の言葉を遺言として、河川工学にたずさわる一人として深く心に銘じたい。

資料名「水害 治水と水防の知恵」あとがきより引用



うサイクルを繰り返していることの中に、この灰色の網掛け内をインフラとしていますけれども、そのインフラというのは、さっき言った自然史というものとの相互作用があるのです。雨とか、気候とか、地形とか、これらを自然史としています。これら自然史との相互作用があると私は思います。それ以外の、先ほど言った地域の経済とか、それから社会、経済とか、国際経済とか、これらを社会史としています。この社会史とも相互作用があると思います。

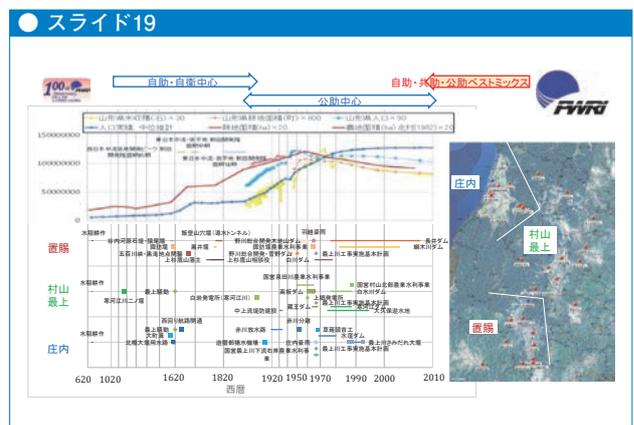
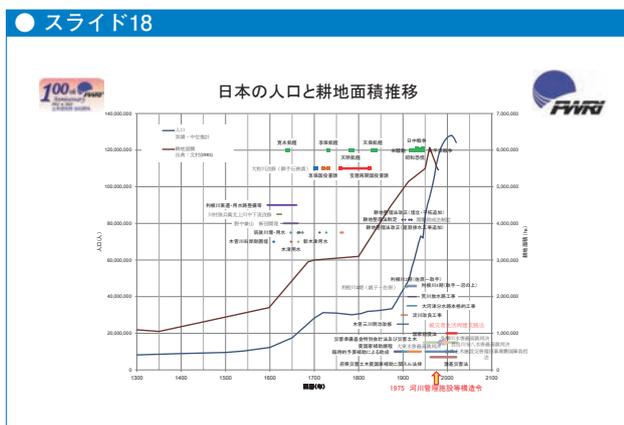
こういう自然史・社会史との相互作用が時代、時代ごとにあって、それが積み上がってきているのがストックインフラではないかなと思っていて、こういう姿を念頭に置きながら見なければいけないのではないかなというように思います。

(スライド18) これはひと昔前の国土交通白書によく出ていた図ですが、耕地面積と人口の推移です。その図の中で、耕地面積が増えると人口が増えるということを繰り返すわけですが、何が言いたいかというと、具体的に見ていくと1600年代、1800年以降等農地面積増加期、低地を開発するとかあるいは、先ほど明治頭首工の話をしましたけれども、明治頭首工というのは台地の上に水を引いて、それで田んぼを作ったりできるようにした、そういう工事です。そういった、水を引いて使える土地にするという開発事業をやってきたことで、養える人口が増えてきた。ということで、発展してきているとい

うことです。国土開発の歴史があるということですね。そういうことを忘れてはいけないと思います。

(スライド19) 今年(2022年6月)山形で『水シンポジウム』というのがあり、最上川について同じように県単位で見たらどうだろうかと調べてみたものです。これ、軸を対数グラフにしたので、右側をぐっと伸ばした形になっていますけれども、この黄色い線が米の収穫高です。農地面積が増える以外に、用水を作るとか、水の手当てをするということがすごく効いているのですよね。そういうことで収穫量が増えていっているということが分かります。ただ、県の人口は全国人口よりも先(戦後直後)にピークが来ています。人口増加・地域発展を支えているものが、いろいろな地域ごとにいろいろなインフラ投資をしてきていることと対応があるということが見えます。

(スライド20) 河川管理者とは何者だということをお話ししておきたいと思っています。まず、これはダムです。枠線の色には意味があって、黒い線は河川管理者がやっている事業です。それから黄色は電気で、青は水道です。緑が農業(ため池)。農業(ため池)が昔から作られていて、土地開発してきているから、古い歴史があるのです。そこに水道が最初にダム、近代ダムを最初にやったのは水道のダムです。外国の技術を持ってきたのか自分たちで技術開発したのか分からないけれど、そこでブレーク



スルーしているということです。そこにさらに電気が必要だということで、水力発電（電気）が入ってきて、大きな川にダムを造るということをやったわけです。それもすごいブレークスルーだと私は思っていますけれども、そこも電気の、水力発電の人たちが切り開いたとこういうことです。左上に100周年と（ロゴが）ありますが、物部（長穂）先生という私たち土研の自慢の先輩なのですが、先生が洪水調節にもダムが使えるではないかということを書いて、私たち河川管理者も洪水調整ダムを使おうということで最後に参入しました。

何が言いたいかというと、河川管理施設というのは、後発でちょっと肩身が狭いのかなということなんです。私、もっと河川管理者はすごい指導ができるのだと思っていたのですが、すごく抑制的に運用しています。そこがよく表れているのが、許可工作物ガイドラインの総説に書いてあることなのですが、「許可工作物については一義的には設置者の責により、技術的基準に基づき維持管理がなされるべきもの」だから、各自がちゃんと責任を果たすはずだと、こういうようにできているのです。なので、流下能力確保に関しては、ものすごく指導するけれども、それ以外のところは工作物設置者、先輩方のほうが技術は上ではないかこう思っているから、そのように抑制的に許可・指導するということ構図なのかなと私は解釈しています。

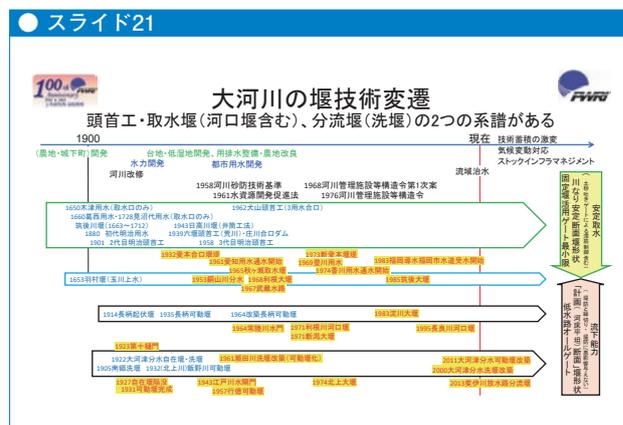
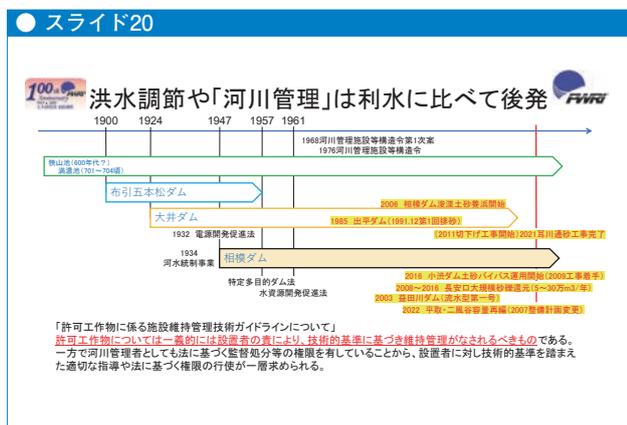
ところが先ほど言ったような明治頭首工のような状況なので、工作物設置者には高い技術力があると

いう構図は崩れているのではないかと、このままでいいのかと感じていると言いたかったのです。

（スライド21）堰も、同じように作ってみました。羽村堰（玉川水道）も古くからあるのですが、この場合は、農業の頭首工に歴史があって、彼らの堰を作る哲学と河川管理者が考えていた堰を作る哲学は違っています。河川管理者は、古い人間は分かると思うのですが、昔で言う計画断面で、河床が真っ平らになっている台形の計画断面図を描いて、それに合うように堰も設計し作りたがります。それは流下能力を確保するという観点に特化するからです。

一方、農業頭首工のほうは、できるだけ効率的な労力で作りたいからということもあるし、長年、川を見ていて、やはり川は河床が平らになるわけがないだろうと、そう言っているわけです。川なりを見て滲筋が安定している断面（箇所）を選んで、そこに堰と取水口を作るということをやっているわけです。私の理解だと、そういう2つの流れがあるものが、水資源開発公団、現在の水機構さんが両方の職員・技術者を集めているのですが、両者の技術・哲学が利根大堰とかそういう施設の設計・施工で融合したのかなと思っています。

その後、耐震照査の導入はやっているのですが、堰の技術進展というのは、止まっているかもしれないと思っています。



(スライド22) 今日は堤防の話なので堤防についてです。私は河川技術者で河川管理者の立場でしたから、河川ばかり見てきましたけれども、農水省さんの学会誌の論文集などを読んでみると、干拓事業などで軟弱地盤に堤防を作るのに相当苦勞しています。そちらの方で土工技術や土質力学が発達した経緯もあるのかなというように見えています。

私は海岸もやったことがあるので、海岸の話も入れてみました。伊勢湾台風の前、昭和28年の13号台風時の高潮で3面張り構造が効果的だと分かってきて、チリ津波を受けて津波対策にも応用していったという流れがあります。そのいろいろな流れがある中で、盛土技術も発達してきたという経緯を理解しておいた方がよいということです。

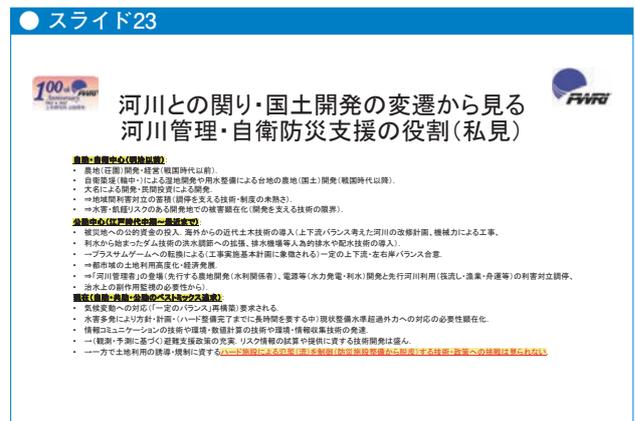
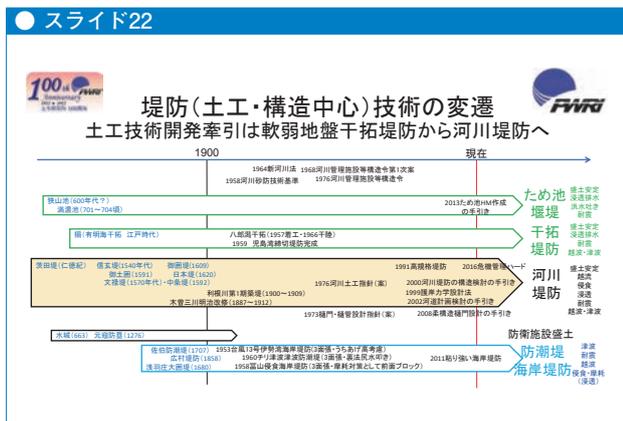
(スライド23) そういう諸々を踏まえた後に、河川との関わりとか、国土開発の変遷から見る河川管理という見方もあると思うのですが、これからは自衛防災支援という観点が重要だと私は思っています。そこで河川管理と自衛防災支援、それぞれにどんな役割があるのかということ、変遷、社会要請との相互作用の時間的流れという形で考えてみました。

明治以前は、河川管理の概念もほとんどなかったので、この時代は自衛をやっていたということです。今日は時間の関係で紹介しませんが、左右岸の利害対立とか上下流で利害対立するというせめぎ合いになっている時代がありました。

その後、近代の技術が入ってきたり、計画する技術とかが入ってきたので、私の解釈だとゼロサムゲームからプラスサムゲームに変えたということだと思のですが、近代土木技術で土地の価値を上げるという大きな便益を作り出して、明治以前の左右岸や上下流の利害対立というマイナスを見えないようにしたと言ったらよいのか、一定の発展を遂げてきたというように思っています。

最近再び、気候変動だとか洪水被害頻発という話が出てきて、計画・整備水準を超過する洪水も考えなければいけないという局面を迎えています。そういうこと（計画・整備水準超過洪水で被害発生を前提にしないといけない局面）になってくると、もう一回、明治以前の考え、知見というのか、そのときの教訓を生かした対策がいるのではないかなと思っています。それがこういう自助・共助・公助のベストミックスということなのではないかなと思っています。

その中でもう避難の支援は熱心にやられているが、第1回のお話にありましたが、土地利用をやっていきましょうという話が出ています。しかし、私から見て、足りないのではないのかと思うのは、これからはハード施設による氾濫流を制御する、そういう対策もやってもいくべきではないか。そう思っています。ハードによる氾濫制御にチャレンジしていくという動きがあまり技術開発や施策に見られないので、今後はそういうことをやる時代ではないかと思っています。これはあくまで私見です。



(スライド24) ハードによる氾濫流制御を考える際、小難しい分析をせずとも、破堤の原因とは何だったのかを振り返るだけで、過去にまとめられた先人のものをまとめてみる事ができる。するともう圧倒的に越水が多いのです。だから今後、減災をやると思ったら越流対策をやらずしてできるわけがないと思います。まず最初にやることは越流だろうと、こう思います。

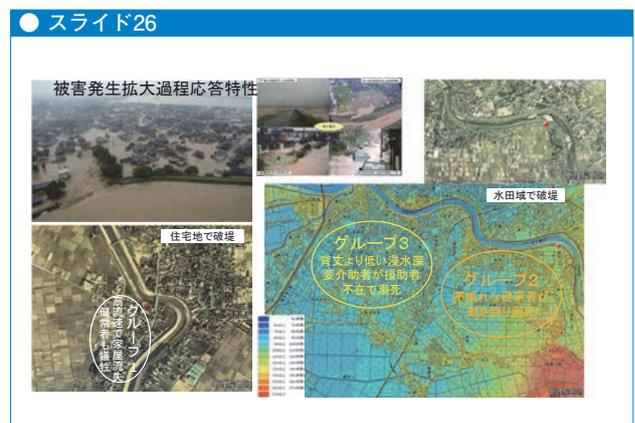
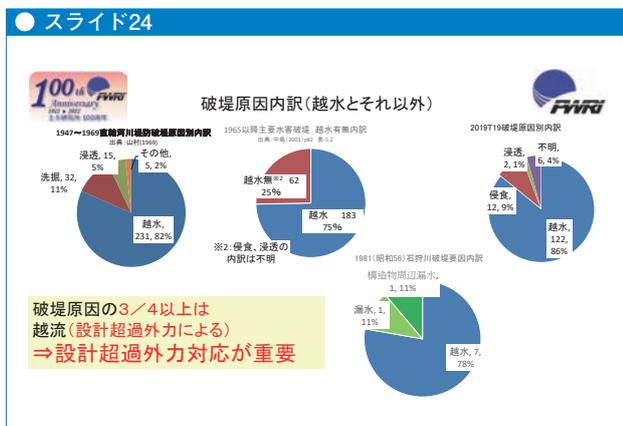
(スライド25) でも侵食も大事です。左側の事例です。侵食は砂利の川で激しく、この写真は小本川ですが、河川沿いの道路が侵食でやられる。冠水もあったと思いますが、やられた後、減衰期に水衝部のところに水が集まって、なかなか応急復旧がはかどらなかった。そんなことがありました。ライフラインが寸断するという被害・影響もある。こういう面も外してはいけない知見であると思っています。

一方、堤防が壊れるとすぐ大騒ぎするのですが、こちら札内川の場合だと、破堤しても堤内地の方が

高いから、氾濫流が広がる被害にならないのですね。だから起こる事象に応じて考え方を分けた方がいいと言いたい。

侵食とは関係ないが、破堤現象で注意しなければいけないのは、これはカスリーン台風の利根川右岸の破堤の場所で、これは断面図です。そのカスリーン台風当時の河道は、この黒の太い実線とこの黒の破線の間です。落掘の深さとか堤内地と河床の標高差を見ると、明らかに天井川なのです。なので、いつまでも水が出続けて止まらないということになります。締め切るのに一次締切で20日かかっていたし、完全に水が出ないようにするのに40日もかかっている。ここから分かることは、やはり天井川で破堤させてはいけないだろうということですね。こういうことは大事な知見ではないかと思うということを申し上げておきたい。

(スライド26) もう1つ。これは平成16年のときの新潟・福島豪雨のときの破堤です。左側は刈谷田川の破堤、右側は五十嵐川の破堤です。ここで大事なことは、刈谷田川で破堤したところは自然堤防の集落の堤防で破堤したのです。両河川の死亡者について京大の防災研におられた林(春男)先生が分析すると、死者の発生要因が3つのグループに分けられるというのです。刈谷田川の破堤部付近の死亡者はグループ1とあって、破堤の際、近くに家もある場所で破堤すると、破堤口からの氾濫流は流速が速く、そこにある家屋や人には大きな流体力が働きま



す。そうすると家も流されてしまい、人も、健常者であっても生き残れないと。こういう環境だったということです。これがグループ1。

五十嵐川のほうは、幸いにも自然堤防が外れた人家がないところで破堤したのですけれども、ただ、亡くなられた方が結構多かった。そのうちの1つのグループは、この東側（図の右側）は新興住宅街なんですけど、氾濫しても背丈程度の浸水深で流れは強くなかった。しかし、こういう広々としたところで冠水した車に乗っている人（健常者）が動き回って、深みにはまるとかで溺れて亡くなったということがありました。地域に詳しくない人たちが被災すると濁水の中を動き回ってしまい溺死するという、グループ2と分類されています。

このとき一番話題になったのは要支援者ですね。こういう方々が亡くなっています。西側（図の左側）の黄色線楕円の、昔からある市街地のところで亡くなっているのが、グループ3です。浸水深はおとなの胸くらいと大きくなく、流速も小さいのですが、自力で動けない要支援者が、介助する人がいない中で溺死した。こういうところは、ひょっとすると支援者がいて早めに逃げられれば助かったかもしれないということで、こういう教訓を受けて避難支援の施策が、今に充実してきたと、こういう経緯があるというように理解しています。

（スライド27） こういうことを踏まえると、やはり破堤する場所をコントロールするということはす



ごく大事なのではないかと思っています。それでこれは大雑把な概念図ですが、右側が今のリスクの図です。家屋倒壊危険ゾーンということで、さっきのグループ1を警戒すべき範囲をカバーしているかと思うのですが、今だと、どこで破堤が起こるか分からないから、結局、土地利用を考えましようと言ったところで、堤防沿いが全部リスクゾーンになってしまうわけです。それ以外のところは全部浸水リスクがあるという話になって、これでどうやって住む家を探せと言ふのだと。私だったらそう思います。

今後の方向としては、もっと堤防の強さにメリハリをつけることが必要ではないかと思ひます。ヒューズ堤は河川管理者が避けてきた対策であり、現在だと河川管理者ではとても作れませんけれど、氾濫流を制御するためには被害が起こる前提でそういう概念も入れていくというくらい、考え方を考える必要があると思ひます。

越流強化も今だんだん技術ができてきたから、そういうものをうまく使っていくということは要るんじゃないかと思ひます。先ほど、破堤原因の説明で、4分の3が越流だと話をしましたが、これをだから確率的なことと言うと、越流させなかったら相当に破堤の確率を下げることができるといふことですから、堤防の高さを縦断的・左右岸で変えるというのは、氾濫場所をコントロールするすごく有効な手段じゃないかと思ひます。

（スライド28） 流域治水が今日の話題になってい

● スライド28

氾濫対策の変遷と今後の方向（本提案含む）

時期	氾濫(氾濫)への対策	氾濫対策の変遷と今後の方向
戦前	堤防設置による氾濫(氾濫)の防止	上下流・氾濫時の対策
戦後	堤防の強化・延長	氾濫時の対策
平成	堤防の強化・延長	氾濫時の対策
令和	堤防の強化・延長	氾濫時の対策

るけれども、そこに向けて、過去同じか近いことを言っている方も何人かいらっしゃるのかなと思っています。清治（真人）さんなどが提案されている包括的治水対策というものが割と近いかもしれないなと思って見ていました。これは氾濫を制御していきたいということだと思うのですが、そういうものと、それから今ある流域治水というものと、私が提案している「氾濫流量制御をもっと積極的にやったらどうだ」といっているものと、比較表を作っています。大きな違いは、清治さんの提案まではやはり河川管理者が何とかするという立場で組み立てるのかなと私は理解しています。そうではなくて、河川管理者ではない立場から組み立てた方がいいのではないのかというのが、私が思うところです。

（スライド29）黒澤明の『七人の侍』という映画がありましたけれども、その中で、志村喬演じる侍のリーダーがいます。この人が、村には入り口が4つあって、1か所弱いところがあるので、この遊軍にしていた仲間の1人に「あなたは北に行ってくれ」と、「そこが正念場になるから」という話をしたところ、この人は「分かっていたのなら、何でそこを強化しないのだ」と、こういうことを言うわけです。そうするとこのリーダーは「よい城には隙が1つあるのだ」と。「そこに敵を集めてせん滅するんだ」と。こういうことを言っているわけです。こういうものが、防衛の戦略の1つなのだと思います。

います。

自衛減災というのは、こういう発想に近いと私は思っています。ですからリスクもあるかもしれないけれども、チャンスもつかもうと。そういうことをやるという概念も入れないと、なかなか減災は厳しいのではないのかと思います。

それに対して、河川管理というのはやはり、平等に守るとか、そういうことをやらなければいけない。しかし、平等に守る一本やりでは難しいと思っています。守り方を選択してください。発想を変えたらどうか、と思うという話です。

（スライド30）河川構造物の長寿命化の話になると、陸上の構造物の延長で劣化と長寿命化の考え方をそのまま持ち込んで考える人が多くて困っています。自然公物というものを理解していないと思っています。構造物周辺の地形が常に変化するとか、構造物と流れ・流砂との相互作用がない陸上の構造物をやっている人の考えをそのまま持ち込んでもうまくいかないということをもっと分かってもらわないといけないと思います。

たとえ話が的確ではないかもしれませんが、陸上の構造物をやっている人たちの言動を聞いていると、天動説（自分中心に周りが動く）で考えている印象を受けます。河川はそれではやれなくて、地動説（自分と周囲は相互に影響を及ぼしあうので、客観的に考えなければいけない）で考えないといけないと思っていますので、そういうことを分かっても

● スライド29

100年 FWW 減災の提案 河川管理と自衛減災は戦略が異なる FWW

自衛減災(水防)	河川管理
<ul style="list-style-type: none"> 施設能力を超えた状態において被害が出ることは承知で自衛する減災 戦場を限定して資源を効率的に投入しようという戦術 	<ul style="list-style-type: none"> 施設能力以下の洪水に対して、瑕疵を避けることを最優先に、上下流・左右岸を一定のバランスで弱点を作ることなく安全を保障
↓	↓
<ul style="list-style-type: none"> 資源を集中投入して対応(即効性ある) 成功しないリスクもある 	<ul style="list-style-type: none"> 効果を確実に発揮 時間がかかる
<p>多少のリスクや未知なことがあっても減災のチャンスをつかもうとする自衛</p>	<p>平等に安全を保障 瑕疵を避ける</p>

北へ行ってくれ。結局、裏山が攻め合いになる。

..しかし、おまそれとわかっていてなぜ、裏山に橋をつくらんのだ？

よい城にはきつと隙が一つある。その隙に敵を集めて誘負する。

守るだけでは城はもたん.....か！

● スライド30

100年 FWW 自然公物内で折り合いをつける河川構造物 ≠ 制御が可能な人工構造物 FWW
特にマネジメントの哲学が異なる

- 河川=自然公物(洪水のたびに**変化**、常時においても種生繁殖等で状態が**変化**、構造物と流れ・流砂・周辺地形の相互作用により**変化**) ≠ コントロールされた(変化を考慮する必要がない)基礎の上に構築される人工構造物
- 河川内構造物は自然公物の一部をなす(地動説のマネジメント哲学で考えざるをえない) ≠ 周辺地形等のコントロールされた境界条件下にある人工構造物(天動説のマネジメント哲学も可能)
- 河川内構造物のマネジメント(構造物と流れ・流砂・地形変化の相互作用=洪水応答の理解・長敷なしの哲学は成立しない) ≠ 構造物の材料応答(劣化・内部応力変化)を考えればよい人工構造物の設計・管理

らわなければいけないなと思っではいるけれど、力及ばずで分かってもらえていないのが現状です。

(スライド31) 「洪水応答」とタイトルをつけたけれども。この図は水理公式集に載っている図に色をつけていますが、こういう構造物を中心にした、流れ、流砂、地形変化、浸透流等とのいろんな相互作用を指して名付けています。

(スライド32) 私は、それ(構造物と流れ・流砂等との相互作用)以外にも相互作用があると思っています。この図は、横軸に外力の大きさであるとか、規模、あるいはイベントというか事象が発生した後の時間経過(被害が拡大する経過)を取っています。構造物には設計外力というものがあります。設計外力で必ず壊れるかという、そんなことにはなっていないで、それより前に壊れる場合もあります。それは把握できていない弱点とか現象等があったりするから起こる場合もあるし、それから構造物の劣化が起きる場合もある。河川構造物だったら、上下流の落差が大きくなる状況は典型的かと思いますが、そういうことで設計想定したものより劣化する。こういうことは構造物の破壊実態を見るとあり得ます。

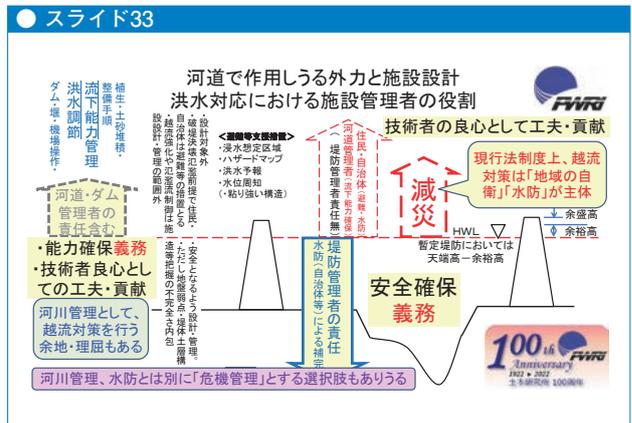
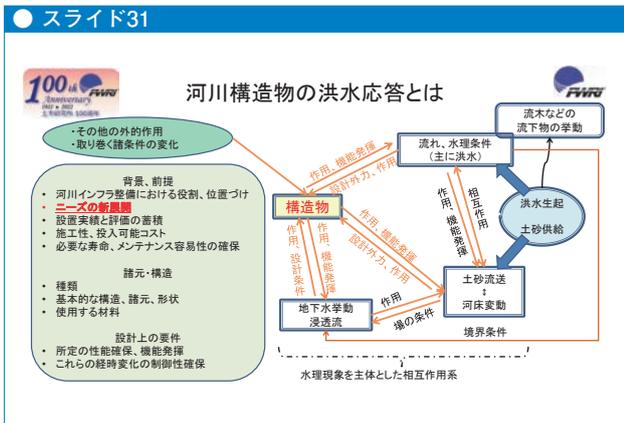
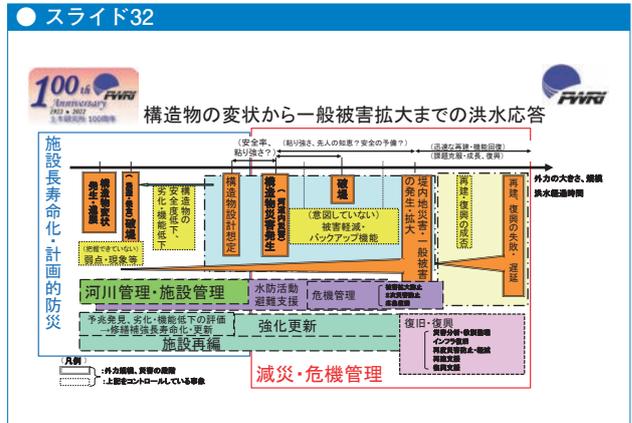
構造物の災害が発生するとその後すぐに一般被害が発生するとは限らず、構造物災害発生と一般被害の発生拡大の間にはギャップがある場合が多いと私は見えています。構造物災害が進展して破堤に至る。

さらに氾濫流が広がって堤内地に被害が拡大する、こんな経過をたどっていきます。

さらに大きな被害になると、再建したり復興したりするということが要るのですが、ここで成功したり、成功とは言えないなという事例が出てきたりするんで、ここでの振る舞い・対応も非常に重要だと思っています。

こういうものを今ある施策の枠組みで書くと、青線で囲った側は河川管理行為に当たるとは思いますけれども、赤線で囲った側は、今の言葉で水防、避難支援とか危機管理と言っていると思います。さらに、復旧・復興があると思います。

構造物で言うと、このメンテナンスでよく話題になる「点検して予防保全しましょう」とか言っている範囲は、設計外力より下の緑網掛けの部分にあたると思います。河川の場合はそれだけではなくて、強化更新とかも非常に重要な概念だから、予防保全だけを取り出すのではなくやはり一体で扱わなければいけないのではないのかと私は思っています。あ



るいは、ストックインフラなので、施設の再編という考えも要るのだらうと思います。そういう概念の組立でも、私は広義の洪水応答と呼んでいます。

(スライド33) 先ほど堤防の破堤のところでは言いましたが、計画高水位（ハイウォーター）で必ず破堤するわけではありません。堤防にとって設計外力は計画高水位になりますから、計画高水位から下は堤防管理者の責任範囲になります。ところが、計画高水位より上の水位が生じる規模の洪水でニュースになったり大騒ぎになったりするの、大抵こちら側（計画高水位より上側）なのです。計画高水位より上側の範囲については、いろいろな立場で関わると思っています。1つは、河川管理行為として行う理屈もないことはないと思っています。これは整備が完成するまでの間、暫定的な期間は、計画高水位より高い水位で水が流れる可能性がある、そういうときは河川管理の暫定対策だという理屈で越流強化対策ができる可能性もあると思っています。

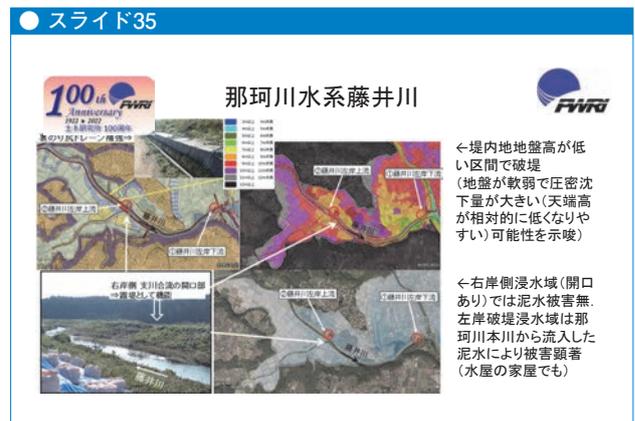
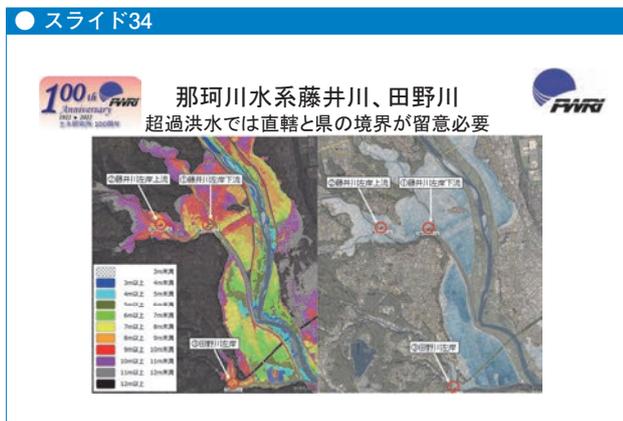
私が推しているのは、むしろ、水防とか自衛とかでやった方が、先ほど言った縦断方向や左右岸でメリハリをつけるという河川管理ではやれない対策ができるから、こちら方がいいのではないかなと思っています。

(スライド34) 前置きが長くなりましたが、そんな知識の下、台風19号等近年の洪水で見られた事象・知見を紹介していきます。これは那珂川の支川

の藤井川で2か所破堤し、その下流の田野川という支川でも1か所破堤し、合計3か所で破堤しました。田野川の破堤を、（茨城）県は護岸被災だと認識していましたが、これは実質、破堤と考えるべきです。

(スライド35) ここで私が興味深く思ったのは、この藤井川の方、左岸側2か所で破堤していますが、右岸側の支川の合流部が開けてあったのです。いわゆる霞堤のように。そうすると、写真ではうまく撮れていませんが、右岸側は（破堤発生前に）早くに水が浸かっている、稲わらの吹き寄せは確かにありましたが、泥水の堆積はなかったのです。ところが、左岸側の破堤氾濫域になると、もうめちゃくちゃに泥とかが入っています。これは、支川の破堤箇所まで那珂川本川の洪水流（濁流）を引っ張り込んでいるのだと思います。そのため非常に泥の被害が大きく、そのような違いも見ていかないと減災は組み立てられません。減災を考えるときは、破堤による本川濁流引き込み氾濫と支川堤防開口部からの支川洪水の氾濫を分けて考える必要があると思うという事例紹介です。

(スライド36) 那珂川本川でも越流はありました。見に行くと、18cmぐらいの越流水深がありました。ハードディスクが壊れてしまって、計算結果のファイルが今ないのですけれど、私がざっくり計算した感じだと、那珂川本川で越流している氾濫量



はたいしたことはないのです。氾濫のほとんどが支川の破堤で決まっている。破堤を防ぐということは相当大事だなということを改めて実感しました。

(スライド37) 田野川の破堤箇所は、高速道路が高架で走っており、その上流で地方道の橋が渡っている場所でした。田野川の左岸堤防が高架橋の橋台を巻き込んでいるので、堤防は太くなっています。太いのですが、この地方道の橋を渡るところから見ると分かるように(スライド中央写真)、堤防の高さが地方道の橋で低くなっているのです。本川バックが効いてくると水面勾配はありませんので、最初にこの低い場所であふれてくるわけです。私の推定では、橋の桁上にあふれて堤内地側に流れ込む水の流れて、橋と堤防の境界部から侵食が進んでいて、破堤につながったと、私は見えています。

(スライド38) 久慈川です。ここでは広域的な氾濫流が見られました。27kmの左岸で破堤した氾濫

流が延々と流れ下って、15kmで合流する浅川という支川の右岸堤防で滞留し、堤防を乗り越えて浅川に戻る流れが浅川右岸堤防を越流し、破堤して氾濫流が浅川に流れ込んで那珂川本川に戻るといった現象になっていました。氾濫流が流下する途中には旧堤防がありましたが、そこも越流して派手に壊れるという現象が見られました。なので氾濫流を考えて対策を取ると、旧堤防を越流強化し、旧堤と本川堤の間を開けてあげると氾濫流が那珂川本川に戻って、もう少し旧堤下流の氾濫被害が軽減した可能性があると思います。

一方で、旧堤から浅川合流部までの区間に(戻った流量が増えて)負担がかかるので、その区間の堤防は大丈夫かとか、そういう心配をしなければいけないのですけれど。

(スライド39) それから27kmの破堤箇所ですね。ここのちょっと興味深いのは、兩岸の堤防の平面形状が扇形状になっています。破堤箇所の下流で

● スライド36

那珂川水系藤井川、田野川

←氾濫水量の主体是那珂川本川堤防からの越流水ではなく、田野川破堤部からの氾濫流。
低標高域の排水に苦労。
・破堤しにくくすることの重要性(1か所でも破堤すればそのブロックは大氾濫=氾濫ブロックは運命共同体)

③田野川左岸 (写真-5.2.14.3) ④田野川左岸 (写真-5.2.14.3)

● スライド38

久慈川27km左岸→旧堤→浅川右岸1.5km・0.5km

↑氾濫流制御(旧堤防の越流強化と旧堤上流本川堤防高を下げることで下流氾濫ブロックの氾濫を軽減できた)の可能性がある

● スライド37

那珂川水系田野川

護岸破壊箇所全景 隣接する市道の状況(舗装打替え済み) 市道上流側の洗濯状況

延長50mうち26.6m全壊

↑橋の桁高く堤防天端高、橋桁の堤防よりも標高が低いため越流開始場所に、橋桁上の氾濫流が堤防との下流側境界部を侵食し、下流側に破堤が拡大した可能性が高い。(直轄区間だけ注意していても気づくことができない。所管を越えた目撃りを望みたい。)

● スライド39

久慈川27km、25.5km

堤間幅が狭くなっています。その上流の（堤間幅が広がる区間の）左右両岸で越流が起きている（堰上げが効いている。破堤箇所の対岸でも越流が起きている）点が特徴的だと思います。

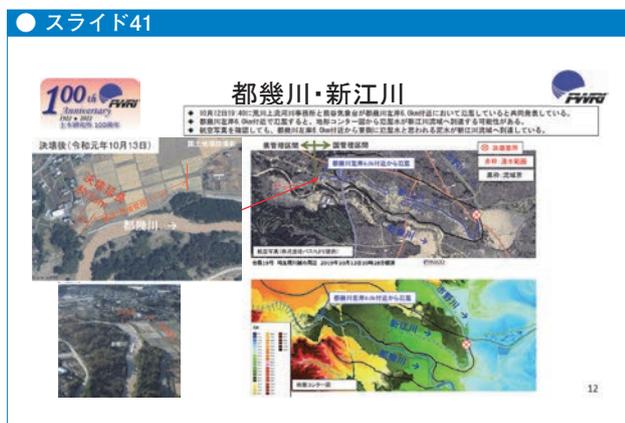
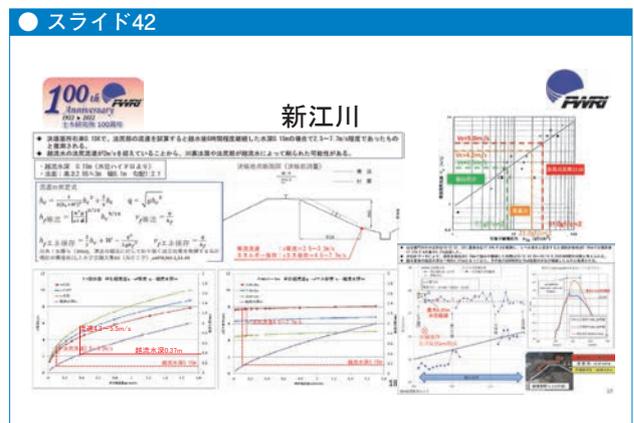
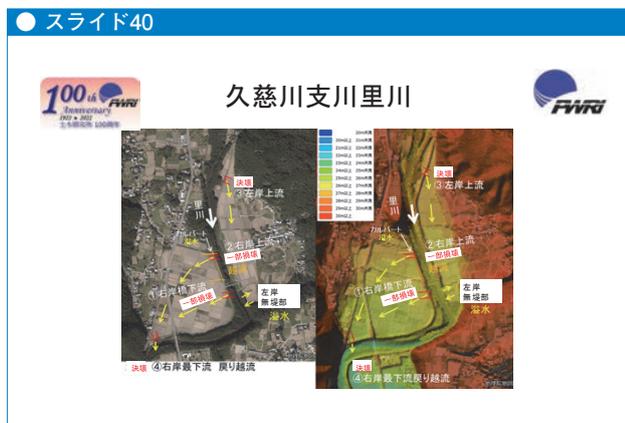
（スライド40）（堤防満杯規模を超える洪水が発生した）県管理の支川でも似たようなこと（氾濫流が氾濫域の地形上川に戻る箇所逆越流し破堤する現象）が起きています。里川という支川で、この図では2か所で破堤していますが、氾濫流が最後この山付き地形の直上流で逆越流し、ここも破堤して氾濫流が河川に戻るといった現象が起きていました。

（スライド41）こちらは、埼玉県の都幾川と新江川です。都幾川も何か所か破堤していますが、左上写真は後から発表された破堤の場所になります。地形図で見ると、ここで破堤した氾濫流が新江川に流れ込みます。新江川に流れ込んで、新江川最下流部一市野川との合流点に水門があり閉めてい

るのですが、その上流で越流が起きて、ここも越流破堤したと見えています。超過洪水時には氾濫流を通じた川と川の相互作用的な関係・影響が生じる場合もあるので、減災を検討する際には氾濫流で何が起きるのかにも考えをめぐらすことも忘れてはいけません。

（スライド42）埼玉県の堤防の委員会は、（越流水による流速を、等流状態と裏ノリ侵食が進行中の落下流を仮定したエネルギー保存則で推定する等）しっかり力学的に検討してくれました。国交省の方はそこまでできなかったと思っています。

（スライド43）都幾川も、先ほどの破堤箇所以外に、上流の県管理区間で破堤した氾濫流が直轄管理区間で戻っている箇所があって、県管理と直轄のつなぎというところも注意深く見ないといけないと、私は感じています。ここも同じような構図で、氾濫流下経路の途中に旧堤があり、ここは、久慈川の



例のように旧堤が破堤するまではいかなかったけれど、旧堤を越流する流れがあったという状況が分かります。

(スライド44) 栃木県の秋山川です。ここで言いたいのは堤内地の標高による差です。氾濫域内にお店屋さんがいくつかありましたが、早くに回復しているところを見ると標高がちょっと高いのです。ちょっとした標高の差が機能回復には相当効くという仮説を私は持っています。

(スライド45) これは、永野川で見られた事例です。固定堰があるのですが、その下流側で高水敷の洗堀や破堤が起きました。固定堰や高水敷洗堀した区間の低水護岸は倒壊・流失しませんでした。超過洪水時に、今回の固定堰や低水護岸ほど強くない(流失してもよい)のではないのかという感想を持ちました。なので、超過洪水時の減災を考えるときは、許可工作物も含めて考えないといけないの

かなと思っています。

(スライド46) 同じようなことは思川でもあったと私は思っています。ここに固定堰がありますが、現場に行って植生の倒れ方等を見ると、上流から下流に(固定堰上流では水位が堰あがり堰上下流に水位差がつくので)固定堰を回り込んでいくかのような、堤防上を流れていく流れがあると推察されました。固定堰は大した被害を受けていませんでした(固定堰が流失していれば回り込み流れは起きない。軽減される可能性がある)。

(スライド47) 永野川は、ほかにも減災を考える上で興味深い現象が見られました。水戸線の鉄橋があるのですが、この水戸線の鉄橋は無事でした。ただ、鉄橋の上下流で破堤が起こり、鉄橋を迂回するような流路が形成されていました。氾濫流の一部は永野川に戻らず、別な河川の流域に流れていくというような氾濫が見られました。これはちょっと評価

● スライド44

秋山川

標高が高い場所(青●)にある店舗の方が、低い場所(オレンジ●)にある店舗よりも営業再開が早い。

● スライド46

思川(破堤時の工作物洪水応答:固定堰2)

個堤防満杯規模の洪水を受け、越流、破堤氾濫発生。固定堰を迂回するような氾濫流も、固定堰(取水堰)は流失せず。破堤氾濫が生じる超過洪水時には固定堰は流失した方がよかった可能性がある。(施設の重要性が高くなく、更新が望まれる施設なら超過洪水時に流失するよう工夫が必要なのは、施設管理者の自主性を尊重しているだけでよいのか。)

● スライド45

永野川(破堤時の工作物洪水応答:固定堰1)

個堤防満杯規模の洪水を受け、越流、破堤氾濫発生。下流の高水敷も大きく洗堀。一方、固定堰(取水堰)や低水護岸は流失せず。破堤氾濫が生じる超過洪水時には固定堰や低水護岸は流失した方がよかった可能性がある。(施設の重要性が高くなく、更新が望まれる施設なら超過洪水時に流失するよう工夫が必要なのは、施設管理者の自主性を尊重しているだけでよいのか。)

● スライド47

永野川(破堤時の工作物洪水応答:鉄橋1)

個堤防満杯規模の洪水を受け、鉄橋迂回を含む破堤氾濫発生。鉄橋は流失せず。鉄道再開は比較的早かった(鉄橋の架替えが不要だったためと推察される)。交通インフラの機能復旧を考えると、破堤氾濫よりも鉄橋流失が早い方がいいとは限らない可能性がある。復旧・復興まで見据えたダメージコントロールが必要ではないか

が分かれると私は思っていて、両毛線の鉄橋が残ってくれたおかげで、鉄道自身の復旧は早かったのではないかなと思っています。取り付けの盛土を復旧すればいい（鉄橋が流失した場合、鉄橋の復旧を行う必要があり長期化する）ので。なので、堰や橋梁等の工作物は超過洪水時に必ずしも全部流れてくればいいのかという一本やりでもいけないと思うので、そこはケース・バイ・ケースで考えていく必要があるのかなと思いました。

(スライド48) これは、工作物が流失してほっとした事例として紹介します。この事例は令和元年台風19号とは違うのですが、花月川の鉄橋の事例です。鉄橋の桁と橋脚上部が転動・流失した事例なのですが、この鉄橋が転動・流失してくれたおかげで、上流は破堤を免れたのではないかと、私は思っています。この鉄橋の上流側で越流した痕跡もあったのです。ここで言いたいのは、守る、強くするという水防（新工法・新技術の開発）が一般的です

● スライド48

● スライド49

が、この事例のように、むしろ超過洪水時に流失してくれるよう促す水防（の技術開発・制度整備）もいるのではないのかということです。

(スライド49) お前、偉そうなことばかり言っていて生意気だと思われているでしょうが、自分の反省を込めて。私も失敗しています。1999年に洪水があって、荒川上流事務所の調節池の流入堤という施設があるのですが、この洪水のときにフェーシングがボコボコに壊れたのです。一部。この復旧に携わらせていただきました。

(スライド50) 背面からの揚圧力で破壊したということはそのときにも分かっていたのですが、令和元年台風19号でさらに派手に壊れてしまいました。私、非常に申し訳ない、謝らなければいけないと感じています。メカニズムそのものは同じだったのですけれど、今思うと反省するのは、流入量が多すぎたということを考えなかったのです。当時の流入量で再度災害防止を考えてしまった。非常に反省しなければいけないと思っています。

それから、根本原因の1つとして、どこの越流堤でもこんなに危険だというわけではなくて、この場合は、常時池になっている池側ののり面末端に排水口が設けてあって、フェーシング背後の碎石層に入った雨水を排水したいということで碎石層内に排水管が設けてあるのですが、末端の排水口に逆止弁がなかったのです。これへの対策が重要だと私は

● スライド50

思っています。これを何とかできないかと現場と意見交換すると、水中で、弁にグレーチングがしてあり、開くことが困難。開いたとしても水中で逆止弁をとりつけるのが困難なのだそうです。だから後付けで水中施工できる技術開発が必要と思われます。

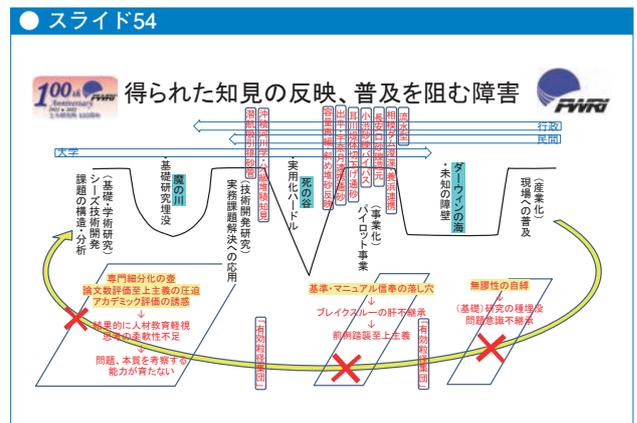
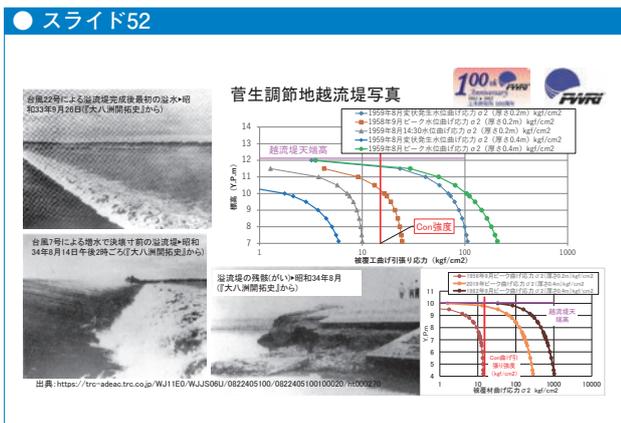
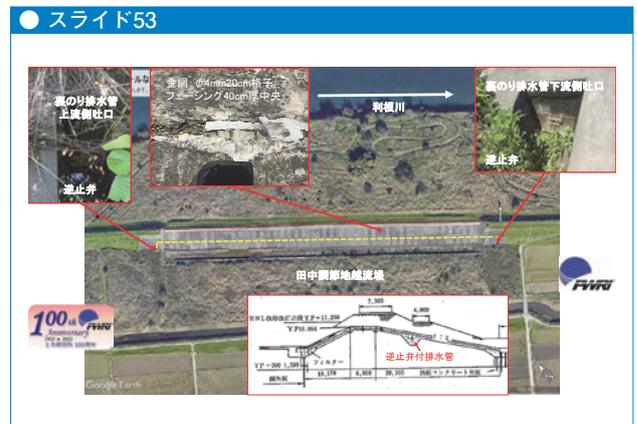
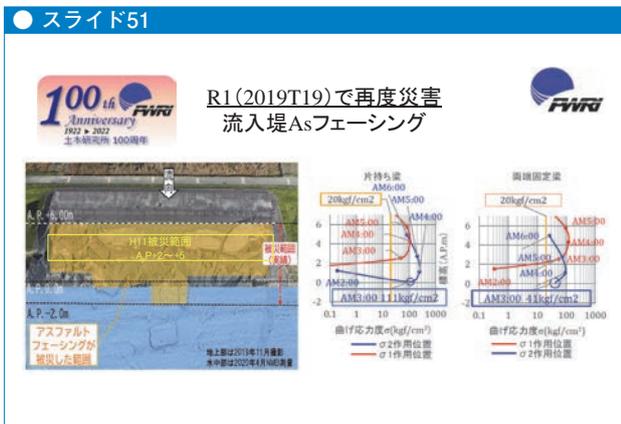
(スライド51) この被災は、力学的にいろいろ検討したところ、応力的に見ておかしくないと、さきほど説明したメカニズム（フェーシング背面から作用する過剰揚圧力によって、過剰揚圧力作用範囲の端部フェーシング底面に発生する曲げ応力が耐力を上回ることによって発生する）で説明できると思っています。

(スライド52) 越流堤も技術として確立するまでに結構苦労している経緯があり、今回また勉強してみると、菅生調節地や田中調節地でも1回壊れています。完成した後に1回目の洪水の越流時は左上写真のようにしっかり機能したのですが、2回目の越

流時に下中央の写真のように壊れました。これも、同様のメカニズムではないかと思って計算してみると、矛盾はないという結果（右側のグラフ）が出ました。

(スライド53) 現在の田中、菅生調節地越流堤の現場を見に行ってみますと、フェーシング下の浸透水を排水する管の出口が遊水地側の上下流両端にありまして、出口には逆止弁がついていました。逆止弁はすごく大事な施設だと思っています。

(スライド54) 時間が来ましたので、最後のスライド説明になります。基礎研究の技術開発がヒット商品を生むまでには3つの障害を乗り越える必要があるといわれています。基礎研究側から「魔の川」「死の谷」「ダーウィンの海」と言うそうです。これら3つの障害を乗り越えて、ヒット商品が生まれるという話なのですが、河川管理に関してはこの3つだけでは足りないのではないかと思います。



河川においては、現場で得られた知見をフィードバックするというプロセスが欠かせなくて、そのプロセスにも壁があると私は思っています。3つぐらい壁があると思っています。詳しく説明する時間がないので、これはスライドの文字を読んでいただけたら分かると思います。（後日追記：スライド54の図では、私の現場からのフィードバックが重要だという説明が伝わりにくいことがわかりましたので、赤線で強調したものに説明図をリバイスしました。あわせて掲載します＝スライド54-2）

大体これで時間になったかと思うので、以上で私の話は終わりにします。

司会 諏訪さま、ありがとうございました。

<質疑応答>

司会 それでは、質疑のほうに入りたいと思います。質疑につきましては、第1回と同様で、各講演、ご講演の後にもさせていただきますし、最後にまとめて全体を通してという意見交換の時間も設けたいと思っています。

では、今のご発表につきまして、ご質問等がありましたら発言いただければと思います。いかがでしょうか。

天野（河川財団 河川総合研究所 所長） もし他になければ。河川財団の天野です。どうもありがとうございました。

減災と防災という堤防の絵（スライド33）があっ

て、現行制度上、越流対策は地域の自衛、水防が主体だということで、その設計を超えたところというのは、河川管理者がどうなのかというお話をされました。それと同時に今回の（台風）19号の後のいろいろな被災の状況をご説明になった中で、あふれた後の水が戻るときにまた悪さをするとか、ただ、それも逆に川に入れ過ぎると、今度さらに下流でまた別のことが起こるかもしれない（スライド38）ということで。そのあふれた後の話というのは、結局、堤内地での水の動き、もちろんそのレベルにもよってまた変わらなと思うのですが、そういう動きを分かった上でやらないとなかなか合理的な減災というものはできないと思うのですが、そういう意味では、やっぱりその減災の部分も相当、河川技術者としての出番があると思うのですが、それについてどのように考えられていますでしょうか。

諏訪 技術では十分あると思っていますけれど、ただ、河川管理者の立場を背負うと、やれることが限られてくるというのが私の意見です。あと、河川管理者は計画をつくってからと段階を踏んでやりたがる傾向があると思います。大洪水は明日にも来るかもしれないのだから、危機管理として、やはり常に考えるのではないかなと思っています。地域の立場から見たら、選択肢が多い方がよいに越したことがなくて、河川管理者にやってもらう選択肢もあれば、自分で民間から金を募ってやりますよという選択肢もあれば、いろんな工夫ができるようになるので、むしろこのような選択肢を増やす環境・制度を整えるのが、上位機関の務めではないかなと個人的には思います。

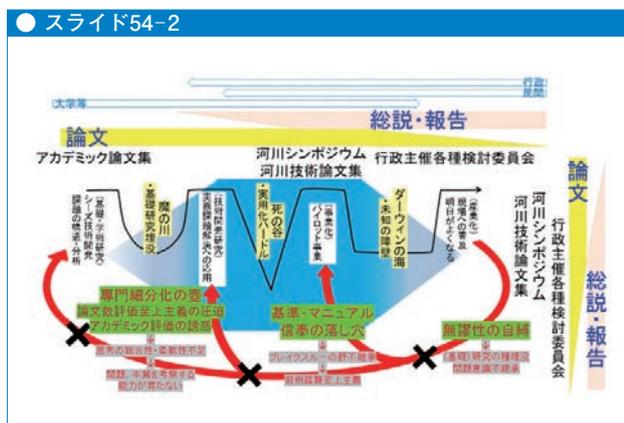
天野 分かりました。要は技術としてはいろいろあると……。

諏訪 もちろん、河川で培った技術は使えると思います。

天野 ありがとうございました。

司会 ありがとうございました。

ほかによろしいでしょうか。



田中（規夫 埼玉大教授）（スライド27）システム工学的には、やはりヒューズって重要なのですよね。それで河川というシステムにおいては、昔は不連続堤でヒューズみたいなものがあったのが、今はなくなってしまったということで、そういう意味でやはり何かいざというときに、水のこぼれる場所、氾濫流制御は大事だとは思っているのですが、なかなか合意形成が難しいなということで、何かメリットとデメリットを両方提示して、一方的にあなたたちの地域が不利になるわけではないですよというものが、必要だと思うのです。先ほどの話だと、決壊したら土砂も入ってきて家も壊れると。ところが、計画的に越流させれば、上澄みなのでそんな被害は出ない可能性もあるので、何かどういうメニューを出せば合意形成につながっていくというふうに考えておられるか、教えていただければと思います。

諏訪 今日はあまりしゃべれていないのですが、「合意形成」という言葉はあまりいいとは思ってなくて。上から目線で、いかにもこうやってあげるぞという響きを感じます。それもあっていいのですが、そうではなくて、やはり先ほど言った通り、自衛というのは自らやるのが大事で、地域が自分で考えるということが大事ではないかと思っています。そこには痛み、リスクが増える部分もあるから、そのリスクを飲み下すということはいるはず。それを上から目線で、河川管理者がやってあげますとなると途端に難しくなるのではないかと、思っています。むしろ地域の中でしっかり合意形成したところが、早く特急券をもらえるというのが賢明なのではないかなと、個人的にはそう思っています。

田中 河川管理をやっている人とか専門の人は、こうなればこうメリット・デメリットがあるよというのが分かるけれど、例えば地域だと、なかなかそういう材料を地域の人にどうやって提供していけばいいのか……。

諏訪 私は、（詳細なシミュレーション結果の図を見せる前に）スライド27の絵で（戦略の違いを示せ

ば）分かる。左側のロシアンルーレットと右側のメリハリ、どっちがいいですかということだと思っております。これは自治会等の地域に聞いてみたらロシアンルーレットがいいと言うと、現場の方から聞いたことがあります、本当かなとは思っています。もっとギリギリ突き詰めて考えたら、違う選択肢を取る地域もあるのではないかなとか思っています。なので、そこは地域の選択なので、ロシアンルーレットがいいよという地域があったらそれでいいと思っております。俺の地域は宅地部分はちゃんと浸水しないように残したいよという地域があれば、宅地に影響しない区間の堤防高を下げ越流区間を絞り込めばよくて、越流区間の強化費も短ければ（氾濫ブロック全体としての強化コストが）安くなる（強化対策完了までの期間も短くなる）ので、その方がいいかなと思います。ただ、越流対策も完全ではないので。そこ（残余のリスクはあること）は理解してもらわないといけないと思っております。

田中 何かそういうものがいろいろな形で議論されるのは、これから望ましいのかなと私も思っております。

諏訪 ありがとうございます。

司会 ありがとうございます。

ほかは、よろしいですか。

関 河川財団理事長の関です。今日は本当にありがとうございました。

（スライド38での話を）聞かせていただいて、いろいろなものがすっきりする内容を言っていたのではないのかと。そういう意味で、2つほどあって、1つはどういったらいいのか、やはり河川法上でやっていく話と全くディメンジョンが違う話で。おっしゃるように選択しない自由もあるのですよね。そこを、あるいはどちらを選択するか、選択しないか。そこが基本で。河川法上の流れで行くと、何かしなければいけないという、その二刀流がものすごく大事だということと、それから今までの、何か流域治水をするとみんなうまくいく

みたいな幻想を、みんな受け止めているのですけれど、これEUの2007年のラッドダイレクティブですが、リスク評価、リスク管理、リスクコミュニケーションということで、地域のハザードではなくて、危なさを伝えられるのは河川をやっている研究者の人も行政も、その人たちしかいないので、そういうことをやろうとおっしゃっていただいているのだなと、このように受け止めていました。

1つ事例をご紹介しますと、これは北海道で私も関わってやっているのですが。大都市は難しいのですけれど。さっき久慈川の例がありましたよね。あれ、農地を一定の流速を持った氾濫流が流下すると土壌を全部流してしまうのです。100年かかって作った土壌を。そうすると2つ事例、いくつかあるのでその中の1つなのですが、農家の人の判断で氾濫流の流速を落とす。洪水は防げないけれども、土壌の流出を防ぐ方法はあるのです。というようなこ



とを地域が選択する。それからもう1つは、ある大きな団地で、逃げられないから何百人も亡くなるという結果を出したのです。要するに、避難すれば助かるというのが幻想である地域もあるわけです。そうするとでは避難路とか、やはり地域とのコミュニケーションという、それから地域が選択するとおっしゃっているように、そこにいろんな情報をきちっと提供していく時代に、なっているのではないかなと僕は思って、そういう意味で今日極めてクリアに、クールに—いい意味でのクールですよ、おっしゃっていただいたなと思って、お礼を申し上げたいと思います。ありがとうございました。

司会 それではお時間も来ましたので、意見等何かありましたら、また最後、意見交換のところをお願いしたいと思います。

それでは、諏訪さま、ありがとうございました。

水害リスク管理型の河道計画立案

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長 福島 雅紀氏

福島 皆さん、こんにちは。次は国総研河川研究室の福島から「河川整備計画への水害リスク評価結果のさらなる活用を目指して」というお話をします。結果として、（直前の登壇者の）諏訪さんの話と、似てくる点もあると思っています。

（スライド1）河川整備計画の策定に当たって、整備前後での水害リスク評価結果を比較し、整備内容の妥当性を確認していただいているところですが、評価結果自体に使いにくいところもある。もう少し使いやすくできないかと思っています。実際に水害リスク評価を実施されている地方整備局や河川事務所の方といろいろと議論をしている中で思っていることを今日はお話しします。加えて、今後の展開についてもお話しします。

まず、背景と目的ですが、他の方も話題にされていますし、皆さんもよくご存じの話なので簡単に説明したいと思います。2つ目の水害リスク評価の概要についても同様にご存じの話が多いと思います。話題の1、2を合わせて簡単に説明します。



（スライド2、3）背景・目的で示すこちらのスライドはもう何度も見ていると思いますが、「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討委員会」で見直しの方針を検討していただきましたが、地域区分ごとに降雨量の変化倍率を定め、基本高水を見直していこうというものです。既にいくつかの水系で河川整備基本方針を変更しているところかと思っています。

（スライド4）このスライドもよく見るものと思います。実際に雨の降り方も変化し、時間雨量

● スライド1

国総研 国土技術政策総合研究所
令和4年度河川研究セミナー
令和4年11月22日

河川整備計画への水害リスク評価結果のさらなる活用を目指して

本日の話題

1. 背景・目的
2. 水害リスク評価の概要
3. 水害リスク評価手法の課題とその対応
4. 今後の展開
5. おわりに

国土交通省 国土技術政策総合研究所
河川研究部 河川研究室
福島雅紀

● スライド2

2

1. 背景・目的

国総研 国土技術政策総合研究所

50mmを上回るような短時間降雨が増えているということデータを示したものです。当然、最近の雨の降り方の変化は肌感覚としても感じているところだと思います。

(スライド5) これは最近の浸水被害の状況です。豪雨による浸水被害も毎年発生し、先ほど諏訪さんからお話もありましたが、主に越水による被害が多く発生しています。越水ですので、河道の流下能力を超える洪水が実際に発生しているということです。

(スライド6) こうした中、河川整備基本方針や河川整備計画の見直しを進めているところですが、実際に河川整備計画で描いた河道や堤防が完成するのはまだまだ先の話ですので、施設規模を超える、現況の流下能力を超える洪水というのは、常に起こる可能性があるということです。

こうした状況を踏まえ、先ほどの気候変動の技術

委員会において、『水害リスク評価の手引き』の試行案を出させていただきました。この『手引き』を使って、河川整備計画を立てる時に整備前後の水害リスクの変化を確認しているところです。このスライドが検討の流れを表しています。治水、環境両面から河川整備計画のメニューを作り、その途中で相互調整をしつつ、整備の内容と順番を決定していきます。

治水の観点で見ると、ある流下能力を確保しようということで、整備の内容、具体的には掘削や築堤など、その順番を決めていくという流れがあるかと思いますが、その際、30年後に整備が終わったときに、今のリスク、水害リスクと比べてどうなるのかということを確認する。水害リスクが減っている、もしくは地域間のバランスが良いということを確認して、河川整備計画の策定に進みます。一方で、整備の途中段階も当然あるのだから、途中段階でも良くなるように、途中段階での水害リスクを評価して、水害リスクが減っていることや地域間の balan

● スライド3

治水対策の検討の前提となる基本高水

「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」(平成30年4月設置)での全7回の議論を経て、「気候変動を踏まえた治水計画のあり方」が提言された。

気候変動予測モデルによる新たに整備されたアンサンブルデータを用いた分析や、気候変動を踏まえた治水計画の具体的な手法等が整理され、計画で想定する外力を世界の平均気温が2度上昇した場合を想定した降雨量とするとともに、過去に経験したことのない雨の降り方を考慮した上で、治水対策の検討の前提となる基本高水を設定すべきとされた。

<地域区分毎の降雨量変化倍率>

地域区分	2℃上昇	4℃上昇	短時間
北海道北部、北海道南部	1.15	1.4	1.5
九州北西部	1.1	1.4	1.5
その他(沖縄含む)地域	1.1	1.2	1.3

4℃以上の降雨量変化倍率の3割、短時間とは、降雨継続時間が1時間以上12時間未満の間に当該時間帯の降雨に対しては適用できない。

※ 降雨継続時間が10時間以上12時間未満の場合、100mm以上の降雨量については降雨量変化倍率が年間発生した数が多いと仮定可能な範囲に引き上げし適用可能とする。

※ 年間発生率100%以上の降雨(より高頻度の降雨)は適用しない。

<参考>降雨量変化倍率をもとに算出した、気候変動に伴う洪水発生頻度の变化の一級水系における全国平均値

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2℃上昇時	約1.1倍	約1.2倍	約2倍
4℃上昇時	約1.3倍	約1.4倍	約4倍

出典: 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会 提言

● スライド5

近年の豪雨による浸水状況の一例

出典: 国土交通省河川局

● スライド4

雨の降り方の変化

近年、時間雨量50mmを上回る短時間降雨や総雨量が数百mmから千mmを超えるような大雨が発生し、全国各地で毎年のように甚大な被害が発生している。

時間雨量50mm以上の年間発生回数は、1976年から1985年の10年間の平均回数は226回であるが、2012年から2021年の10年間の平均回数は327回と増加傾向(約1.4倍)である。

気候変動の影響により、水害のさらなる頻発化・激甚化が懸念されている。

1時間降水量50mm以上の年間発生回数(アメダス1,300地点あたり)

出典: 水害レポート2021(編集:国土交通省水管理・国土保全局)

● スライド6

水害リスク評価結果の活用状況

治水の観点からは、現状の流下能力を整備目標流量を照らし合わせ、流下能力を確保するための整備の内容と順番を決定している。

環境の観点からは、現状の河川環境を把握した上で、環境目標を検計・設定し、目標する河川環境を保全・創出するための整備内容を検討している。

こうして決定された整備の内容を対象として、整備前後の水害リスクをそれぞれ評価し、リスクが増大していないこと、ある地域のリスクを他の地域にシワ寄せしていないことを確認する。

※ここでは利用を省いて記載

スが良いことを確認すべきだと思っています。なぜ途中段階の確認ができていないのかということについて、現行の水害リスク評価手法の課題を述べさせていただき、その上で改善の方向性についてもお話しさせていただきます。

(スライド7、8) 2つ目は、水害リスク評価手法の概要について述べます。よくご存じだと思いますが、先ほども述べた技術検討会で平成30年に確認していただいた『水害リスク評価の手引き』の試行版です。国総研の名前も入れていただいています。スライド8には、各章の構成を書いています。河道や施設を設定して、評価外力を設定して、さらに無害流量を設定した上で洪水氾濫解析を実施し、想定被害を算定します。

整備前後で想定被害を算定し、被害軽減効果がどの程度あるのかを確認します。検討にあたって参考とする資料をスライド8の右側に記載しています。

(スライド9) 水害リスク評価の流れを簡単に振り返っておきます。評価外力の設定では、ここに赤で下線を引いたように、現況の施設規模から想定最大外力までの降雨量を想定し、複数の降雨量を想定することになります。

降雨波形についても、河川の区間ごとに基本高水のピーク流量を設定した降雨波形が基本ですが、近年の洪水の発生状況等を踏まえ、降雨量の時空間分布を考慮する必要がある場合には、複数の波形を設定することになります。

(スライド10) 氾濫計算条件については、いろいろ議論があるところですが、基本的には各氾濫ブロック1か所で切れて、他の氾濫ブロックでは越水をしているという状況でシナリオを作って計算します。そうしますとだいたい氾濫ブロックの数ぐらいは計算を実施しなければならないということになります。

一方、各氾濫ブロックが切れた場合、切れなかつ

● スライド7

7

2. 水害リスク評価手法の概要

● スライド9

9

評価外力の設定

○想定最大までの様々な外力に対する水害リスク評価を行うに当たり、以下の考え方で評価外力を設定する。

<降雨規模>
現在の施設能力規模から想定最大規模までの様々な規模の降雨量を想定し、複数の降雨量を設定する。

<降雨波形>
施設整備による被害の軽減効果を把握するため、河川整備基本方針または河川整備計画の目標流量として設定した区間毎の降雨波形を基本とする。

降雨規模	降雨波形
<p>○整備計画の目標流量規模～想定最大規模までの様々な規模の降雨量を想定し、複数の降雨量を設定。</p> <p><降雨量設定の例></p> <ul style="list-style-type: none"> 河川整備計画の目標流量規模 基本方針規模 降雨量の年超過確率 1/200程度、1/500程度 想定最大規模 (又は降雨量の年超過確率1/1000程度) 	<p>○本支川の区間毎に設定した基本高水のピーク流量または目標流量を設定した降雨波形を基本とする。</p> <p>○近年の洪水の発生状況等を踏まえ降雨量の時空間分布を考慮する必要がある場合には、複数の波形を設定する。</p>

出典) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.1.11)の資料4-1

● スライド8

8

水害リスク評価の検討手順、関連する資料

● スライド10

10

氾濫計算条件の設定

○水害リスク評価を行うための氾濫計算は、それぞれの氾濫ブロック毎に評価することを基本とする。

<氾濫計算の条件>

○氾濫発生シナリオは、破壊箇所を設定したある一つの氾濫ブロックのみが無害流量に相当する水位に達した時点で破壊し、その他の氾濫ブロックは支那流量を超える水位に達した場合に越水が生じる(破壊なし)とする条件とする。

○ただし、水害リスクの上下流・本支川の分布などの流域特性や水害リスク評価の目的等により、複数の破壊発生を想定する検討がより適切な場合には、複数のブロックに破壊箇所を設定するシナリオを追加することとする。

○氾濫計算モデルについては、既往の河川事業評価、浸水想定区域検討等で作成した氾濫計算モデルを活用することを標準とする。

<河道及び施設の設定>

○水害リスク評価の対象とする河道及び施設は、基準時点河道と整備計画河道とする。

【基準時点河道】
・現状または過去の河道及び施設の整備状況から、リスク軽減効果の評価基準とするに達した時点の状況のものを抽出し設定する。
・一般的には氾濫河床とするが、建設が一流の整備の上であり区間によって整備状況に差違があるため、その影響を無視することが下流・本支川パワースタックについて検討する上で適切な場合には、一連の整備実施以前の河道・施設状況から設定することとする。

【整備計画河道】
・リスク評価の検討対象である整備計画に定めた一連の整備を完成させた時点での河道及び施設として設定する。

【条件の設定イメージ】

出典) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.1.11)の資料4-1

た場合というので全部考えようと思うと、2のn乗ケース、nは氾濫ブロック数ですけれども、そういった形で計算の負荷が増えてきます。また、河道の状況も現況と整備後ということで、2倍になります。

(スライド11) 水害リスク評価の評価項目と指標については、水害の被害指標の手引きを参考に多数の指標が掲載されていますが、人的被害と経済被害を算定することになろうかと思えます。

(スライド12) 具体的には、ここに記載されている数式や条件に従って想定死者数や直接被害額が算出されます。個々の数式や条件分けについての説明は割愛します。

(スライド13) 総被害の軽減効果の確認については、河川整備前後の水害リスクカーブを流域全体および氾濫ブロックごとに作成します。(グラフの線の)赤が現況、青が整備後です。横軸が想定する外

力の規模、縦軸が被害額ですが、整備によってリスクが低下していることを確認します。流域全体でも各ブロックでも低下していることを確認します。また、各ブロック間での低下状況を確認し、ある氾濫ブロックに被害をしわ寄せしていないかについても確認します。

(スライド14) 水害リスクの評価手法の概要は前のスライドで終わるのですが、『手引き』にはもう少し背伸びして追加的な検討内容も示されています。これは、種類の異なる整備メニューに対して水害リスク評価を行い、対比した結果です。A案がダム、B案が防災情報の充実、C案が土地利用の誘導です。こうした異なる種類の整備メニューに対して水害リスクを評価し、整備の方向性を考えます。

河川研究室に属している私としては、どちらかというと河川整備の中身を議論したいなと思っています。例えばA案の中に、河道掘削主体でいくのか引堤主体でいくのか、もしくはH.W.L.を変えるのかな

● スライド11

水害リスク評価の評価項目及び指標

11

○水害リスク評価については、「人的被害の回避」及び「社会経済被害の軽減」に関する項目を対象とし、**人的被害(想定死者数)**、**経済被害(直接被害額)**を標準とする。

○治水事業は人的被害の回避、社会経済被害の軽減を目的としていることから、標準的な評価項目として、**人的被害(想定死者数)**、**経済被害(直接被害額)**、**一般資産被害**、**農作物被害**、**公共土木施設等被害**とする。

○標準的な評価項目の他に、地域の特性や検討の内容を踏まえ、速やかな復興や軽減の被害の回避等の観点から必要に応じて適切な水害リスクの評価項目及び指標を「治水の被害指標分析の手引(H25試行版)」(H25.7)に基づき設定する。(例:ライプライン建設の被災による周辺地域への波及被害として、電力、水道の供給人口や周辺の社会活動を踏まえた、道路、鉄道等の交通途絶の影響等)

※黄色ハッチングは、「治水経済調査マニュアル(案)」で被害率や被害率算出に用いる項目。
 ※緑ハッチングは、「水害の被害指標分析の手引き」で定量的評価を行う項目

評価項目	評価指標	評価方法
人的被害	想定死者数	治水経済調査マニュアル(案)の式(1)に基づき算出
経済被害	直接被害額	治水経済調査マニュアル(案)の式(2)に基づき算出
一般資産被害	一般資産被害額	治水経済調査マニュアル(案)の式(3)に基づき算出
農作物被害	農作物被害額	治水経済調査マニュアル(案)の式(4)に基づき算出
公共土木施設等被害	公共土木施設等被害額	治水経済調査マニュアル(案)の式(5)に基づき算出

出典: 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.11)の資料4-1

● スライド13

総被害の軽減効果

13

○総被害の軽減効果の評価は、同一の氾濫シナリオの下で算定した様々な評価外力に対する各評価指標の被害が、基準時点河道に対して河川整備計画等の一連の整備後に低減することを基本とする。

○水害リスク評価
 A)流域全体のリスクカーブによる整備効果の評価(流域全体で整備後河道によるリスクカーブが整備前河道のリスクカーブに対して増加していないか)
 B) 各氾濫ブロックの整備効果の評価(河川整備計画の目標を踏まえ、各氾濫ブロックについて整備効果の確認)
 評価の観点
 ① 評価対象とするべき対象となるべき評価外力に対するリスクカーブが整備後の線と基準時点の線と比べて増加していないか
 ② 評価対象とするべき対象となるべき評価外力に対するリスクカーブが整備後の線と基準時点の線と比べて増加していないか
 ③ 評価対象とするべき対象となるべき評価外力に対するリスクカーブが整備後の線と基準時点の線と比べて増加していないか

○氾濫ブロック間の被害軽減効果を可視化したリスクカーブの集束率を統一し、上で地域別に配置し、流域の被害軽減効果のバランスを確認。

出典: 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.11)の資料4-1

● スライド12

想定被害の算出

12

○想定被害の算出は、評価項目毎に「治水経済調査マニュアル(案)」及び「治水の被害指標分析の手引(H25試行版)」に記載した算出方法に基づき、氾濫ブロック毎に算出を行う。

想定死者数

$$P_d = P_0 \times (1 - e^{-\alpha \times P_0}) \times P_1 \times P_2 \times P_3 \times P_4 \times P_5$$
 P₀: 流域内人口(10歳以上)
 P₁: 流域内人口(10歳以上)
 P₂: 避難率
 P₃: 住宅数・浸水率に応じた死亡(60歳以上)
 P₄: 住宅数・浸水率に応じた死亡(60歳未満)

直接被害額
 ① 被害額の算定方法
 ② 被害額の算定方法
 ③ 被害額の算定方法

出典: 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.11)の資料4-1

● スライド14

整備メニュー検討のイメージ

14

○A案は、上流にダムを配置する。この場合、下流の全ブロックで被害額、想定死者数とも低減する。
 ○B案は、水位を設置リアルタイム水位を情報提供したり、水害リスクの啓発活動などを行い、避難率が0%から40%に増加した場合を想定している。被害額の低減には影響しないが、想定死者数は全てのブロックで低減することとした。
 ○C案は、L2、R2ブロックにおいて宅地嵩上げを実施する。当該ブロックのみ、被害額と想定死者数が低減する。これら全てを実施した場合が、青色のリスクカーブとなる。

整備メニュー
 A案: 当該流域による被害の低減
 B案: 人的被害の発生を低減する
 C案: 土地利用の誘導(治水リスクの高い地域の宅地嵩上げ)

出典: 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.11)の資料4-1

ど。また、先ほどの話題提供であった霞堤を残すのかとか、そんな議論に使えたらいいのではないかなと思います。実はこうした議論にどう使うのかということは『手引き』には記載されていません。こうした議論をするためには実はどういうことが大事なのかということ、後ほど述べさせていただきます。

(スライド15) これは、施設等による被害の防止、いわゆるハード対策、避難誘導等のソフト対策、土地利用の見直しによる水害リスクカーブの変化の典型例を示します。個々の対策の特徴が見えてきますが、ハード対策を検討する上では有効には見えません。例えば、ダムでいくのか遊水池でいくのか、その時に水害リスクカーブはどう変わるのかということを確認できますが、単純にリスクの変化を確認するだけではなく、リスクが変化した要因をしっかりと読み解くのが大事なのですけれども、このような分析方法については触れられていません。その読み解き方をどうしたらいいのかということ

を、後半ではお話しする予定です。ここまでが背景・目的、そして水害リスク評価手法の概要です。

(スライド16、17) 3点ありますが、水害リスク評価手法の課題とその対応についてお話しします。スライド17には、水害リスク評価の流れを改めて記載しました。この黒い帯です。河川水位だとか、堤防諸元、流域情報を参考にして、上下流バランスや本支川バランスを概略把握します。具体的には、河道および河川管理施設の設定、評価外力の設定、無害流量を設定することで、こうした情報を縦断図等に整理することで流域における治水安全度バランスをおおよそ把握するものです。赤字で示すケース数は、現況と整備後で2通り。評価外力は、例えば3つの降雨波形、5つの降雨規模を考えると15通りになります。無害流量の設定は、先ほどやはり越水が大事ではないかという話をしましたが、無害流量としては、『手引き』の中ではH.W.L.を超えると切れるということにしています。それは、今1通りとなります。

次に、氾濫状況と想定被害を算定することになります。氾濫計算について、例えば氾濫ブロックごとに計算するのであれば、10個の氾濫ブロックがあれば、10通りの計算が必要になります。また、直接被害額の算定においては、流域における施設配置や土地利用状況等の入力も必要となります。したがって、氾濫状況と想定被害を算定するためには、これだけ単純なケースにおいても300通りの氾濫計算を

● スライド15

施策の種類と施策の概要

15

○施設整備の内容とリスクカーブの関係より被害の増減等とその要因を整理し、次期整備内容の検討を行うことが重要

主な対応施設	施設の考え方	効果概要	主な対応施設	リスクカーブのイメージ
○施設整備による治水力の向上	河川管理施設(ダム、遊水池等)の増設・改良	河川管理施設(ダム、遊水池等)の増設・改良による治水力の向上	○河道、ダム、遊水池等の増設・改良	河川水位、治水力の向上によるリスクカーブの低下
○人的被害の軽減	人的な被害の軽減を図るための施設整備(避難誘導施設、避難経路の確保等)	人的な被害の軽減を図るための施設整備による被害の軽減	○人的被害の軽減	人的被害の軽減によるリスクカーブの低下
○土地利用の見直し	土地利用の見直しによる被害の軽減(土地利用規制、土地利用誘導等)	土地利用の見直しによる被害の軽減	○土地利用の見直し	土地利用の見直しによるリスクカーブの低下

出典) 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.5.11)の資料4-1

● スライド16

16

3. 水害リスク評価手法の課題とその対応

● スライド17

水害リスク評価の課題(3のうち、その1)

17

- 河川整備には30年程度の期間を要することを踏まえると、10年後、20年後等の途中段階で水害リスク評価を実施し、整備の順番を決定することが望まれる。
- しかしながら、水害リスク評価のための計算負荷が大きいため、途中段階の評価が実施されることはほとんどない。

河川水位・堤防諸元・流域情報縦断図による上下流・本支川バランスの概略把握

河運及び施設の設定 (現況、計画) → 2通り ※赤字は設定例
 評価外力の設定 降雨量(1/80, 1/100, 1/200, 1/500, 1/1,000) × 降雨波形3 → 5 × 3通り
 無害流量の設定 (H.W.L.) → 1通り

氾濫状況・想定被害の算定

氾濫状況の算定 (氾濫ブロック) → 10通り
 想定被害の算定 2 × 5 × 3 × 1 × 10 → 300通りの水位・氾濫計算を実施する必要

水害リスク評価

総被害の軽減効果
 氾濫ブロック内被害分布における被害軽減効果
 氾濫ボリュームの軽減効果
 リスク軽減をもたらす河運・施設群の応答特性の把握
 流域対策との連携による水害リスク軽減効果向上に関する検討

ある流域を想定して設定された水害リスク評価実施のために必要な水位・氾濫計算実施ケース数

実施・図化して、それらの図面を全て見て、相互に比較し、水害リスクの変化との関係を検討していくこととなります。

当然、300枚程度の図面であれば全て見て考えたらいいのではないかという話もあるかもしれませんが、なかなかこれ熟練した人ではないと難しいと思っています。多分、水害リスクカーブに全部集約してしまって、スライド13で見たように水害リスクカーブが下がってればいいだとか、氾濫ブロック間のバランスがよければよいだろうというような議論になってしまっているのではないかと思います。

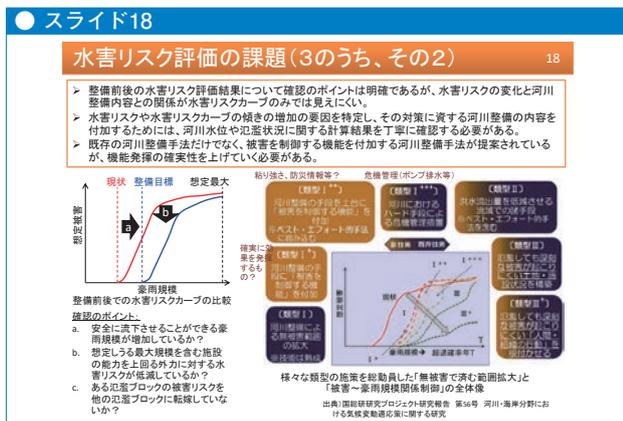
やはりもう少し簡単に検討することができるのではないかと考えており、水位計算結果の段階でどこから溢れるのかという観点で確認するのがよいと考えています。その内容については、この後の対応のところでお話しします。

(スライド18) 課題の2として私が思っているのは、(スライドの) 左の方に水害リスクカーブのイメージを書いています。横軸が豪雨規模で縦軸が想定被害といったときに、現状から、整備後になったとき、先ほど申し上げたように確認のポイントは安全に流下させることができる豪雨規模が増加しているかということ、黒矢印aの方向に動いていけば良いということに、もしくは整備目標を超える豪雨が発生した場合でも黒矢印bのように水害リスクが下がってれば良いということになります。また、この絵だけでは見えませんが、被害の

偏りが無いというようなことが「c.」で挙げられています。ただし、水害リスクカーブの図面だけでは、先ほどお話ししたように変化の要因を把握することは難しいです。やはり河川管理者は河川整備に伴って、どう水害リスクが減少したのかを十分に知っておくべきだと感じています。

箱書きの1つ目に書いていますけれども、水害リスクの変化と河川整備との関係が水害リスクカーブだけでは見えにくいと思っています。水害リスクの増減だとか水害リスクの傾き、この傾きもあまり話しませんでした。施設規模を超えたときに傾きが、この傾きで今増えているという状況ですけれども、この傾きが大きくなるということ、例えば整備後にこの傾きが大きくなったということは、いざその被害が起きたときには被害が急に大きくなるということで、水害リスク評価上は好ましくありません。例えば、該当する氾濫ブロックに住んでいる方にとって、急激に被害が大きくなるというのは、水害発生時に避難しにくいということになります。こうした水害リスクの変化要因を特定して、その対策に資する内容を考えていく必要があると思います。やはりこれらの状況を確認しようと思うと、河川水位とか氾濫状況を丁寧に確認する必要があるということです。それが先ほどの300通りの計算結果を全て見てやるというのは、恐らく大変ではないかなと思います。特に氾濫ブロックに住まわれる住民の方。これから流域治水ということを考えていくと、住民の方と氾濫状況を想定して議論することになると思いますが、それほど簡単に説明できないと思います。もしくは300通りある氾濫計算のうち、この図面に着目してくださいということが明確になっていけば分かりやすい説明ができるのではないかと考えます。

スライドの右図は国総研プロジェクトとして藤田(光一・気候変動適応研究本部)さんらが作られた図面ですけれども、水害リスクカーブの低減のさせ方にも、河川整備で対応する場合と流出抑制で対応する場合と、もしくは土地利用で対応する場合と大



きく分けて説明しています。青色は既存の技術を示し、オレンジ色は今後開発が求められる新しい技術です。類型Ⅰは、河道掘削や引堤などのハード対策です。こうした技術は青ですが、その上の類型Ⅰ+は被害を制御する機能を付与するものであり、類型Ⅰ++は、その効果がもう少しあやふやであり、ベスト・エフォートの手法も組み込むと記載されています。類型Ⅰ++に該当するのは、施設が崩壊する時の粘り強さのような機能を付与するものと考えますが、例えば、粘り強い河川堤防が該当するのかもしれませんが、ただし、粘り強い河川堤防の技術開発は急速に進んでいますので、むしろ類型Ⅰ+になっているのかもしれませんが、いずれにせよ、まだまだ新技術だということで、あまり具体的な対策が記載されておらず、ここを充実させていく必要があります。2つ目の課題をまとめると、ハード対策と水害リスク評価結果との関係が見えにくいこと、そして類型Ⅰ+、Ⅰ++に該当する技術が未成熟、ということです。

(スライド19) 3つ目の課題としては、諏訪さんの話題でもありましたが、破堤の要因というのが越水になっていて、『手引き』では無害流量としてH.W.L.を採用していることです。左図は、スライドダウン堤防高の場合と、堤防高が低く堤内地盤高で無害流量を評価する場合の絵ですが、こうした場合でも意外と、天端高を超えるような洪水が発生した場合でもいざ現場に行ってみると、ほとんど被害を

受けておらず、越流量を低減していたことを想像できます。こうした越水時の堤防の挙動を見ると、やはり堤防天端まで越水してから切れるという方が素直なのではないかということです。地域の方に水害リスクを説明する際にも、無害流量をこのように設定した方が説明しやすいと考えます。

また、H.W.L.は計画で決められた高さなので、凸凹しないですけれども、実際の堤防天端高は、航空レーザ測量などの点群測量結果を見ると比較的凸凹しており、そういった状況も反映して水害リスク評価をやっていかないと、地域の方と話し合いがうまく進まないのではないかと考えています。

河川管理者としても、こうした実態に近い水害リスク評価結果を見ながら、河川整備の内容を決めていく方が、的確な整備メニューを設定できるのではないかと考えます。

(スライド20) 課題その1、2の対応案としてこんなフローを考えています。私たちがよく災害復旧などで現場に技術指導に行かせていただくと、整備後の河道はちゃんと水を流せますとよく言われるのですが、ではこの整備目標流量を少し超えた流量で不定流計算をやってみて、越水のみでいいのですけれど、どこから超えるかチェックしてくださいねと、なるべく実態に近い高さを入れた上でチェックしてくださいねという話をするようにしています。整備前後で越水箇所に変化が生じたか、というのはやはり非常に重要な問題だと思っています。1番目

● スライド19

水害リスク評価の課題(3のうち、その3)

19

- 水害リスク評価の目的は、「想定最大外力までの様々な規模の外力に対して、上下流・本支川バランスに留意し、氾濫した場合の災害リスクができる限り小さくなるかを点検し、被災の観点も考慮した最適な河川整備の内容と手順となるように計画の見直しに資すること」である。
- 被災の観点からすると、危機管理的な要素が強く、施設規模を超えた時の氾濫状況を的確に表現することが望ましい。
- 一方で、無害流量の設定はH.W.L.を基本としており、現実と合わない場合もあり得る。

(a) スライドダウン堤防高

(b) 堤内地盤高

暫定堤防の場合の無害流量を算定するための水位

出典：気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.5.11)の資料#4-2

堤防の決壊箇所数と要因別割合(R1東日本台風)

要因	割合
浸食	4%
深達	1%
不明	4%
越水	20%

● スライド20

課題その1、2への対応案

20

- 整備段階毎、整備内容の変更に応じて水害リスクの変化を確認するため、まずは越水のみ(破堤なし)を考慮した不定流計算を実施し、整備目標流量を少し超えた場合の越水箇所を確認し、越水箇所の変化があった場合に破堤を考慮した氾濫計算を実施し、水害リスクに与える影響を評価してはどうか。
- ⇒ 越水箇所の変化状況から氾濫計算を実施すべき氾濫ブロック等のスクリーニング
- ⇒ 越水箇所の変化状況としては、超過の度合いが大きくなった場合の越水の順番を確認することが重要であろう。
- ⇒ なお、越水箇所の変化状況の確認にあたって、危機管理的観点から堤防天端高の縦断形状を正確に表現することが重要であり、航空機やモバイル・マッピング・システム等による点群測量成果を用いて、越水箇所を厳密に確認すべきである。

```

    graph TD
      Start[整備目標流量を少し超えた流量で不定流計算(越水のみ考慮)の実施] --> Q1{整備前後で越水箇所  
が変化したか?}
      Q1 -- No --> A1[氾濫計算は不要]
      Q1 -- Yes --> A2[水位計算結果を見ながら確認]
      A2 --> Q2{越水箇所が変化した場合に  
氾濫計算の実施}
      Q2 --> Q3{越水箇所が変化した場合に  
水害リスクの増加やリスクのしわ寄せ  
が生じる可能性があるか?}
      Q3 -- No --> A3[水害リスク評価は不要]
      Q3 -- Yes --> A4[氾濫解析結果を見ながら確認]
      A4 --> A5[水害リスク評価の実施]
  
```

の前提は地域として、先ほどヒューズ堤という話が出ましたけれども、地域としてやはりある程度合意を得てきたと思うのです。ここからあふれちゃうよね、と。しょうがないよねこの地域は、と。そう思うと、整備前後で越水箇所が変わるような整備というのはいかがなものか。変わらないのであるならば、もちろん整備計画流量は流せるのですけれど、超えるのであったならば氾濫計算、変わらないのだったら氾濫計算は不要です。でも、変わるのであれば、いろいろチェックしようよ、と。その氾濫ブロックを中心に氾濫計算を実施して、そこだけで水害リスク評価をすればいいのではないかなと、そのぐらいのイメージです。そして、越水箇所が変化することで水害リスクの増加だとか、リスクのしわ寄せが生じる可能性があるという場合には、その整備内容でいいのかを確認するというをやっていく。こんなプロセスを挿入すると、水害リスクが河川整備計画の策定後の最後のチェックだけではなくて、整備メニューを個々に貼り付けていく段階で、水位計算ぐらいだったらそんなに難しくなく、時間もそれほど多くは掛からないので、水位計算をして、越水箇所の順番とか、まあ上から10番でも5番でもいいので、越水箇所が変わらないということをチェックすることが大事だということです。

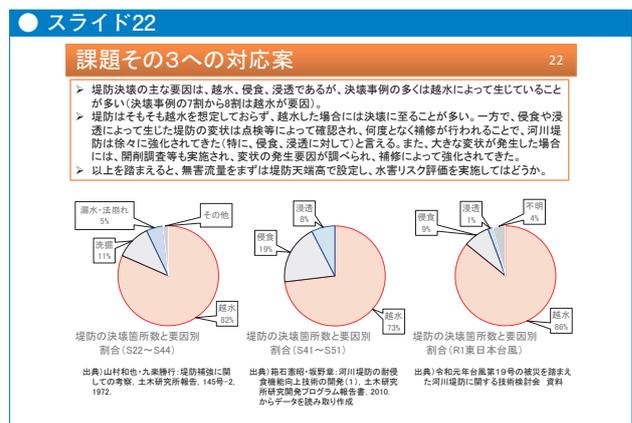
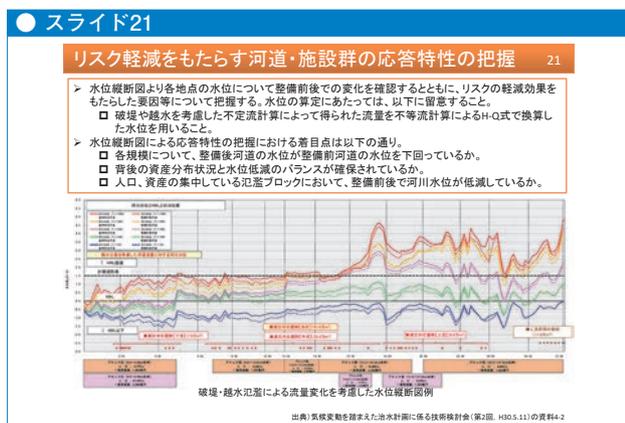
そのときにやはり大事なポイントとして、越水箇所の変化状況をしっかり確認するために、危機管理なのだからという観点ですけれど、現況の堤防高を航空機レーザ測量やモバイル・マッピング・システ

ム等々を使った点群測量成果によって越水箇所を厳密に確認すべきだというふうに感じているということなんです。

これが課題その1、2への対応となると考えています。また、越水箇所が変わった場所など重要な箇所について、氾濫計算を実施して水害リスクの変化を確認し、その要因についても丁寧に検討してもらうこととなります。

(スライド21) 河川整備前後での水位の変化が重要と思い、改めて『水害リスク評価の手引き』を見ると「リスク軽減をもたらす河道・施設群の応答特性の把握」という記載があるのに気がきました。この図は、横軸が縦断距離で、見えにくいですが縦軸が水位だと思っています。H.W.L.を基準にした水位差であり、河川水位が整備前後でどう変わったかを確認するものです。整備前が実線で整備後が点線です。この図を見ていて、まずは水位の変化で見てやろうといった意図を感じたところです。『手引き』には、背後地が重要なところに対してしっかり水位を下げているかということをチェックしようだとか、水位低減のバランスはよいかとかということが記載されています。

(スライド22) 課題その3への対応策ということで、先ほど諏訪さんが出された資料の繰り返しになりますが、当時、山村（和也・元土木研究所土質研究室室長）先生らがまとめられた資料を含めて破堤



の要因を整理したところ、4分の3は越水だということになっています。堤防というのはそもそも越水を想定していないと、左側側の二つの文献に書かれていますが、だから越水した場合には決壊に至ることが多いとしています。一方で、侵食や浸透によって生じた堤防の変状というのは、先ほどの話題で堤防はストックインフラだという話がありました、侵食や浸透によって生じた堤防の変状は点検によって確認されて何度となく補修が行われてきたことで、河川堤防は徐々に強化されてきたのだとやはり思うのです。特に越水というのは、当然これまで考えてこなかったわけですから、越水させないように河積を確保して、堤防の中で洪水を流そうということを意識して河川管理者はやってきたわけです。従って侵食・浸透に対しては、非常に強い堤防になってきたのだらうなと思います。必要な場合には開削調査を行って浸透対策を検討するなどの対応を行ってきたということで、こうしたことを踏まえると、課題3への対応案としては、無害流量をまずは堤防天端高で設定して、水害リスク評価を実施してはどうかと考えます。

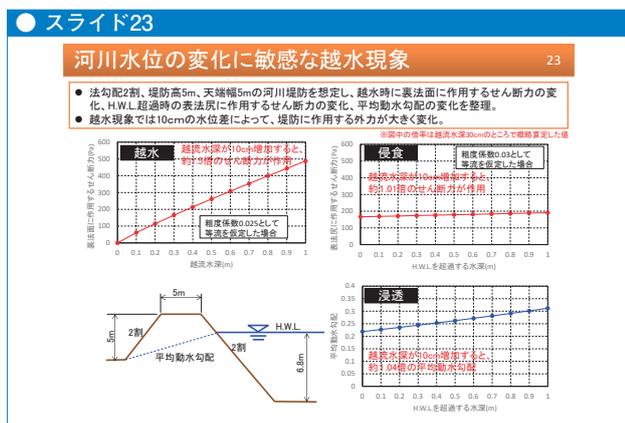
先ほどの課題1、2への対応案と合わせて、無害流量を変えることでより実態に即した水害リスク評価を、河川整備の段階ごとに比較的簡単に実施できるようにしたいと思います。

(スライド23) 令和元年東日本台風での被害を受けて、粘り強い河川堤防の技術開発を進めています

が、その中で越水時の堤防に作用する外力の変化を整理しました。粘り強い河川堤防のH.W.L.から天端までの水位をどう考えるのかを議論する必要が生じました。

左上図は、越流水深と、裏法面に作用するせん断力を示します。越流水深がゼロではせん断力は作用しませんので、倍率では表現できませんが、越流水深20cmの傾きを見ると、越流水深が10cm増えると1.5倍ぐらいのせん断力が作用します。それに対して侵食を見ると、H.W.L.を超過する水深が10cm増加しても表法面に作用するせん断力はほとんど変化しません。浸透に対しては、耐浸透機能の照査基準である安全率を使うことも考えましたが、ここでは単純に平均動水勾配の変化を確認しました。H.W.L.を超過する水深が10cm増加しても、平均動水勾配は大して上がらないことを確認できます。変化率は4%ぐらいということで、要するに越水という現象は河川の水位変化の影響を大きく受けるので、越流水深30cmとはいえこうした外力に対して粘り強くするのは、侵食や浸透よりも難しいと感じています。現場ではさらに各種の不確実性もありますので、われわれ河川管理者としては、侵食・浸透に対する対応を中心に行ってきたと思います。

(スライド24、25) 最後になりますが今後の展開についてお話しします。越水箇所の変化に着目すると、堤防決壊の有無を的確に評価することが大事ではないかなと思います。別の言い方をした方が分か



りやすいかもしれませんが、堤防の安全度を質的にしっかり評価するようにしないと、もしかしたら壊れる可能性があるところがあるとしたら、そういう箇所を残しておく、結局、水害の実態を評価するのが難しくなると考えます。計画では、こうした分析を進めるにはまだまだ時間がかかるかもしれませんが、その必要もないのかもしれませんが、しかしながら日々の管理の中では、実態に即した分析結果がより重要になってくると考えます。

本日、河川財団の方や田中（規夫）先生も来られています。土木学会の河道管理小委員会と河川財団さんが連携して、河道管理で得られた情報のみから予測して、明日発生するかも分からない計画規模の洪水に対して、侵食による決壊の有無を予測して緊急的な補修や事前水防の必要性の判断に使えるかについて検討しています。この取り組みでは侵食被災についての検討ですが、浸透被災についても同様に考える必要があります。浸透に対する照査については変状が生じ得るかどうか、例えばすべりが発生するかを現行の耐浸透性能の照査では確認し、浸透対策を進めています。一方で、点検や巡視で確認された変状の記録とか、定期横断測量で得られた堤防形状の変化など、こうした結果を見て、侵食被災と同じように明日発生するかも分からない計画規模相当の洪水に対して、決壊の有無を予測して、緊急的な補修や事前水防の必要性に使えるかどうかの判断に使う。こうした試行を実施する必要があると思っています。ただし現行では、照査の方

法で紹介したように安全側で対応しています。もしかしたら、この一連区間の堤防は、堤防天端まで河川水位が上昇しても直には決壊しない堤防であるかもしれないが、こうした評価を実施できない現状だということです。従ってわれわれはH.W.L.という基準を設けて、堤防を管理しているのではないかと考えています。

(スライド26) そういう堤防の安全、質的な安全度を表現するものにフラジリティカーブというものがありますけれども、最近河川研では河川堤防の浸透に対するフラジリティカーブを作成することに取り組んでいます。設計上は左図のように、H.W.L.以下では破堤確率がゼロであり、設計上は切れないと仮定しています。実際には、右図にあるように、堤防の土質の不均質性だとか土質調査の不確実性もあって、H.W.L.以下でも切れる場合もあれば、H.W.L.を超えても切れない場合もあります。フラジリティカーブという概念を導入して堤防の安全性を表現すると、右図のような曲線で表現できると思います。堤防は過去に洪水を経験し、弱い箇所があると漏水や噴砂などの変状が生じ、それに対して補修され、徐々に強くなってきたと考えられます。洪水による弱部の確認と補修を繰り返し、もしかしたらこの曲線は高くなっていて、河川水位が天端付近まで来ても破壊確率はほとんどゼロになる箇所もあるかもしれません。そういう場所をしっかりと絞り込んでいく。この堤防、この一連区間は堤防天端ま

● スライド25

堤防決壊の有無を的確に評価することの必要性 25

- 侵食被災については、土木学会河道管理研究小委員会が河川財団と連携し、河道管理で得られた情報のみから予測し、明日発生するかも分からない計画規模相当の洪水に対して決壊の有無を予測し、緊急的な補修や事前水防の必要性の判断に使えるかについて検討している。
- 浸透被災についても、設計で得られた情報だけでなく、河道管理で得られた情報(具体的には、巡視・点検で確認された変状の記録、定期横断測量成果等で得られた堤防形状の変化など)を用いて、明日発生するかも分からない計画規模相当の洪水に対して決壊の有無を予測し、緊急的な補修や事前水防の必要性の判断に使えるかについて検討する必要がある。

①土質調査の実施
②土質調査結果の作成、土質定数の設定
③すべりに対する安定解析の実施
④境界条件(開閉、河川水位、地下水水位等)の設定
⑤詳細すべり破壊(1)
⑥パイピング破壊(1)(6W)

浸透に対する照査

● スライド26

堤防の浸透に対するフラジリティカーブの作成 26

- 設計上は、河川水位がH.W.L.を超えると堤防は決壊するとしているが、土質の不均質性や土質調査の不確実性もあり、河川水位がH.W.L.以下の場合でも漏水等の変状が生じる場合がある。
- こうした変状を点検等によって確認し、堤防決壊に至る可能性が高い変状を優先的に補修することによって、堤防は強くなってきたと言える。
- ただし、当該堤防がどの程度の河川水位の作用を受けてきたかで、堤防に対する信頼性も変わってくると思われる。
- 最近では、進行性のある変状についても言及されているが、ここで実施するフラジリティカーブの作成では取り込めない。

水位(m)
堤防天端
H.W.L.
破壊確率 PF
設計上の想定
実際の堤防

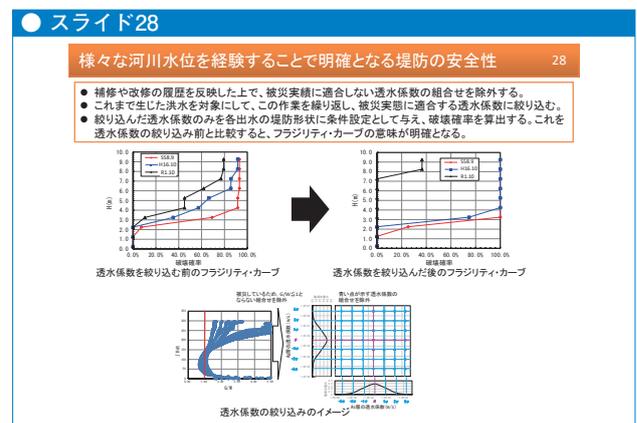
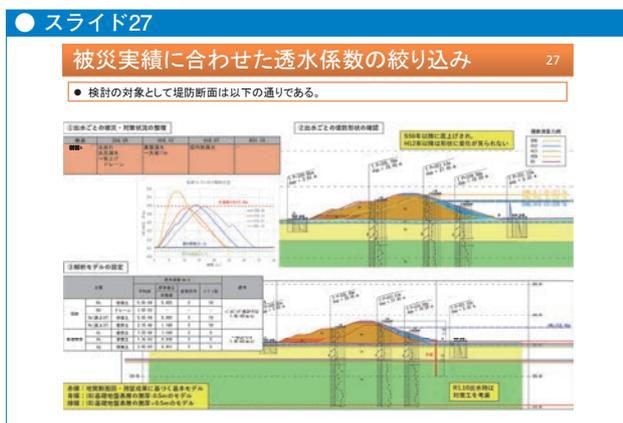
で河川水位が来ても大丈夫だぞという堤防区間を増やしていくことも、河川整備・管理の大事な視点だと思っています。例えばある区間は天端高を低くして、ヒューズとして使うことを考える場合においても、天端高の高い区間が切れないことが分かっている必要があると思います。土堤の良さを活かすためにも、堤体土質の不確実性を狭めていくことに繋がると感じています。

(スライド27、28) スライド27の中央上側の堤防断面は、ある河川の堤防の断面形状と土層構造を表します。右側が川側です。左上の表に、主な出水時の点検結果が記載されています。文字が小さくて申し訳なのですが、昭和58年、平成16年、平成18年で生じた洪水時のピーク水位や生じた変状が記載されています。令和元年にも洪水が発生していますが変状は生じていません。どんな被災が発生したのか浸透被災に着目し、その後の対策状況についても情報を収集しました。土質の定数もボーリング調査をした結果を収集し、ある程度のばらつきを持たせて設定することで、基盤漏水に対して安全か安全じゃないかというのを評価したときに、そのばらつきの中で何回ぐらいが安全でなくなるかを確認し、破堤確率を算定しました。当時の堤防断面から見ると、堤体が拡幅されたり矢板を打ったりといろいろな対策をしてきても、スライド28の左上図に示すように、フラジリティカーブにその変化が現れてきません。縦軸の水位が2mぐらいで破壊確率が大きくなりま

す。対策しても2mから4m、もしくは5mで破堤確率が高くなるといった、そんな計算結果になっています。本来であればいろいろ対策をしてきているので、当時は2mで危なくなっていたけれども、対策をした結果、水位が高くなっても相当安全になったと言えるといいなと思いましたが、単純に透水係数のばらつきを与えてフラジリティカーブを描いても、対策の効果を表現することはできませんでした。

そこでそれぞれの洪水ごとに、被災の発生状況を踏まえて透水係数を絞り込むことにしました。例えば、ある洪水で被災していれば、被災しないとなる透水係数は不適切だとしてその透水係数を除外して、改めて除外後の透水係数のばらつきでフラジリティカーブを描きました。その結果がスライド28の右上図です。対策の効果が明瞭に見えるようになり、当時は2mを超えると被災確率が増加しましたが、黒線で示す最近の断面では矢板の効果もあり、7mの水位になっても破堤確率がゼロと表現されています。適切に堤防の耐浸透性能を評価できるようになってきたと言えます。こういった形で、各一連区間の堤防の質的安全度を明確にしていく作業を、被災実績だとか対策を踏まえて実施していくことで、この区間の堤防は堤防天端まで使える、などが分かってくると思います。

(スライド29、30) 終わりにということで、霞堤を例にとってお話します。これは、四国地方のある川の堤防整備の事例なのですが、上流側はこ



のような壁立の堤防になっていて、下流に向かうにしたがって途中から石積みの堤防になって、下流側は穴あきになっています。石積みの堤防については、農業をやられている方が自衛のために積み直しているようです。当時は河川管理者が積んだものかもしれませんが、今の管理状態は、耕作放棄地らしいところは石が落ちていたりするのですが、営農しているところはきちんと積まれているなというそんな印象を受けました。

こうした一連区間の堤防ですが、一番上流側の壁立の堤防が一番強く、真ん中の石積みが中間で、下流は穴が空いているというのを明確にやっています。フラジリティカーブで質的な安全度を区間ごとに評価するよりも簡単な手法かもしれません。

(スライド31) これも霞堤の事例です。河川財団の天野さんが国総研に在籍されていたときに、この後に登壇する武内（慶了）さんと、また前に登壇された諏訪さんと一緒になって、先ほど出てきた小本

川について検討した事例です。河川は左から右に流れており、右端に霞堤があって、改修をするに当たって連続堤にするのか、霞堤を残すのかという議論がありました。私たちとしては、霞堤を残した方がよいと話していました。また、霞堤を残した上で河川堤防と人家との間に二線堤を設ける。道路があるのだからこの道路の地盤を少し高くして、線形を整えて二線堤として使ったら、もしも大きな洪水が発生しても人家の目の前にすぐに水が来ることはなく、二線堤の前でワンクッション置いて、人家の方が避難する合図にできるのではないかとということで、右上のタイトル（「中山間地域谷底平野における避難時間確保を目指す減災システムに関する考察」）で武内さんが主体的に執筆・投稿して、採択されたものです。

(スライド32、33) 時間もないのでモデルの詳細は説明しませんが、この地域を対象とした氾濫モデルを作成し、氾濫計算をしたということです。氾濫

● スライド29

29

5. おわりに

● スライド31

谷底平野にある霞堤の効果を考察した事例 31

出典) 武内慶了・福島雅紀・諏訪義雄・天野和彦・中山間地域谷底平野における避難時間確保を目指す減災システムに関する考察、土木学会論文集B1(水工学)、第74巻、第4号、pp.1,1303-1,1308, 2018.

● スライド30

谷底平野における減災の工夫事例 30

- 谷底平野のように平地の少ない地域では堤防を大きく過ぎると、利用できる土地が少なくなるため、ある程度の堤防高に堤防の大きさが限定されてきたと考えられる。河川管理者としては、上下流バランスも検討した結果と想定される。
- こうした地域では、施設規模を超えた洪水が発生した場合でも被害を軽減するための工夫が施され、同河川の上下流でも同様な工夫が見られた。超過外力発生時の越水面所を確認することも重要性はこうした場面でも顕著である。

● スライド32

二線堤の整備イメージ 32

出典) 武内慶了・福島雅紀・諏訪義雄・天野和彦・中山間地域谷底平野における避難時間確保を目指す減災システムに関する考察、土木学会論文集B1(水工学)、第74巻、第4号、pp.1,1303-1,1308, 2018.

計算をしてみると、左図の二線堤がないときは、下からこう入ってきてどんどん広がって行って、集落にも到達してしまいます。もしかしてその過程で上流が決壊したならば、上流からも水が来るので非常に避難がしにくくなります。一方で、右図のように二線堤があると、二線堤と河川堤防の間に水が貯まるまでは、すぐには人家に水は来ません。また、上側で決壊した場合でも、二線堤と河川堤防の間が川のようになって川の河積が増えたような形になり、こちらの集落にまで水が流れずに、下流の穴が空いたところから水が吐かれて、河積も増えるので河川水位も低下するといった計算事例です。

(スライド34) 霞堤の話 最後にさせていただいたのは、河川水位ということに着目しておくとうした発想も生まれてくる。生まれてきやすいと思います。先ほどから申し上げているように、どちらかという二線堤だとかというのは、先ほどの絵で見ると類型Ⅲに入っていて、本来であればこの類型Ⅰ+だとかⅡ+だとか、こういう被害を制御する機能を河川整備としてやりたいなと思ったときに、例えばですが霞堤を締め切る場合でも、最初に越水する箇所は霞堤のあった場所として、いざというときは霞堤が切れるということにするだとか、例えば連続堤区間において洪水時の被害が大きくなる区間には、決壊する場所には粘り強い構造をするなどという話がありますけれども、どうしてもベスト・エフォートのようになってしまうので、やはり堤防の耐浸

透性能などをしっかりと評価していくのが大事ではないかということです。本日の発表は以上となります。

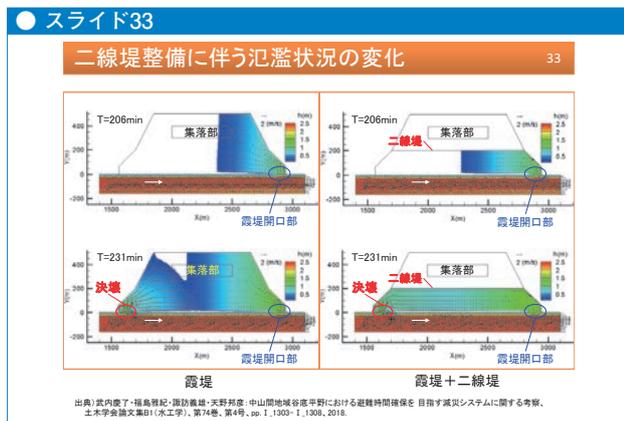
ご清聴いただき、ありがとうございました。

司会 福島さま、ありがとうございました。

<質疑応答>

司会 それでは、ご質問のある方、挙手をお願いいたします。

それではすみません。1つだけよろしいでしょうか。スライド22のところで、無害流量を「まずは」堤防天端高で設定し、(水害)リスクを評価したらどうかということが書いてあります。ちょっと言葉尻(を捕らえるよう)かもしれませんが、「まずは」と書いてあります。危機管理を考えるとときに、避難はやはり堤防天端からリードタイムを取ったところで水位を決めましょうというかたちでやっているのですが、あれは避難の実効性とかも踏まえて、実際はハイウォーターでも切れないので堤防天端からやりましょうというような概念だったのかなというように思っているのですが、このリスク評価をするときも、ある意味危機管理をする。堤防天端から取るというのは安全側に評価する。本当は危機管理なので危険側に評価しなければならないところを堤防天端から取ってしまっている、とも見えるかと思っています。そういうこともあってこの「まずは」という言葉が入っているのかどうかを聞きた



かったのですが、この堤防天端から取った上で、その結果を見てもう一つ考えなければいけないことがもしあるのであれば、そこも併せて教えていただければと思います。

福島 (スライド22、26、28) 「まずは」と申し上げたのは、やはり現況が、整備計画とかだと安全側で見なければいけないので、どうしてもH.W.L.にならざるを得ない。整備メニューを検討しているときには、先ほど申し上げたように、全部、例えば途中段階の部分も含めて全部計算しようと思うと、非常に手間がかかってしまいますよね。被害想定とかを出して、この掘削の範囲を少しだけ変えますかとかそんなことをやるのは至難の業かと。計算負荷も大きいので難しいと思います。そういうことで「まずは」と入れているのと、あともう一つは、実際にはフラジリティをしっかりと作ってという今後の展開です。実はこうやって先ほどのフラジリティのカーブを明確にしておく、例えばこの川のこの一連区間は、もう天端まで河川水位が上昇しても浸透では壊れないと言えるのではないかと考えます。天端マイナス1mかもしれないし天端マイナス0.5mかもしれませんが、過去の出水の経験と補修の状況に応じて、全区間一律にH.W.L.の安全性ではなくてもよくなる時代が来ないかなと思っています。ここの堤防はもう天端まで大丈夫ですよと、将来的に全部そうなるかもしれない。そういう状態を目指したいなと思っています。ただ、実際には堤防天端が凸凹している、例えば橋のところでは高いとか、そういうことはあると思うのですけれども、将来的には区間ごとの堤防の安全性を的確に評価するようにしたいと思っています。粘り強い河川堤防の話もあって、区間ごとの堤防の安全性を明確にすることで超過洪水時の水害リスクの低減につなげたいと思っており、「まずは」を「第一歩」という意味を込めて入れました。

司会 ありがとうございます。

ほか、よろしいでしょうか。

それでは天野所長、お願いします。

天野 どうもありがとうございます。スライド20のところで、整備をしたときにリスクがどう変わるかということでフローを見せていただいたのですが、現状の河道における氾濫の仕方というのが、水害リスクの観点から見たときに、最適であればこう(フロー図の流れ)だと思います。逆に現状がよくなければ、意図的にこう変えるということもあると思うのですが、そういう意味でこれは、その現状が最適だという前提に基づいてこう言っておられるのか、そもそも現状はもう今のものとして受け入れなければならないという意図なのか、そこはどちらかなのかというのを教えていただきたいです。

福島 発表の中でコメントしたつもりでしたが、うまく話せていなかったと思います。すみません。改めて申し上げます。

河川整備は長い期間をかけて実施されてきました。江戸時代以降や明治時代以降だという話もありましたが、長いことをかけて地域と合意してきたものと考えています。そうしますと地域の方は、現状の越水箇所は仕方ないと思ってきているのではないかといい前提です。逆に言えば、越水箇所について地域で合意が得られていないとすれば、河川整備計画の見直しにあたって改善していくべきだと思います。

司会 次に田中先生、ご質問をどうぞ。

田中 余裕高というのでしょうか、H.W.L.と堤防高のところで聞きたいのですが、河川の規模で小規模・中規模の河川は余裕高が小さいではないですか。大規模だと余裕高が大きいですよ。一方、その出水に対して次の立ち上がりはH.W.L.堤防高まで上がる時間は、小規模の方が早く、大規模は結構時間がかかりますね。そうするとH.W.L.で考えるのか、堤防高で考えるのか。その河川の規模によって、かなりリスクの評価も変わってきてしまうという気がするのですが。ある程度の川を全て同じ考え方でいくのか。もう少しその水位の立ち上がりの時間、例えばH.W.L.から堤防天端まで1時間とか2時間とか、そういう水位波形の立ち上がりとの関連

で分けたりするのか。そういうものは何かある、あるいはないのでしょうか。H.W.L.と天端高は、やはりだいぶ川の規模によって違うという気がするのですが、その辺りはどうでしょう。

福島 すみません、あまりそこは考えていなかったのですけれど。そうですね。確かに小河川の方がすごく早いですね。

田中 そうですね。ものすごく早いのに余裕高は小さいので、そこはハイウオーターで評価するか堤防高で評価するか、差はそれほどないです。大規模河川だと実はかなりの差があります。リスクの評価にもだいぶ関わってくるし、危機管理上の時間的なものにも大きな差が出てくるのかなという気がします。

福島 お聞きしていて少し考えたのは、そうした小規模河川では、そもそもそこまで高度な、しっかり

とした管理はできていないと思います。そういう実態もあって、先ほどのフラジリティカーブでは、被災の実態やどこまで水位が上がったかを見ながら、堤防の信頼性を天端まで上げていこうという発想なので、小規模河川ではH.W.L.のままにしましょうということになるかと思います。そこまでまだ信頼をおけないよねと。例えば山間部に入って堤防の天端も凸凹してきて、そこまでまだ信頼をおけないと思うとH.W.L.になりますし、都市部でしっかりと平坦に管理されているところでは天端まで信頼できるのではとなるかと思います。

田中 ありがとうございます。

司会 ありがとうございます。それでは、お時間もありますので、またご質問がありましたら後ほどお願いできればと思います。福島さま、ありがとうございました。

地域防災力を高めるための 水防活動支援技術の方向性

～水防活動詳細実施過程の実態把握を切口として～

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 主任研究官 **武内 慶了氏**

武内 こんにちは。国総研の武内と申します。

(スライド1) 今日こういった、ちょっと真面目にタイトルは考えてみたのですが、ちょっと硬くて何か偉そうな雰囲気はあるのですが、要するに何かというと、平成29年度から国総研水害研究室で水防活動支援技術についてどんどん研究していこうとなりまして、その担当を僕がやっていました。まだ5年とか6年しか経っていないのですが、その中での成果を発表します。基本的には、前半では僕は無知でしたというお話をします。あまりにも知らな過ぎたということをお恥かしげもなくしゃべります。後半で、知ったことを踏まえて、ではどのような支援技術があり得るのだろうかということを、それなりに進めてまいりましたので紹介します。

(スライド2) まず、水防とか水防活動とは何かというのを、ごくごく簡単に説明します。

まず水防の原点ですが、水災に対して、自らの安全は自らが守る、地域の安全は地域が守るという自



助・共助の精神が原点にあります。それに基づく活動全般を水防活動と一般的に呼ばれています。

水防活動の主体というのは結構さまざまにありまして、ご存じ水防団だけではなくて、消防署であるとか、自治体の土木部門も水防活動を行います。その中でも主な活動主体となる場合が多いのが水防団でありまして、彼らは主に当該地域の住民により構成されています。なお現代においては、この水防団というのは消防団が兼務し、兼任水防団として活動する地域がほとんどであるという実態があります。

● スライド1

令和4年11月22日
河川財団河川研究セミナー

地域防災力を高めるための 水防活動支援技術の方向性

～水防活動詳細実施過程の実態把握を切り口として～

国土交通省 国土技術政策総合研究所
河川研究部 水害研究室

主任研究官 武内 慶了
(Yoshinori TAKEUCHI)

● スライド2

水防／水防活動／水防団：

○水防の“原点”

- ・水災に対し、自らの安全は自らが守り、
地域の安全は地域が守る
- ・自動・共助の精神が原点

⇒ その活動全般を“水防活動”

○水防活動の主体は様々

- ・水防団／消防署／自治体土木部門 等々
- ・その中でも、主な活動主体となる場合が多いのが“水防団”
⇒主に当該地域の住民により構成される。



消防団が兼務する
地域がほとんど
<兼任水防団>

小貝川での水防活動の様子
(出典：国土交通省HP)

生するのだということをまず示している。このことから、河川整備をより一層推進する必要があるということももう明白です。

これに加えて、流域治水の観点でもうちょっと広めに捉え直してみると、地域の被害を軽減し、場合によっては被害を防止する。また、活動の様態から準ハード、準ソフト対策と言える水防活動というのは、流域治水対策における有力な手段の一つになるのではないかと私は考えております。

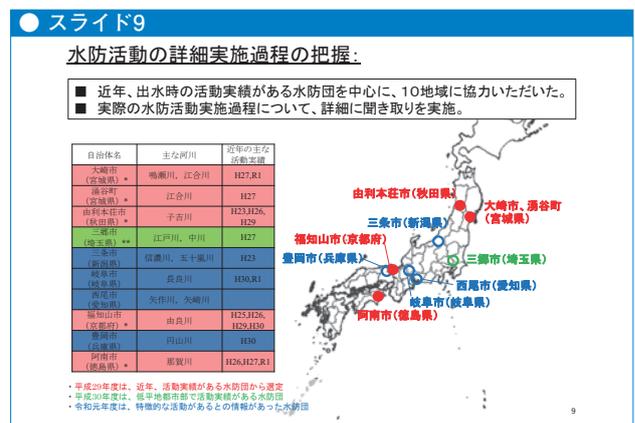
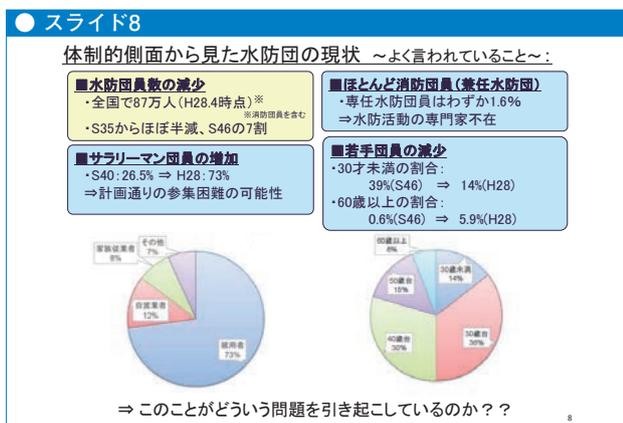
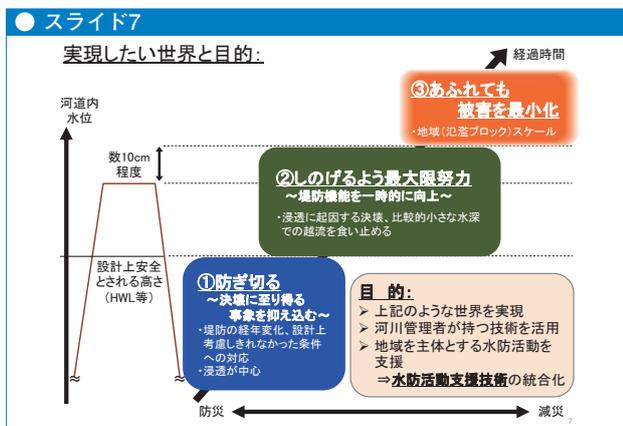
(スライド7)では、この水防活動に関する研究で、私たちが何を目指していたのかということを中心に説明します。この図は、研究当初に思い描いていた「実現したい世界」であります。左側に茶色い堤防をちょっとまねた絵がありまして、横線が1本入っています。これは設計上安全とされる高さで、ハイウォーターレベルだと思ってください。これ以下の水位においては、何か堤防に不具合があったとしても、水防活動において防ぎ切るのだということ

す。次にこの高さを超えて、さらに堤防天端より数10cm程度上がってしまうような場合においても、土のう積みとかをきちんとやって、その氾濫による被害を凌げるように最大限努力すると。また、それがもうかなわない、それよりも随分大きな被害になってしまうというような場合においても、あふれても被害を最小化するような活動が可能となるような世界にもっていきたいというように当時は考えておりました。

このような世界を実現するために、河川管理者が持つ技術を活用して、地域を主体とする水防活動を支援するという技術を統合化しようというのが目的です。

(スライド8)よく言われている水防団の現状なのですが、まず、どんな問題があるのかということ把握しなければなりません。これは本省のホームページなどでも常々出ているので簡単に触れますが、まず団員数が減っています。ほとんどが消防団員で、水防団の専任がほとんどいません。団員もサラリーマン団員が多くて、計画どおりに参集できないような場合もあります。若い人が減っていますというような問題がよく言われています。そう言われているのだけれども、ではどうすればいいのか、ということが私はさっぱり分からなかったのです。つまり、このことがどういう問題を引き起こしているのかということがさっぱり分からなかった。そこで(ヒアリングを実施して)聞きまくりました。

(スライド9)ここにプロットしている地域は主



に近年、出水時の活動実績があった10地域を選定、協力いただきまして、10地域の水防団を中心として自治体とか消防本部も含めて約20の組織から、実際の水防活動の実施過程について根掘り葉掘り（話を）聞きました。

（スライド10）聞いたときのその様子がここにあります。いくつかお見せしておりますが、大きな、大判の平面図を用意しまして、各時刻断面で、今、川の状態がどうですとか、こういう情報が発令されました、おそらくこの支川からはあふれているでしょう、というような情報を全部書き込んで、当時どこで何をやったのかということの思い出しやすいように、工夫をしながら聞き取りを行いました。水防団や消防団の方からは、このときここでこんなことがあって、だからこういうような対応をしたのだけれど、こういう問題があったとかこれはうまくいったとかいうことを、ものすごく細かく教えていただきました。

（スライド11）地方法部・河川中流域の水防団の方々から伺った活動実態を、いくつもある団体の共通の事項として整理したものがこれです。地方法部に関してはまず1つ目、消防団が水防団を兼務しています。これは案外、重要なことです。また彼らは、浸水が生じやすい場所を経験的に把握しています。どこからあふれ始めるとかどこが弱いか、弱点かを知っていますかと聞くと、この図にあるように、こ

ことここここだよと、もう、みんな分かっているのです。ここからあふれ始めるといのが分かっているので集中的に巡視して、危なくなったらすぐに水防活動を始めるというような組織となっています。

その危ない箇所というものには、本川からあふれる箇所だけではなくて、内水の浸水が起きやすい場所とか、支川からの氾濫が起きやすい場所のようなものももちろん含まれています。あと意思決定関係なのですけれども、まず現場で自律的に活動をしていらいっしょいます。水防団待機水位とか出動水位が発令されたら、そのときあなたたちはどうしていましたかと聞ききました。そしたら「何、それ」と言うのです。どういうことかという、（水防団待機水位とか出動水位とか）そういうものに関係なく、そういうものが発令される前からもう活動していると。必要ないというようなことははっきり言われています。降雨の状況や上流区間の水位というものをちゃんと見て、何時間後ぐらいにこの辺は、このぐらいの水位になりそうだなというのを経験的に分かっている。そうして、自分なりの予測モデルというものを持っているということです。あと、危なくなったときに、現場サイドの水防団員が実質的に何をやるのかということ判断して、団長などに最終報告をすると。意思決定のための報告をします。「こうやります」ということをやっている。かなり自律的な集団であるという印象を持ちました。

● スライド10

詳細実施過程の聞き取りにあたっての工夫：

- 当該出水時の水位・雨量・浸水状況等を書き込んだ大判平面図を作成。
- 複数の大判平面図を用意し、時間経過とともに変化する状況を共有しながら聞き取り。

10

● スライド11

地方法部・河川中流域の活動実態～共通の事項～

(1) 消防団が水防団を兼務(兼任水防団)

(2) 浸水が生じやすい箇所を経験的に把握

- ・要注意箇所を予め絞り込み、その箇所を重点的に巡視
- ・実際に危険が差し迫った／浸水が生じ始めた箇所から水防活動実施
- ・本川に加え、内水浸水や支川氾濫しやすい箇所も多く含まれる。

(3) 現場で自律的に活動

- ・基準水位を待たず活動開始
- ・降雨状況や上流区間の水位から、経験的に当該地域での変化を予想
- ・対策は現場サイドが実質的に判断し、団長等に報告

図 水防団が重点的に巡視する箇所、浸水及び水防工法実施箇所の関係例（涌谷町消防団 第2分団）

11

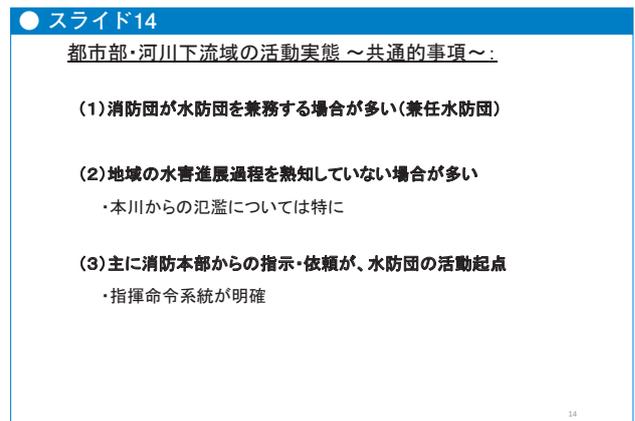
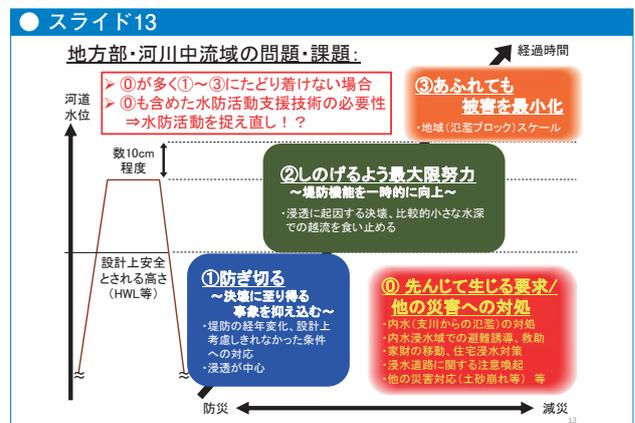
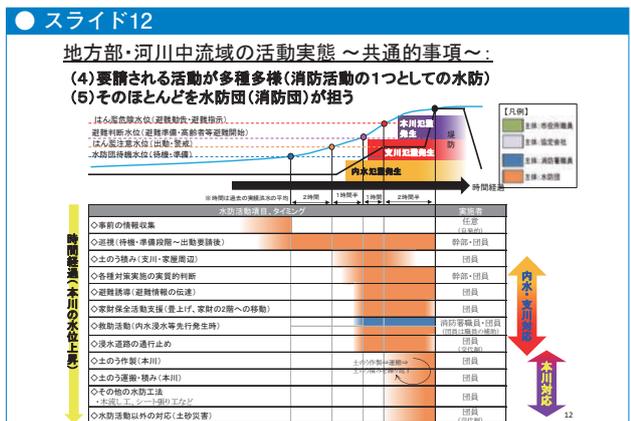
(スライド12) 続きまして、ここにガントチャートを示しております。横軸が時間軸だと思ってください。縦軸に何行かありますが、これは要請される水防活動の項目を並べています。

まず1つ目の特徴が、要請される活動が多種多様であるということです。よくよく見てみると巡視とかは当たり前になり、土のう積みももちろんやります。避難誘導はもちろん、家財保全活動ですね。「このおばあちゃん、ひとり暮らしなので、この仏壇を上げてあげなければいけない」とか、そういったことを要請されて対応する。救助活動もやります。警察がなかなか来ないと、浸水道路の注意喚起といったこともやったりします。さらには、水防活動以外の対応というものも、消防団であるがゆえに要請される。例えば土砂災害の対策とかですね。そういったこともやっている。このガントチャートの色に注目していただきたいのですが、この色は、右上の凡例の通り「誰が」という、「誰がやるのか」ということを色分けしています。この茶色が水防団、つまり消防団なのですが、要請される内容のほとんどを消防団がやっているというのが、地方部・河川中流域の活動実態の特徴です。

(スライド13) そうしますと、先ほどの「実現したい世界」をもう一回再掲しまして、今の状況を重ねてみますと、この①、②、③、の前に先んじて生じる要求とか、ほかの災害への対処というのが山積みだということがわかります。この赤い部分が非常

に多い。本川の対応ですね。①、②、③について、もう全然たどり着けない、そんな時間はないというような水防団も多くいらっしゃいました。そうなると、先んじて生じる要求への対処というものも含めて、彼らの活動全部を含めた上で、水防活動支援技術というものをもう一回考え直していく必要があるのではないかというように、私としてはちょっと方向転換をしました。つまり水防活動というものを捉え直した方がいいのではないかとこのように(思った)。知ったふりをして「何でこう本川堤防に土のうを積みたくないんだ」みたいな議論しても全然意味がないということがだんだん見えてきました。

(スライド14) 続いて都市部・河川下流域の水防団の活動実態も聞いてまいりました。まず体制的なお話ですが、消防団が水防団を兼務するが多い。兼任水防団が多いというのは、地方部と同じです。違ってくるのは、地域の水害進展過程。どこか

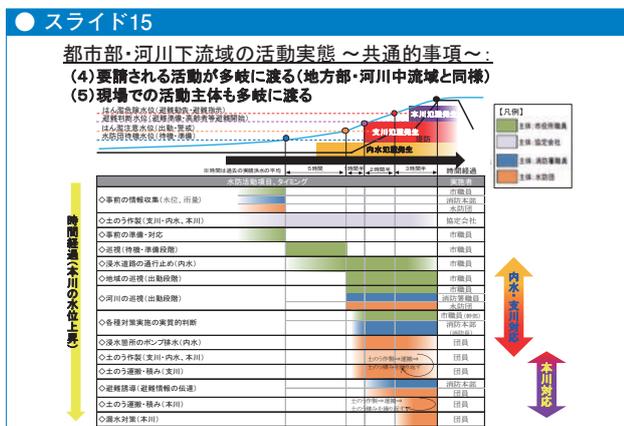


らあふれるというようなことをあまり知らない方が多いというのが、都市部の特徴として浮き上がってきました。特に、本川からの氾濫しやすい場所みたいなことは、特に分かっていなかったということがありました。

また指揮系統ですが、自律的に判断するのが地方部だったのに対して、都市部は消防本部からの指示や依頼がないと動かないということが特徴として見られました。

(スライド15) 同じようにガントチャートを書いてみますが、要請される内容自体は、縦にいっぱい書いてあるようにたくさんある。その意味においては地方部と同じなのですが、色を見ていただくと(いろいろな色があり)、いろいろな活動主体が役割分担しているということも見えてまいりました。

(スライド16) こういったものを共通の事項として、地域類型ごとに比較・整理してみたものがこの



● スライド16

地域類型に基づく水防活動実態～共通の特徴の比較・整理～:

	地方部 河川中流域 (宮城県大崎市、岩手県奥州市、宮城県山形市等)	都市部 河川下流域 (埼玉県三郷市、静岡県浜松市、愛知県豊田市等)
地形・河川特性による活動時間の制約	河川の中上流部で河川の水位上昇速度が早く、また内水浸水、支川氾濫もほぼ同時に発生するため、活動可能な時間が短い	本川の水位上昇速度が速く、内水→支川→本川対応が時間を追って発生するため、活動時間が長時間にわたる
実施する活動の実質的な判断	水防団が地域を熟知しており、どのような水防活動を実施するかは現場の水防団が自律的に判断	指揮命令系統が明確であり、自治体・消防本部からの指示に従って水防団は活動
活動内容	本・支川、内水対応以外に、土砂災害や住民からの家財保全活動支援等、水防団が多様な活動を実施	自治体職員、消防署職員との役割分担により、水防団は本支川、内水対応が主
避難誘導	戸別訪問による避難誘導	人口が多いため、避難誘導は広報車からの呼び掛け
救助活動	消防署を補助して内水浸水・支川氾濫の孤立者の救助活動も実施	本川氾濫までは浸水深が小さいため救助が必要とならない

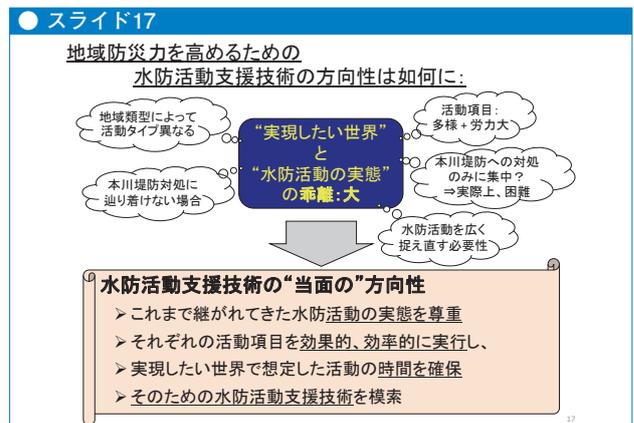
※三条市は低平地市街街を有する水防団から聞き取りを行ったため、都市部河川下流域に分類した。
 ※専任水防団については、1団体からの聞き取りに留まるため、比較整理から除外

表です。まず、左側の地方部に関しては、川が急勾配ということもあるし山地がより近いということもありますので、河川の水位上昇速度が速い。内水の浸水とか支川氾濫もほぼ同時に発生するので、活動可能な時間がかかなり短いという特徴がある。それに対して都市部は、ゆっくり状況が変化していくことがあり、活動時間は相対的に長く。

また、実施する活動、水防活動の実質的な判断に関しては、地方部は地域がそのやり方を全部熟知している。水防団が自律的に判断している。それに対して都市部では、水防団は自治体や消防本部からの指示に従って活動します、というような違いが出てきています。

活動内容がたくさんある、要請される水防活動項目がたくさんあるのは両者共通ではあるのですが、地方部は水防団がほとんど一手に引き受けているという状況で、都市部はいろいろなところと役割分担しながら進めているというような違いがありました。

後で出てくるので、ちょっと避難誘導に関するところを特出ししておりますが、地方部に関しては戸別訪問で避難誘導をしています。「このおばあちゃんは膝が悪くてな」みたいなことを消防団の人がもう全部知っているわけですね。だから早めにおばあちゃんのところに行かなければいけないだよ、みたいなことも全部分かっている。一方で都市部では、やはり人口が多いということもあって、広報車から呼びかけをするだけ、ということも見えてまいりました。



(スライド17) 最初われわれが思い描いていた「実現したい世界」というものと、僕が調べてきた水防活動の実態というものが、何かだいぶずれているということが分かってきました。例えば、その地域類型によって活動タイプが全然違うという話。あとは、やることがむちゃくちゃに多いという話。本川堤防への対処のみに集中してもらったらいいのではないかというようなことも簡単には思うのですが、そもそも消防団の仕事の一つとして水防をやっているという実態を踏まえると、そんなことはできないよ、と。また時間的に見て本川堤防対処にたどり着けないよ、というような意見も少なからずある。そういったことを踏まえると、私としては「実現したい世界」の前にやることは結構あるのだということを理解しています。

そこで方向転換をしました。それが下の段であります。まず当面の方向性としては、これまで引き継がれてきた水防活動の実態をまず尊重しようと。その上で、それぞれの活動項目を効果的あるいは効率的に実行できるようにしたいと。そのことによって、われわれが当初思い描いてきた「実現したい世界」で想定した、本川堤防への対処の活動の時間を確保するために何をやらばいいのかということを考えるようになりました。そのための水防活動支援技術というものを模索しようというように方向転換をしています。

(スライド18) このことを踏まえていくつか研究

● スライド18

水防活動支援技術①

～人的被害の相対的な起こりやすさに着目したリスク情報図～

- ✓ 地方部・河川中流域の兼任水防団 ⇒ 戸別訪問による避難誘導に着目
- ✓ 従来の役割を尊重しつつ、より効果の高い避難誘導の実現を支援

避難情報発令

本川氾濫によるリスク

内水浸水等によるリスク (避難時の移動困難性)

内水浸水・支川氾濫

本川氾濫

流域の降雨の進展

浸水面積或いは氾濫ボリューム

武内・小林・板垣:水防活動実態の把握及び避難誘導に着目した水防活動支援技術の提案, 河川技術論文集, 第25巻, pp.145-150, 2019. 18

をやったり、技術開発をやってきたのですけれども、1つ目の事例として、人的被害の相対的な起こりやすさに着目したリスク情報図というものを作りました。これは、避難にちょっと絡めています。地方部では、消防団・水防団による避難誘導、戸別訪問の避難誘導が結構大事な仕事になっているということが分かってきたので、であればそこを効果的に、可能ならば少しでも効率的になるような支援情報を出せないかということで研究したものです。

この図は、横軸に時間経過、縦軸に被害面積、あるいは氾濫ボリュームで被害に相当するものであります。まず避難情報というのは、近くにある大きな河川、洪水予報河川とか、そういったものをイメージしてもらえればいいのですけれども、そういった本川見合いの水位で発令される場合が多いです。

一方で、地域の実態としましては、例えばこの辺で発令されるとなったときに、実際、地域に何が起きているかのということを丁寧に見てみると、もう既に内水の浸水が起こっていたり、支川の氾濫がもう起きる、起きている、あるいは起きそうである、というような状況であったりする。そのような状況で、逃げろといって逃げたとしても、移動が難しいだろうと考えました。先んじて生じるこの浸水、あるいは支川氾濫による移動困難性も考慮して、リスク情報図というものを作って水防団に提供できないかということを考えました。

(スライド19) その一例です。まず今お見せして

● スライド19

リスク情報図の作成例とその特徴:

避難誘導を優先すべき **高リスク地区**の把握

- 避難時の **移動困難性** を表現
- **移動経路の危険性** を表現

内水浸水・支川氾濫情報を加味

浸水区分ごとの色表示

5.0m以上
2.0～4.9m
0.5～1.9m
0.2～0.4m
～0.1m

従来の洪水浸水想定区域図

本川氾濫による浸水深分布

5.0m以上
2.0～4.9m
0.5～1.9m
0.2～0.4m
～0.1m

そこに留まることによる人的被害の起こりやすさ

人的被害の相対的な起こりやすさに着目したリスク情報図 19

いる図は、本川が氾濫したことによる浸水深分布を示しています。現状の洪水浸水想定区域図と基本的には同じ考え方で作るというものです。これは、そこにとどまることによる人的被害の起こりやすさというものを裏返して示しているのではないかと僕は考えています。これに対して、この赤。表を見ていただきたいのですが、本川が氾濫したときも、人的被害にもろに影響が出そうな大きな浸水深、かつ逃げようとしたとき、内水浸水や支川氾濫が起きていたときに逃げづらい0.3m以上というような場所が高リスク地区であるとして色分けをして表示しています。

結果としてこの地域に関しては、本川氾濫が起きて大きな浸水になるところほど、内水浸水とか支川氾濫による影響もそれなりにあるという結果に、たまたまですけれどもなっていました。このように赤いエリア、ちょうどこの辺に点で世帯の分布をプロットしているのですが、この赤いエリアが結構、高リスク地区だということが見えてまいります。

このように内水浸水や支川氾濫情報を加味することで、移動経路の危険性や避難時の移動困難性というものを表現し、避難誘導を優先すべき高リスク地区というものが把握しやすい情報を、河川管理者としても提供できるのではないかとこのように考えました。そうすると、水防団の人たちはこれを見て「では赤のエリア内に住んでいるこのおばあちゃんのところへ先に行った方がいいね」とか、重点的に避難誘導するルートを検討できるようになるのでは

ないかというように考えています。

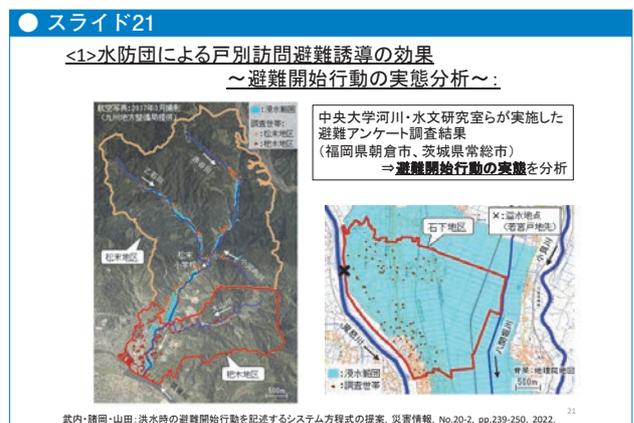
(スライド20) この効果も簡単ではありますが試算をしました。点線が地域全体を均等に避難誘導した場合。実線が高リスク地区のところをまず集中的に避難誘導をした場合。それで戸別訪問を終える時間がどれだけ短くなるのかということグラフ化しています。そうしますと高リスク地区の世帯に関しては、この地区であれば、30分強の短縮ができるということが分かってきました。

一方で、地域全体で見ると18分増加するというようなことがあります。これは水防団の移動経路がその分長くなってしまふ、そういうことに起因しています。これは効果の簡単な試算であります。

(スライド21) これだけではちょっと面白くないなと思ったので、水防団による避難誘導へのその支援技術、先ほど説明したりリスク情報図というものの、その重要性を異なる側面からのぞいてみましょうと持ってきた成果です。

ここから当面はちょっと脱線ぎみのお話になります。中央大学の山田（正・中央大学研究開発機構）先生の研究室らが実施した、筑後川水系赤谷川の水害および鬼怒川の常総市の水害の、避難アンケートの結果を使わせてもらいました。そこから避難開始行動の実態を分析しております。

(スライド22) 避難した・していないに関係な

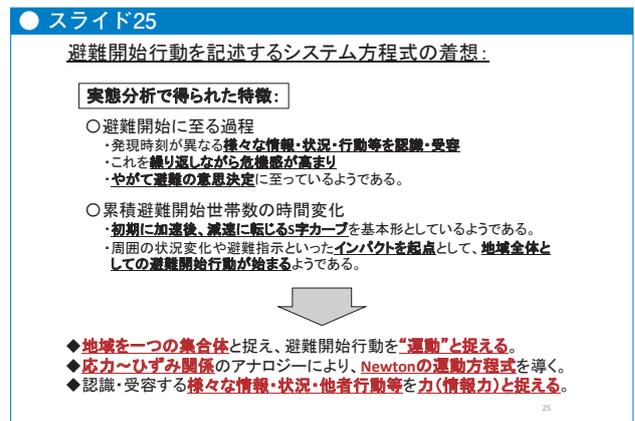
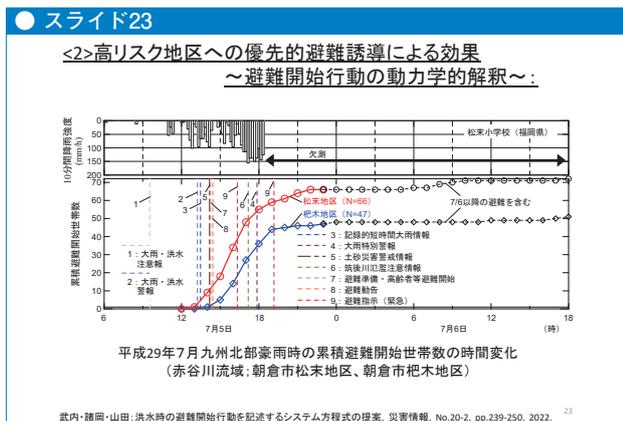
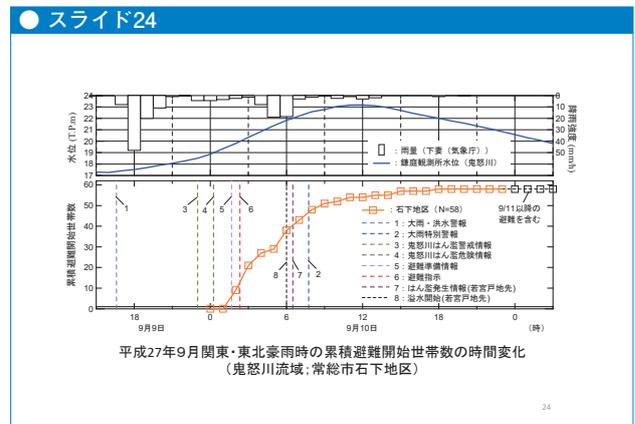
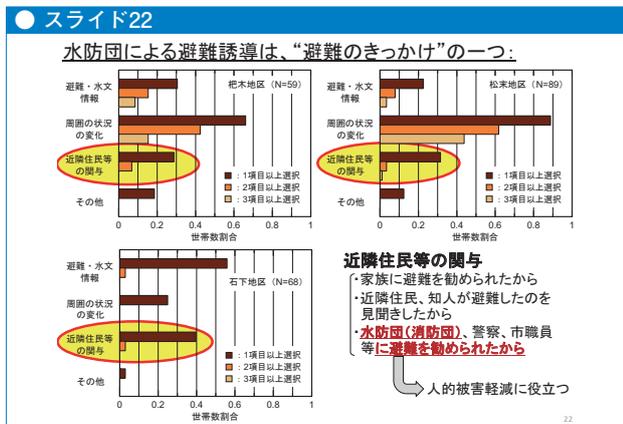


く、特に避難した人に対して「避難のきっかけは何だったのですか」ということを複数回答式で聞いています。20個、30個という選択肢を4つに分類して、避難・水文情報であるとか周囲の状況の変化とか、近隣住民等の関与といったものがあるのですが、この「近隣住民等の関与」というのを、赤谷川流域では「周囲の状況の変化」の次ぐらいに聞いているということが分かります。常総も同じで2番目ぐらい（に聞いている）。ではこの「近隣住民等の関与」とはどういう選択肢だったのかということをもうちょっと見てみますと、ここに書いてあるようにいくつか出てくるのですが、その中でも水防団に避難を勧められたからという人がやはり少なからずいる。これがきっかけになっているということがもう明確に見えているという意味において、水防団による避難誘導というものが、やはり人的被害軽減には役立っているということが説明、理解できると思います。

(スライド23) もう少し脱線します。先ほどの中央大学らのアンケートでは、「何で避難したのですか」だけではなく、「いつ頃避難を開始したのですか」ということも併せて聞いています。これは横軸が時間で、累積で何人避難したか、何世帯避難したのかを累積値で縦軸に示しているグラフであります。そうしますと、赤いエリア、青いエリアともに、よく見るとS字カーブの形になっている。

(スライド24) 同じく常総に関しても、何か2段階にはなっているのですが、これはちょっと別の理由があるのですけれども、S字カーブがつながっているような分布にもなっているということが見えてきた。

(スライド25) では、この避難の累積避難世帯数の時間変化というものを式で解けるのではないかとちょっと思い始めたということでもあります。実態分析で得られた特徴から、この下に書いてあるような



アナロジーで解きました。まず、地域を1つの集合体として捉えます。人の個別の動きは直接には解かない。それで、避難開始行動を運動として捉える。応力～ひずみ関係のアナロジーで、ニュートンの運動方程式を導きました。そのときに、その認識・受容するさまざまな情報であるとか、状況、あと他者の行動等は力として捉える。これで式が出せるのではないかということでチャレンジをしました。

(スライド26) 説明を省きますがこの左下の(赤字で書いた)式が導かれました。これは2階微分の式で、 $x(t)$ というのが累積の避難した人数です。 v というのは単位時間当たりの避難した人数です。速度ですね。これを1回積分すると何が出てくるのかというと、実はロジスティック方程式が出てきます。つまりこれは、この式は別のアプローチで導出したのですけれども、ロジスティック方程式を2階微分形で表した非線形常微分方程式であるということが分かりました。このロジスティック方程式は、多分天野所長がかなり詳しいとは思いますが、もともと人口動態予測とかで用いられたというのが発祥でありまして、われわれと近い分野においては、例えばアオコの自己増殖ですね。そういったものの予測とか検証に使われている。さらに一番最近見て驚いたのは、新型コロナの感染者予測もベースとしてはこのロジスティック方程式と同じ式を使っているということでありまして。これが面白かった。これはちょっと水防活動とはかなり脱線するの

で、もうやめます。

(スライド27) この式を使って、実際にアンケートで得た結果をどれだけ再現できるかということでチャレンジした結果がこの図です。赤あるいは青の点線がアンケート結果。それに対して黒実線が、私が出した式で再現した結果ですけれども、かなり合っている。これ、このぐらい再現できているのだったら、こういう解釈ができるだろうというのを、一定として結論をつけています。a)、b)、c) とあるのですが、ある住民の避難開始行動が、残っている周囲の住民の避難開始行動に影響を与えているということがこの式からダイレクトに出ています。例えば、ある住民の避難開始行動というのは、単位時間当たり何人逃げていますかという情報なので $v(t)$ になります。それと、 x_{max} というのは最終的に逃げる人の数でありますので、この括弧書きのところは残っている。いずれ逃げるのだけでも残っている人、その掛け算に係数を掛けたものが、この式の加速度の駆動力になるということがあります。

(スライド28) ここがすごく重要で、やっと高リスク地区への優先的避難誘導の重要性というのが見えてまいります。例えば、S字カーブでこの地域の、ある地域全体の避難者数がぐっと伸びていくという中で、高リスク地区への避難誘導をだらだらとやっていたときに、途中で内水浸水や支川氾濫とい

● スライド26

避難開始行動を記述する運動方程式の導出:

Newtonの運動方程式

$$F = ma$$

応力～ひずみ関係

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = I(t) - E\epsilon(t)$$

外力 内力

平常時

地域内の人口・世帯規模 x_0

外在力の蓄積 $\epsilon(t) = -\delta_0/x_0$

外在力蓄積の作用 $I(t) = -I_0(t) + I_b(t)$

累積避難開始人数 $I_b(t)$

避難開始後 ($t > 0$)

内力によるひずみの変化 $\epsilon(t) = (-\delta_0 + x(t))/x_0$

積分 ⇒ Logistic方程式

$$\frac{dx(t)}{dt} = p(x_{max} - x(t))v(t)$$

積分 ⇒ Logistic方程式

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = p(x_{max} - x(t))v'(t)$$

○ Logistic方程式を2階微分形で表した非線形常微分方程式

○ 累積避難開始人数 $x(t)$ の加速度は、地域の内力によって駆動される。

● スライド27

再現計算結果と避難開始行動の解釈:

累積避難率: $x(t)/x_0$

7月5日 7月6日

再現計算結果と避難開始行動の解釈:

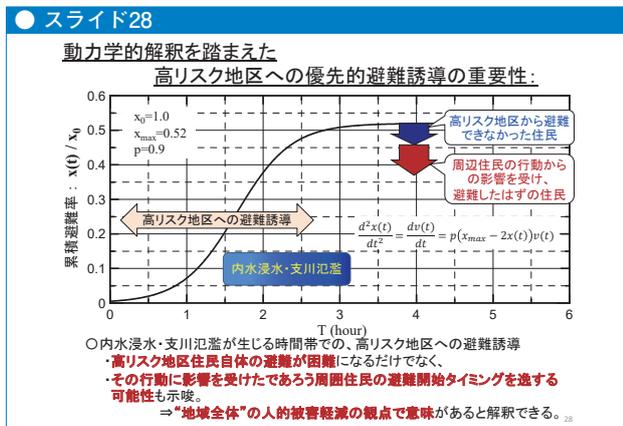
避難開始行動の基本的機構として、以下の解釈が可能

- 複数の避難・水文情報や周囲の状況の変化に応じて蓄積される危機感が、地域の避難率を一義的に規定。
- 避難指示や溢水等周囲の状況の変化が、地域の避難開始行動の起点となる。
- ある住民の避難開始行動が、残っている周囲の住民の避難開始行動に影響を与え、累積避難人数 $x(t)$ が加速・減速する要因の1つとなる。

$$\frac{d^2x(t)}{dt^2} = p(x_{max} - 2x(t))v(t)$$

うものが起こりかねません。そんな中で、せっかく逃げようとしたのに、周りが使っていて逃げられなくなってしまうみたいな人がいた場合に、その分がまず減じられます。先ほど言った、自分が避難をするという行動が他者にも影響を及ぼす、ということを考えて、その人が逃げられなくなったことで、その人を見たら逃げていたかもしれない人も逃げなくなってしまう可能性すらあるということ、この式は示唆しているのではないかとこのように考えています。従って、その逃げられなくなった人だけではなくて、周りにもその影響が及ぶのだということにおいて、この高リスク地区への優先的避難誘導というものは重要だというように考えています。これが1つ目の支援技術です。

(スライド29) 2つ目ですが、かなり実務的にはなるのですけれども、「水防活動支援情報共有システム」というものを開発しました。特徴は、現場の状態、活動状況をリアルタイムに一元集約・共有す



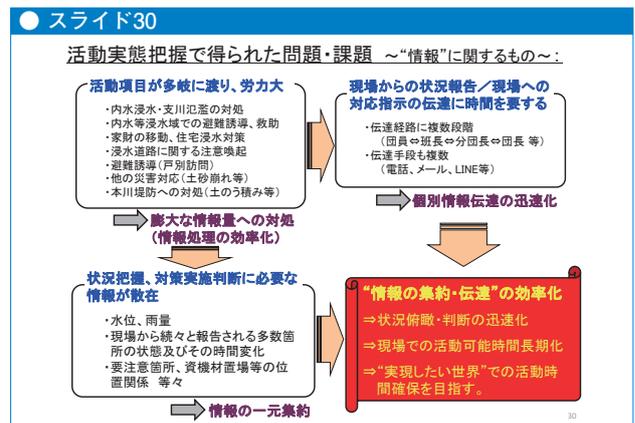
るといふもので、共有や伝達に要する時間を大幅に短縮するという目的があります。また、判断がしやすく、指示伝達も迅速化するというような大きなポイントがあります。こういうシステムです。

(スライド30) 冒頭でお見せした水防団等への聞き取りで、情報に関してもいくつか課題をもらっていました。例えば「活動項目が多岐にわたって労力が大きい」ということは、もう既に説明した通りですが、これはつまり裏を返せば、膨大な情報量への対処というものが水防団あるいは消防署には求められているということです。

これをもうちょっと掘り下げてみると、その現場からの状況報告や現場への対応指示の伝達に、実はすごい時間がかかっているのだということも言われています。そのことから、個別情報伝達の迅速化というのが一つの課題として挙げられるというように考えました。

また、状況の把握や対策実施判断に必要な情報が散在している。雨の情報はyahooを見てとか、被害の情報は電話でメモを取ったのを見てとかいうものをいちいち見比べて対策を判断していかなければいけない。これはつらいというようなことも聞いております。このことから情報の一元集約という課題が見えてきました。

今回、システムを作ることによって、これら(課題)に対処可能なシステムを作ることによって、冒頭で説明した本川堤防への対処が可能な時間をでき



るだけ創出しよう。さっさとやって差引きで残った時間を本川堤防に当てられないか。というような狙いでこのシステムを作っております。

(スライド31)では例えば、どんな機能があるかということなのですが、まず1つ目ですが、現場情報の即時共有というのがあります。水防団の方にいろいろと聞いてみますとLINEでグループを作っていて、実際そこで写真とか現場の状況を共有するということをよくやっているということを聞いています。このやり取りをうまく使わせてもらおうではないかというものです。

まず(スライド左上)写真を撮ります。次に、いつも通り写真をLINEで送信してもらいます。このシステムと「友だち」になってもらう必要があるのですが、LINE送信してもらおうとシステムが勝手に反応して、あとは対話形式で重要度を3段階で選んで、場所も選んで送信と押すと、自動でこのシステム画面に場所と写真と重要度が出るというような仕組み。これがほかにいる人たちからも見られるというような仕組みをつくりました。

(スライド32)次に2番目の機能です。各種情報の一元集約や共有というののですが、動的情報と静的情報を任意選択し、重ね合わせられるようにしました。例えば、動的情報としては川の水位や雨量、XRAIN。あとは現場から上がってくる状況写真とかいったもの。それだけではなく静的情報として、

樋門や樋管の位置であるとか、重要水防箇所、過去の浸水範囲といった内容も任意で選択して重ね合わせることができて判断しやすい。情報が全部ここ1か所に集まるといような環境をつくりました。

なお、この画面がシステム画面そのものなのですが、ウェブブラウザで簡単に見ることができます。IDが必要です。

(スライド33)3つ目の、的確・迅速な活動指示ですが、これも悩みとして、特に団長さんから聞いた悩みののですが、現場にいる団員に対して同じ指示をLINEで送って見られる人とメールで送らなければ見られない人とまちまちなのだそうです。ですから、同じ内容を何度も何度も送ることになって、次のその対策というものを考えていく時間が全然ないのだと。これには困っているという声をいただいているので、では、そこを解決しましょうという機能です。この画面を開いてもらって送信先を選択します。重要度とか、位置、あと指示内容ですね。こ

● スライド31

主な機能 ～①現場情報の即時共有～

○LINEトーク機能を使い、現場状況を共有する水防団は少なくない。
⇒従来の方法を活かしつつ、即時的に一元共有。

- (1) 写真を撮る
- (2) 写真をLINEで送信
- (3) 対話形式で「重要度」と「場所」をラクラク登録
- (3) システム画面(地図)に自動表示

● スライド32

主な機能 ～②各種情報の一元集約・共有～

○動的情報と静的情報の任意選択・重ね合わせ
⇒散在する情報を一元的に集約し、対策実施判断を支援

静的情報:
樋門・樋管/重要水防箇所/水防倉庫/水防団支持範囲/過去浸水範囲/浸水想定区域/HM等

ウェブブラウザで閲覧・操作

現地状況(LINE等)

XRAIN

河川水位

河川水位

観測地点 堤防
水位 5.20m
危険水位 5.24m
危険水位 4.9m
危険水位 4.2m
危険水位 2.9m
危険水位 2.0m

● スライド33

主な機能 ～③的確・迅速な活動指示～

○システム画面上で指示メッセージの作成・送信が可能
⇒複数の受信媒体(メール・LINE等)が存在する実態。
⇒指示行為に要する手間を削減。

LINE®、メールに一斉送信

- (1) 送信先を「選択」
- (2) 重要度を設定
- (3) 活動位置を地図上で選択
- (4) 指示内容を任意に入力

指示内容がシステム画面に表示

れを全部入力して送信すると相手がLINEだろうがメールだろうが同じ内容が届く。その指示内容もシステム画面に表示される、というような機能を付加しました。

(スライド34) これは情報共有に要する時間が、単純計算ですけど、かなり短くなったということがあります。

(スライド35) また、試験運用もやっていただいています。これは石川県の能美市ですが、情報がパトロールの本部でも災害対策本部でも同時に分かるということはやはりこれはすごいねという評価をいただいています。

(スライド36) ちょうど先週(2022年11月第3週)、福知山市にも訓練をやっていただきました。このときに、例えば現場でLINEを使ってやってもらっている人からは、今までより簡単ですごく少な

い操作できて「これいいね」という評価をいただいた。ただ「コメントも登録できるともっといいな」というような、いいところ悪いところを全部言ってもらっています。それはもちろん、指示を出す消防本部からも伺っていますし、一緒に協力いただいた福知山河川国道事務所からも意見をいただいているというような状況です。

(スライド37) 最後ですが、これまでに示した事例をはじめとして、各種の水防活動支援技術の積み重ねがきちっとできたとして、結果として当初想定していた「実現したい世界」である大河川堤防への対処というものが可能な状況が整ったと仮定をします。もしそうなったときに、では、もうそれで十分なのかということ、実はそうでもなさそうだとこのを最後にお見せします。

大河川堤防への対処の捉え方というのが結構ばらなのだという事例があるということをお皆さんに認識いただければと思います。水防団によっては、

● スライド34

情報共有に要する短縮時間推算:

1事業の情報共有にかかる時間
従来の方法 30~45分 → 1分程度

即時共有

水防活動支援情報共有システム

リアルタイム報告一元化

分団長(水防団詰所)

個別に電話・メール等

電話等

団長(災害対策本部)

増水・浸水

土砂崩れ

土のう積み

道路冠水

排水作業

避難誘導

34

● スライド36

情報共有訓練の実施 ~R4.11.14@福知山市~

○福知山市消防本部・危機管理室、福知山河川国道事務所の協力を得て、システムを活用した情報共有訓練を実施。

○訓練中は関係部署をweb会議で接続し、各部署内での会議も共有。

○従来方法との比較により、対応しやすくなったこと、改善が必要なことについて、多数のご意見をいただいた。

⇒システムの改良へ

簡単・少ない操作で現地状況が報告可能

コメントも登録できたら良いのに

現場からのLINE情報登録

地域の状況が俯瞰できるのは良い

距離標だと具体的な場所が市に伝わらない(気づき)

どれも最新の情報がのわかりにくい

事案毎の、対応も含めた時系列が把握しづらい。

福知山市消防本部

福知山河川国道事務所

36

● スライド35

試験運用での評価:

○令和3年出水期より、試験運用開始。

○自治体から意見を頂きながら、部分的な機能改善を進めている。

北越朝日放送 令和3年6月24日

北越新聞 令和3年5月12日

中日新聞 令和3年6月15日

北越新聞 令和3年6月25日

【能美市土木課 中川 真 課長】

パトロールの情報が、パトロールの本部でもわかりますし、災害対策本部でも同時にわかる。的確な避難指示などの発令につながることを期待している。

35

● スライド37

実現したい世界(=大河川堤防への対処)における問題:

➢ “大河川堤防への対処”の捉え方

- ✓ 水防団によってバラバラの認識。
- ✓ 地域類型で整理できるものではない。

絶対にやり切る。それが我々の使命。

埋内地と比高が小さい堤防で、防げると予想できたら実施。

その前にやるべきが多すぎて、対処する余裕などない。

比高が大きい堤防の場合、危なくとも活動させられない。

自治体(消防)から言われれば応じる。

そもそもアクセスできない。内水・支川氾濫によるルート途絶

それは河川管理者の仕事でしょ?

当面の“次”の方向性:

水防活動の実態及び、これら“認識の実態”を踏まえ、河川管理者はどのような支援技術を提供していくべきか……。

37

絶対にやり切る、それがわれわれの使命だという力強いお言葉をいただいたところがあれば、堤内地と比高が小さい堤防で防げると予想できたらやるが、比高の高いような堤防は危なくて、そんなことをさせられないとおっしゃるところもありました。

一方で、その前にやるが多過ぎて対処する余裕などないというのが結構多かった。「そもそもアクセスできないよ、そんな場所に」と。内水で浸水していてルートがない。物理的に無理。他にもいろいろ、ちょっとびっくりするようなコメントもいただきました。

僕としては全く答えを持っていないのですけれど、当面、次の方向性としては、水防活動の実態、今説明したような内容とか、今、示しているような認識の実態というのを踏まえて、われわれはどういうように支援技術を提供していくべきなのだろうかというのを、そろそろ考えていかなければいけない段階にきているなというふうに感じております。

以上で説明を終わります。

司会 武内さま、ありがとうございました。

<質疑応答>

司会 それでは、ご質問のある方は挙手の上お願いしたいと思います。いかがでしょうか。

質問者 貴重なお話ありがとうございました。実は私、地元でかれこれ10数年消防団に所属していました、今回のお話をとても「ああ、そうだな」と思いながら聞いておりました。質問というか感想というか、何か消防団員のわがままというものも入ってしまうかもしれませんが、今のお話の消防団の情報の共有システム、これは本当にあったらいいなと思いました。私たちが現場で活動していると、ほかの部隊がどこで何をしているとかいう情報が全く入ってこなくて、次、何をするのも分からない状態なので。ただ、ほかにも消防団がいろいろあって、多分地域でいろいろだと思うのですけれども、例えば、私の分団はパソコンを置いたのが去年です。ネット

がつながったのが去年なのです。なので、そもそもそういう情報の下地がない。このシステムでいろいろな危険情報を共有できるのはいいと思うのですが、すけれども、消防団員は、例えば私は職員として今ここにいて、地元で農家とかいろいろな方がいる中で、危険度の判定をして情報発信をしていくということがなかなか難しいのかなと思うところもあります。それこそ何でしょう、芋農家のおじちゃんにその堤防が危ないかどうか決めてと言っても、なかなかできないかなと。そういうところ。そのシステムといったところ、たぶんソフト面的なところも一緒にやらなければいけないのかなと思うのですが、そういうところの解決策。もしくは逆に消防団員に「こんなことやれよ」みたいなことがあったら、教えていただきたいと思います。よろしいでしょうか。

武内 ありがとうございます。まず、ぜひ後で、お住まいの地域を教えてくださいませんか。売り込みをさせていただければと思います。

結構難しい、重要度というか危険度ですね。その判定方法についてのご質問なのですけれども。正直、これは分かりません。それよりも今こういう状況ですよというのが、いち早く、ダイレクトに伝わる。判断する人間に伝わるということの方がたぶん大事であって。例えば、堤防天端から、あともう50cmのところまで来てしまいましたとか、波がざばざばって堤防からあふれ始めていますというような状況が、判断をする人にすぐ伝わるということの方が大事だと思っています。そういう使い方をしていただければよくて、現場の人が一番情報を持っているのは持っているのですが、さすがにそこまで判断できないということも分かるので、とにかく情報を上げる。上げやすいということを最大のメリットとして使いこなしていただければいいのかなと思っています。

質問者 ありがとうございます。

司会 ありがとうございます。ほか、よろしいでしょうか。

それでは、武内さま、ご講演ありがとうございました。

令和4年度
第3回 河川研究セミナー

総合討議

■パネリスト

田中規夫（埼玉大学大学院理工学研究科 教授）

川崎将生（国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水環境研究官）

福島雅紀（国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長）

井上清敬（国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 室長）

武内慶了（国土交通省 国土技術政策総合研究所
河川研究部 水害研究室主任研究官）

諏訪義雄（国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ グループ長）

●討議進行 公益財団法人河川財団 河川総合研究所 所長 天野邦彦

開催日：令和4年12月6日（火）

場 所：TKP 秋葉原ガーデンシティ PREMIUM ホール 2A

総合討議

■パネリスト

埼玉大学大学院理工学研究科 教授

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水環境研究官

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 室長

国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室 主任研究官

国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ グループ長

田中 規夫 氏
川崎 将生 氏
福島 雅紀 氏
井上 清敬 氏
武内 慶了 氏
諏訪 義雄 氏

●討議進行

公益財団法人河川財団 河川総合研究所 所長

天野 邦彦

司会 時間になりましたので、令和4年度河川研究セミナーを開催させていただきたいと思ひます。

司会をさせていただきます、磯部と申します。よろしくお願ひいたします。

本日はお忙しい中、当財団が主催する河川研究セミナーにお越しいただきまして誠にありがとうございます。本日で3回目になります。

10月と11月、1回、2回と開催してきましたけれども、本日、3回目は総合討議という会にしております。これまでの1回、2回を通じて、「流域における水害リスクの実態をどう読むか」といったテーマで、ご講演をいただきてまいりました。本日、改めて第1回、第2回にご参加いただきました先生方に登壇いただきまして、総合的な討議という時間にさせていただきますと思ひます。

本日ご登壇いただく先生方でございますが、埼玉大学の田中教授、国総研から川崎研究官、福島室長、井上室長、武内主研、あと土木研究所から諏訪グループ長というかたちになっております。

本日の流れですが、まず前回までの（発表の）論点をそれぞれの方から簡単にご説明いただきまして、その後、総合討議と会場からの質疑等という時間にさせていただきますと思ひております。

本日も限られた時間でございますので、講師の略歴等の紹介は割愛させていただきます。

(1) 第1回・第2回の講演の論点の紹介

司会 では早速ですが（前回までの発表の）論点を各先生方からご説明いただきたく思ひます。

最初に埼玉大学の田中教授からお願いできればと思ひます。よろしくお願ひいたします。

田中 紹介いただきありがとうございます。埼玉大学の田中です。

（スライド1）1回目の論点について話をしたいと思ひます。「河川氾濫リスクを踏まえた流域での減災方策」ということで、大きく3つの話をしました。

（スライド2）一つは、そもそも治水事業によって氾濫リスクはどのように変化してきたのか。大きな災害のときには古い災害のところがまた顔を出すなどと言われておりますので、荒川流域を対象に一荒川西遷ですね、江戸時代の前から江戸時代、明治、昭和とどのように変化してきたのかということをも

初に調べました。

次に、やはり今、氾濫実態を解析する必要性が高まっていますので、では気候変動を踏まえた上で将来どうなるのか、内水も含めて解析できるモデルで考えてみましょうということです。

「4」ですが、減災方策として、では何があるかということで、氾濫流制御をもしするとしたらどういふことを考えながらしなければいけないかということで、川島町を事例に説明しました。

それからソフト対策として、今ハザードマップあるいはリスクマップが出ていますけれども、より避難につながる、といいますか、避難に直接関係したようなマップをつくるとしたらどういふものがあるか。そういう視点で話をしました。

(スライド3) 一つ目ですが、右側が西遷前、左側が西遷後ですけれども、基本的には扇状地氾濫と、それから支川ですね、合流点のところの氾濫。それから河川合流後の氾濫と、大きく3つぐらいの

リスクがあったわけですが、それが西遷によって入間川の流域に秩父のほうの流域が乗ったことによって、荒川右岸側のリスクが大きく高まったということですが、扇状地氾濫と支川の氾濫と合流後の氾濫が同じようなかたちで残っている。ただし、浸水深はこちらの方がはるかに大きくなってリスクは高まった、そういう状況になります。

(スライド4) 改めて明治43年の災害を見てみます。そうしますと、中条堤の決壊は利根川ですので置いておいて、荒川で何が起きたかということ、やはり扇状地氾濫ですね。元荒川の方への氾濫と、それから扇状地氾濫のうちの合流点の氾濫。これは吉見町を突き抜けて川島町まで入るような氾濫流が生じた。それから支川の氾濫と、荒川と入間川の合流後の氾濫です。もともと江戸時代の西遷前・西遷後においても堤防がなかった時代あるいは堤防ができた後の時代ですね。当時は川島とか吉見の辺りには3mぐらいの堤防があって、荒川下流部は2mとか

● スライド1

令和4年度 河川財団 河川研究セミナー 第1回 10月13日(木) 15:00~17:30

河川氾濫リスクを踏まえた流域での減災方策

令和4年度東日本台風の上襲時に水をためた堰上堤

都立川(中野川)の支川の氾濫を食い止めた長条堤

流砂

埼玉大学大学院理工学研究科 (兼) 研究機構レジリエント社会研究センター 教授 田中規夫

● スライド3

2-1): (10)荒川西遷前後の河川氾濫・最大浸水深

扇状地部：元荒川方面の浸水は減っている(ただし、熊谷堤の決壊などにより、この方面にも氾濫流が襲った実績はある)

吉見領内：氾濫が激化している(浸水域拡大、浸水深増大(堤防高まで浸水))

川島領内：長条堤が機能し、一部浸水していない箇所があるが、浸水深は増大

※長条堤の決壊事例も多い(降雨分布、降雨量による：この事例は1/2)

入間川合流後の荒川：浸水域は大きく変化はしていないが浸水深は増大

● スライド2

本日の話題(荒川流域での解析事例で話をする)

- はじめに
- 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化
 - 1)荒川西遷前後の河川氾濫リスクの変化と大田堤や控堤の築造
 - 2)明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク
- 内水湛水・内水氾濫も含めて氾濫の実態を解析する必要性
 - 1)気候変動も踏まえたうえでの将来リスク：分布型降雨流出氾濫解析モデルでの検討
 - 2)解析グリッドより細かい支川群の取り込み：より実態に近づける
- 流域での減災方策
 - 1)現代において氾濫流制御をするとしたら
 - 2)内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ
- おわりに

● スライド4

2. 治水対策・氾濫原対策による氾濫リスクの変化 2)明治以降の災害、令和元年東日本台風の被害、現代の氾濫リスク (1)明治43年の洪水氾濫

利根川氾濫

扇状地氾濫付近からの氾濫

入間、越辺、都立川氾濫(越辺川、入間川で多数の破壊)

入間川合流後の荒川氾濫

一府五県水害図より

<http://www.pref.saitama.lg.jp/A08/BG00/kasen/koumoku/kasen2.html>

明治43年の埼玉県氾濫図(埼玉県立文書館蔵)

1910(明治43)年、埼玉県の全面積の24%が浸水し、東京下町が壊滅的な被害を受ける大水害を経験した。

1mぐらいの低い堤防だったのですが、今とはちょっと堤防の状況が違うときの氾濫と、明治になってからもそれほど治水事業といっても、基本的には利水事業はやっていましたけど、この前にそれほど治水事業はやっていませんので、同じような氾濫が起きるといえることです。

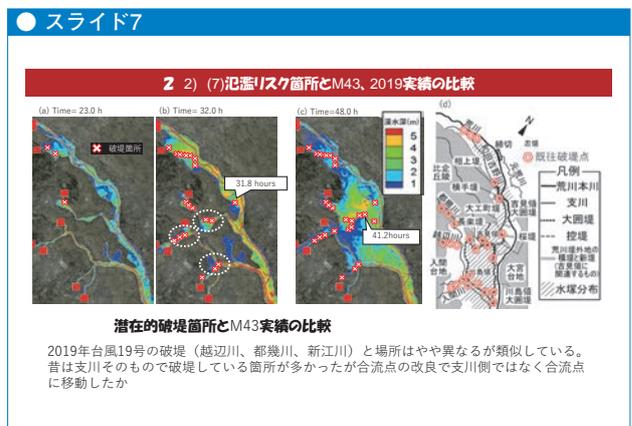
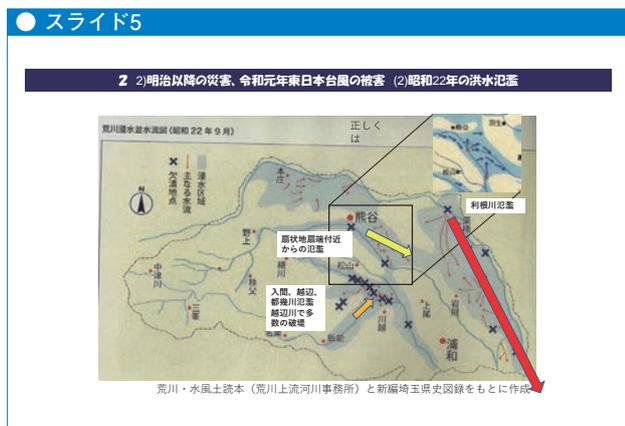
(スライド5) それで昭和22年にも、基本的には同じように扇状地氾濫ですね、久下の辺りで起きた。それから支川氾濫。合流後の氾濫ということで、場所はちょっと違うのですが、大体似たような場所でやはり水害が起きているということになります。

(スライド6) では、2019年の氾濫は、そのうちの何が起きたのかというと、この支川群氾濫です。これは西遷前でも起きていたし、西遷後も起きていた。それから近代改修をして溢れ難くなったのですが、同じような場所で、入間川の支川群で氾濫が生

じたということになります。

(スライド7) これは2019年実績とも比較しているのですが、実はこのシミュレーション自体をやったのは2015年とか、もっと前です。そのときに、もし今の河道状況で200分の1ぐらいの雨が降ったらどうなるかというシミュレーションをした結果になります。そのときに、この辺りでまず決壊が先に起きて、扇状地の辺りでもちょっと起きて、やがて吉見と川島が水没するようなイメージのシミュレーションをしていたのですが、ここまで、この真中の図ぐらいまでのことが2019年に起きたということになります。2019年の場合は、荒川本川側の雨量がそれほど大きくなかったため、形態としてはここで止まった。この辺りは起きなかったのですが、この辺りで止まった。場所も大体似ています。越辺川と3川合流付近と、越辺川と都幾川の合流点付近と大体似た場所で起きています。

というようにリスクですよね。もちろん治水事業



によって氾濫頻度は圧倒的に少なくなってきた、氾濫形態も変わってきてはいるのですが、基本的には下流原則でやっていますので、特に荒川の場合、荒川下流部は放水路で海に抜いています。それから上流部改修のときは、堤防を高くする代わりに横堤群を設けています。もちろん当時の治水目的には、貯留を高めるとかは書いてありません。基本的には川が暴れるのを防ぐためですね。昔あった畑囲い堤とか河道内の樹林とか、そういう役割も含めて川が暴れるのを防ぐ。そういう目的もあってつくっていますが、結果的には貯留を高めてゆっくり出すという方式にしましたから、リスクはそれほど移動していないのです。ですから、大体似たような場所にリスクは居続けているということになります。そういったことも踏まえて減災とかを考えていく必要があるのではないかとということになります。それが1つ目です。

(スライド8) その次にやはり、「実態に近づけ

る」ということになります。先ほどの計算は全て境界条件、河川の上流部に境界条件を設けて、それで計算しているわけですが、実際には雨の降り方とかは変わりますし、内水氾濫が先に起きたりする。避難を考えるとときには、その場所でどういった内水氾濫が起きているか、起きていないかによって、避難のタイミングが決まる。そういうことがあるので、内水の実態を近づけましょうということをやりました。

(スライド9、10、11、12) モデルでこういう計算をすると、分布型モデルで流出解析と氾濫解析と河道解析を全部くっつけて解析できるように今後になっていくのではないかと話です。ただし、グリッドサイズが重要ですよというような話をしました。

(スライド13、14、15、16、17) それから、減災方策として氾濫流制御をできないかと。昔の2mぐ

● スライド9

3. 2)解析グリッドより細かい支川群の取り込み：より実態に近づける (2)小河道のモデル化

- 既往研究ではLPデータ(5m)を平均化処理して、地形データを作成
 - ・平均化処理により河道が薄れ、下流への水の流れを一部阻害
 - ・荒川本川ではそれなりの精度が出るものの、入間川流域では精度が悪い
 - ・内水氾濫・氾濫の危険箇所を把握するためには、河道を再現する必要があります
- 空隙率 θ (θ =川幅/グリッドサイズ)を用いることで、河道を再現
 - ・グリッド1つ1つを非河川グリッドと河川グリッドに分類(国土数値情報「河川データ」で河川データを抽出)
 - ・河川グリッドの場合、そのグリッドの標高を河床高まで下げる
 - ・そのグリッドに空隙率を適用させることで、川幅を再現

入間川流域 流量ハイドロ 解析結果

河道の再現方法

● スライド11

3. 2)解析グリッドより細かい支川群の取り込み (4)令和元年洪水の再現

- ・台風19号の浸水被害箇所と解析結果の最大浸水深を比較
- 入間川支川群の浸水被害が再現できたことを確認
- ただし、吉見町の樋門の閉開や排水をモデル化していないため見ても浸水が生じている

荒川中流域における浸水範囲

入間川流域における浸水範囲 ※ 色が実際に浸水被害が生じた場所

● スライド10

3. 2)解析グリッドより細かい支川群の取り込み：より実態に近づける(3)国土数値情報で小河川

- ・国土数値情報の「河川データ」を用いて地形データに河道網を追加する
 - ※河川データはJGD2000で提供されているため、変換時注意
- ・河川データ「Stream.shp」の上に150mメッシュのグリッドを配置
- ・「ベクター調査ツール-フィールド計算器」を用いてグリッド(ラスタ)と河川データ(ベクタ)の共有部分を検知

河道があるグリッドは1、ないグリッドは0として出力

● スライド12

3. 2)解析グリッドより細かい支川群の取り込み (6)入間川流域の主要河川での洪水ハイドログラフの検証

解析結果と実績値の比較(流量ハイドロ)

- 入間川流域の主要河川
 - ・越辺川
 - ・高麗川
 - ・入間川
 - ・小野川
- 4河川の観測所にて結果を比較
- 河道を再現したことにより解析結果が実績値に近づいた
- 越辺川高麗川入間川においては
 - ・グラフの立ち上がり早い
 - 地下浸透の考慮方法
 - ・現状：f1-Rsa法
 - ※集中型モデルで河道を入れないモデルで求めた値だと、洪水が速く出てきてしまう。
- ・将来：Green-Ampt式 地下浸透の時間変化の再現

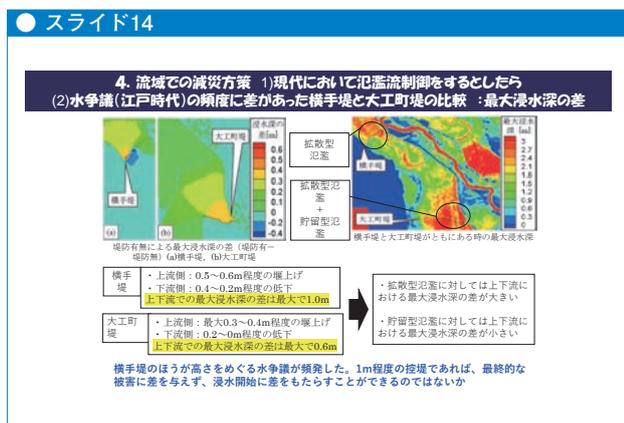
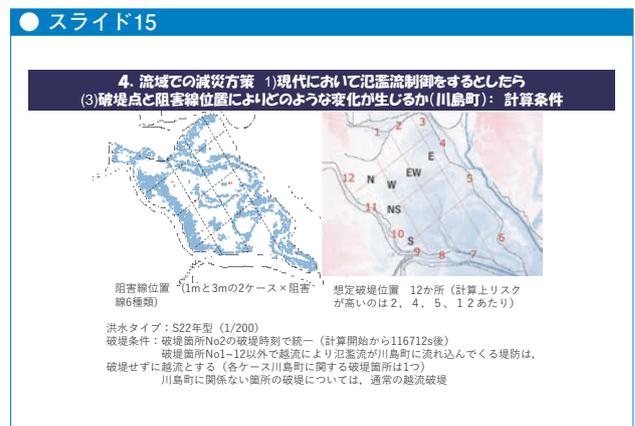
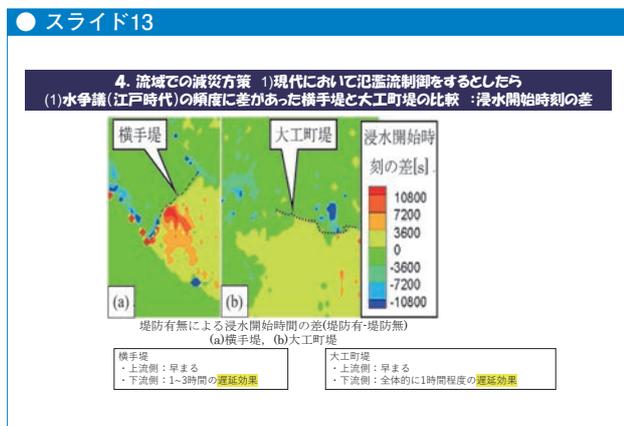
らいあるような控え堤の場合には、かなり水争議が起きていたのに、1mくらいではあまり起きなかったという事例から、低い阻害線であれば、それほど大きくメリット、デメリットがわかりづらい。はっきりと得したところ、得しないところが生じないような阻害線はないのかということ川島町でやってみました。結果として、こういう赤い向きの阻害線に対しては大きくメリット、デメリットが分かれな。でも浸水開始時刻が遅くなる効果があります。なので、氾濫流の全部のパターンで、水につかるんじゃないとか、浸水深がそれほど増えるわけではなくて、でも氾濫流の到達が少し遅くなる、何時間か遅くなるとか、そういうメリットもあるのではないかとということで、一例を示しました。

(スライド18、19、20) それからソフト対策としては、避難に着目したマップのつくり方として、既存のハザードマップを重ねるだけでも、川越の事例だと12種類に分類できます。内水と、それから国が

管理している入間川、それから新河岸川のハザードマップ、既存のハザードマップを重ねるだけでも避難のタイミングとかが今12種類ぐらに読み取れます。ということで、ハザードマップ、リスクマップ、あるいはもう一歩進んで避難行動が直接読み取れるようなマップもあるのではないかとことを示しました。

(スライド21、22) もう一つは、こういうシミュレーションなどをして、実際につくるときはシミュレーションをして人の避難と車の避難などを考えてやると、川島の事例だと、やはり十何種類に避難行動が分類できる。そういう視点でリスクを表現していくということも今後あるのではないかとということで、事例をお話ししました。

以上です。



司会 ありがとうございます。

続きまして、国総研の川崎水環境研究官、よろしくお願いたします。

川崎 改めまして、国総研水環境研究官の川崎です。

(スライド1) 私は「河川・ダム管理における洪水予測の利用に向けた技術開発」ということでお話をさせていただきました。この講演の中では、まず過去から洪水予測の利用に向けた技術開発はどのような経緯で行われてきたのかということについて、1950年代に、伊勢湾台風とか狩野川台風とか数千人単位で死者や行方不明者が出るような大水害が頻発したわけですが、それを受けて水防法に洪水予報が位置づけられたり、新河川法がいわゆる52条を含むようなそういう制定がされたりというようなことを受けて、1960年代から洪水予測に関する技術開発でどんなことがされてきたかということについて、主にレーダ雨量の関係、それから洪水予測の関係、そしてダム操作の関係ということで、その背景

を含めて説明をさせていただきました。

最近、これまで積み上げられてきた観測、予測の技術であるとか、それから最近飛躍的に向上している計算機能力、こういったことを使しまして、ここに示している通り、いろいろな技術が開発されてきているということについて説明をさせていただきました。また、そういう技術開発は非常に急ピッチで進んでいて、新たなニーズを受けてさらなる改良が進んでいるというようなことについても触れさせていただきました。

またこれと並行して、例えば洪水予報のあり方など、予報技術の利用に向けたいろいろな仕組みについても議論が並行して進められているということについて説明させていただきました。

(スライド2) ちょっと簡単に内容だけ触れます。例えばレーダ雨量観測の精度向上ということで言えば、国交省のレーダ雨量計もXバンドとCバンドを合わせて今はもう65基ぐらいあるわけです。場

● スライド17

4 1) (10) 川島町: 総合的に有利な阻害線位置; 浸水被害の減災も可能な浸水しづらい新たな避難路

垂直避難、水平避難を総合的に考えたときに、有利な阻害線(1mでも3mでも)
※その他の指標も考慮の必要がある

● スライド19

4. 流域での減災方策 ② 内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ (3) 取るべき避難行動

分類	取るべき避難行動
Z-O3-OF	内水被害が生じる前、地況はAがCが予想された段階で水平避難
Z-O3-UFB	新河岸川の状況に応じて、Bが予想された段階で水平避難
Z-O3-NF	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で水平避難
Z-U3-OF	内水被害が生じる前、Aが予想された段階で水平避難
Z-U3-UFB	新河岸川の状況に応じて、Bが予想された段階で水平避難
Z-U3-NF	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で水平避難
NZ-O3-OF	内水被害が生じる前、地況はAがCが予想された段階で水平避難
NZ-O3-UFB	新河岸川の状況に応じて、Bが予想された段階で水平避難
NZ-O3-NF	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で水平避難
NZ-U3-OF	内水被害が生じる前、Aが予想された段階で垂直避難
NZ-U3-UFB	新河岸川の状況に応じて、Bが予想された段階で垂直避難
NZ-U3-NF	入間川の状況に応じて、Cが予想された段階で垂直避難
NZ-UFM-OF	内水河川(新河岸川、川越江川)の状況に応じて、垂直避難
NZ-UFM-UFB	想定外の場合に備える。状況を見て垂直避難
NZ-UFM-NF	想定外の場合に備える。状況を見て垂直避難

① 家屋倒壊危険ゾーン(内Z/外NZ)
② 外水氾濫による浸水深(3m~O3/床上下3/床下UFM)
③ 内水氾濫による浸水深(床上下/床下UFB/なしNF)

荒川・入間川流域、新河岸川のハザードマップを複合的に考慮すると、川越市内の浸水被害予想は12種類に分類され、それぞれの地域で住民が取るべき避難行動が異なる

海野瀬ら(2020)

● スライド18

4. 流域での減災方策 ② 内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ (1) 川越市の公開資料で検討した場合

荒川・入間川流域洪水HM
荒川流域: 3日間雨量632mm
入間川流域: 740mm
外水氾濫による被害

新河岸川洪水HM
2日間雨量332.6mm
内水氾濫による被害

(+内水HM)

川越市が公開するハザードマップ2種

GIS上でデータ化

重ね合わせ
浸水パターンで分類

自分の住む地域はどの河川のどのような影響を受けるかを明らかにする
(同じ降雨条件ではないが、水路(内水湛水) -> 県管理(新河岸川) -> 国管理(入間川)の順番に起こる) ような浸水を想定し解析

● スライド20

4. 流域での減災方策 ② 内水湛水、内水氾濫、外水氾濫のリスクを踏まえた地域の避難行動マップ (4) 避難可能人数と零避難人口

水平避難: 避難所
垂直避難: 自宅等or避難所

指定避難所は地震時の避難(最大30,545人)を想定
-> 洪水時の避難所不足

項目	人数(人)
川越市 総人口	350,745
水平避難が必要な地域 人口	67,567
垂直避難でもよい地域 人口	67,245
指定避難所収容人数(総数)	31,940
指定避難所収容人数(洪水時)	23,600

134,812人
人口の半数が要避難者

海野瀬ら(2020)

所によっては観測条件が少し悪いというか観測高度が高いとかいうようなことがあるので、私が思う範囲ではありますけれど、もう少し均質化ができないかという課題。

それから、雨量算定の補正係数というものが導入されているわけですが、これをもう少し柔軟にというか現実に合うように、時々によって変更できるような技術というのが開発されないかというように、そのような話をさせていただきました。

(スライド3) 河川水位の予測の改良ということで、これはもう非常にいろいろなニーズが出てきています。例えば予測精度の向上ということで水位観測などをもっと充実させていくというようなことであるとか。それからデータ同化というものの活用。特に危機管理型水位計などをどういうふうを活用していくかというような技術開発。こういったものも行われてきています。

また、予測の長時間化ということが求められてい

ます。ただ、長時間化すると、どうしても不確実性が大きくなっていく。不確実性を踏まえた対応を考えていけるように、アンサンブル予測を導入していくというようなこと。もちろん計算量が非常に多くなりますので、そういったところをどう調整していくかというようなことも検討されています。

それから、さらにちょっと遠いというか、それより少し将来に向けた開発ということで、予測モデルをもっと改良していこうと。例えば、高次元化の話であるとか、データ同化の手法。そういうものをもっとよくしていく。中小河川へどんどん拡大していこうという話です。

また、計算結果の表現ですね。もっと分かりやすいというか、行動に直結するような。そのような見せ方というのがあるのではないかと。

さらに河川だけではなくて、それと氾濫原をつないで、それをリアルタイムで動かしていくというようなビジョン。そういったものもあるということの話をさせていただきました。

● スライド21

4.2) (6) 避難解析モデル: 避難方法

時系列の浸水データで、各家屋から避難所への避難経路を解析し、避難できるのかを検討

避難速度
・要介護者の歩行速度0.5m/s

避難開始
・外水氾濫発生時刻(緊急時)
・氾濫危険水位の到達時刻(避難勧告発令時)

避難経路
・実際の道路網(ノード、リンク)
・避難所と最短距離に位置するノードを選択
・浸水しているノード、リンクは回避する

避難所
・避難所と最短距離に位置するノードを選択
・浸水しているノード、リンクは回避する

避難できる避難所がないときは
水平避難困難とする

小内、(2021) 観望の相違による避難特性を考慮した避難経路にもつり相関した避難手法分析

● スライド22

4.2) (11) 14分間の避難可否判定により作成したリスクマップ

14分間の避難可否判定により作成したリスクマップ risk map

町外への自動車避難であれば可能なエリアが70.7%が多い

命や避難タワーの緊急避難場所が必要

Onai & Tanaka, IDRR:投稿中

● スライド1

河川・ダム管理における洪水予測の利用に向けた技術開発

講演概要

- 伊勢湾台風などの大水害の頻発を背景に、予測情報の利用による河川・ダム管理の高度化への大きな期待。その後、1960年代から今日まで取り組まれてきた研究開発のうち、レーダ雨量観測の高度化、河川水位予測の高度化、洪水時ダム操作への予測の活用に関する技術開発の経緯を、主な背景とともに概説。
- 長きにわたって積み上げられてきた観測・予測技術と、飛躍的に向上した計算機能力が相まって、以前は困難であった、時間・空間解像度の高い洪水予測、予測の不確実性の把握(アンサンブル予測)、不確実性を踏まえた予測の利用方法といった技術・システム開発が、昨今の気候変動による水害の頻発を背景に、特に近年、急ピッチ、試験的な利用を通して、ユーザーニーズの具体化、技術的な改良点の明確化が進んだ。
- こうした技術開発の動きにあわせて、洪水予報のあり方など、今後の予測技術の開発・改良に向けた仕組みについても検討が進められている。

ダム操作支援

● スライド2

レーダ雨量観測の精度向上

レーダ雨量計の最適配置

雨量算定補正係数の特性の解明

Kdp-R関係式: $R_p = \alpha \cdot a1 \cdot Kdp^{a2}$

α: 雨量算定補正係数

- ・XRAINの実用化にあたり、降雨算出式によって算出されるレーダ雨量は、地上雨量計と比較すると平均的に2割程度の過小評価が認められたことから、補正係数αを乗じることとした。
- ・現在は、過去の様々な降雨イベントの相関分析から、平均的な値として1.2に固定している。しかし、時々刻々で見ると、地上雨量と整合するαは必ずしも1.2ではなく、変動する。

AI → 最適な雨量算定補正係数α

雨の状況と最適な雨量算定補正係数の関係をAIに学習

・レーダ雨量計の位置、観測高度、周辺の観測環境等に起因して、観測精度にバラつきがある。観測精度が劣るエリアをできるだけ縮小するレーダ雨量計の配置が望ましい。

(スライド4) また、河川水位予測とダム操作というのは、実は一体のもの。というか、ダムの操作をして河川水位が形成されて、その河川水位を見て、またダムの操作を考える。このようなことでシステム連携ということが考えられてきているということも触れさせていただきました。

(スライド5) 最後に、先ほどお話ししましたけれど、予測情報の利用に向けた仕組みというようなことで、洪水予報の分野ですと、これまで洪水予報と言えば河川管理者、国、都道府県といったところが専売特許でやっていたのですが、今後はいろいろなニーズに応じて、民間の方々も参入していただいて、そして技術開発の分野ではしっかり連携して、国と民間の技術開発を連携してやっていきましょう。もちろん適切な役割分担を持ちながらですけど、そのように技術開発していきましょうという。そういう方向性が望ましいのではないかという提言がなされたということを紹介させていただきました。

私からは以上です。

司会 川崎さま、ありがとうございました。

続きまして、国総研の井上室長、よろしくお願いいたします。

井上 国総研の井上です。よろしくお願いいたします。

(スライド1) 私からは、前回、流域治水を進展させるために水害リスクマップをどう活用していくかという方向性をご説明させていただきました。今回はそれに加えて、それをさらに見える化していくことに加えて、それをどう治水計画に取り込んでいくのか、そして見える化をより分かりやすくするために、ツールとしてデジタルテストベッドというものを開発しようとしている、その辺も含めて紹介させていただこうと思います。

(スライド2、3) まず前回のご説明の内容からですが、流域治水を進めるにはさまざまな、あらゆる関係者による取り組みが必要だということです。

● スライド3

河川水位予測の改良

- 予測精度の向上
 - 水位流量観測の充実
 - データ同化への活用
- 予測の長時間化とそれに伴う不確実性増大への対応
 - アンサンブル予測の導入

- 予測モデルの改良(高次元化、データ同化手法など)
- 中小河川への拡大
- 計算結果の表現方法の工夫 (VR技術など)
- 水位情報を“線から面へ”

● スライド5

予測情報の利用に向けた仕組みの議論

～洪水予報～

「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会 報告書」(令和3年10月)

社会の適切な防災行動や多様なニーズへの対応に向けた予報のあり方
 ・近年、顕著な高規格化を背景として、社会全体で防災や事業継続に対する意識が高まってきており、利用者の多様なニーズに対応した洪水や土砂災害の予報が求められている。
 ・個別かつ多様な予報情報のニーズに対応し、社会のより適切な防災対応や事業継続を実現するためには、国等(官)の予報の高度化を進めるとともに、民間気象事業者等からも予報を提供することが有効。
 ・国等は、新たな技術を活用して予報のさらなる高度化を進めつつ、市区町村の防災対応や住民の避難のための予報について、単一の発信元からの責任と一貫性を有する提供を円滑にするシングルポインタを行う。
 ・研究機関や民間気象事業者等は、防災上の考慮を踏まえて多様なニーズに応える予報を提供するとともに、新たな技術の研究開発を進める。

● スライド4

河川水位予測とダム操作のシステム連携

河川水位予測システム

- 中～長時間水位予測
 - 実績雨量+アンサンブル予測雨量
 - 各ダムの放流計画を仮設定
 - 事前放流
 - 洪水調節
 - 水系全体の河川水位予測
- 現時刻～短時間先水位予測
 - 河川水位、ダム貯水位、ダム流入量、ダム放流量等の観測値
 - 実績雨量+(アンサンブル)予測雨量
 - 上流河川水位予測
 - ダム
 - 下流河川水位予測

ダム操作支援システム

- 予測情報を活用したダム操作
 - 河川水位、ダム貯水位、ダム流入量、ダム放流量等の観測値
 - 実績雨量+アンサンブル予測雨量
 - アンサンブルの流入量予測
 - 数種類の放流量による貯水位、下流河川水位予測
 - ダム管理業務上の手続き、判断
 - 放流計画の決定

● スライド1

流域治水の進展に向けた水害リスクの見える化

22.12.06 河川研究セミナー

～減災対策の合意形成～

- 流域治水のカギ「減災対策」
～求められる合意形成～
- 合意形成のカギ「リスクの見える化」
～減災対策の効果・影響を「流域治水の計画」に見込む
= リスク(の変化)の評価が重要～
- 見える化のカギ「デジタルテストベッド」
～リスク評価の円滑化～

国土交通省 河川研究部 水害研究室
 国土技術政策総合研究所 井上 清敬

移転であるとか、あるいは浸水を許容する。そういったところで利害調整が必要になって、利害調整に関する合意形成に取り組むことが重要であるということは想像がつくと思います。

減災対策を適用するに当たって、一つ事例を示しながらご説明したところです。こういう一つの氾濫ブロックに支川があって、本川があって、ため池とか田んぼがあるようなところで、現状のハザードがどのようなかたちで生じるか。洪水の進行過程で内水、支川、本川と、このように起こるわけです。そこに例えば二線堤を造ったり、霞堤を造ったり、たまりやすいところにポンプを設置するとかという減災対策を講じることによって、内水をこの中に閉じ込めることができたり、支川をこの中に、あるいは本川もこの中に閉じ込めることができるとすると、リスクカーブにおいては、氾濫ブロック全体で評価すると、対策をしなれば割と小さな洪水、高頻度の洪水から被害が大きくなるわけですが、対策によって特にこの辺が市街地であれば劇的にリスクを下げる。といいますか、被害量を下げることができるわけです。

さらにこれを地点ごとに見ると、地点Aが例えば市役所だったとしたら市役所のエリア、周辺の資産が集まるようなところの被害を小さくすることができれば、地点Aにおいてはリスクあるいは被害量を小さくすることができるわけです。

一方、氾濫ブロックの中で、そのような被害の多い少ないを出すとなると、やはりこの中でも利害調

整が出てくるわけですから、そういったところにリスクマップあるいはリスク情報を使って合意形成を図ることが重要であろうということを説明させていただきました。

(スライド4) この減災対策については、今ご紹介した二線堤だけではなく、例えば田んぼダムだったら効果はちょっと弱くなるかもしれない。そういったときにはリスクカーブは、二線堤を適用したときの「対策案②」よりもちょっと大きめに被害が出るがあったりするでしょう。地点ごとに見ても、地点Aの市役所があるようなところの浸水被害は、ため池の増量や田んぼダムにするぐらいだったらば、そんなに地点Aも劇的に被害が減ることにはならないかもしれないということで、減災対策の案ごとに被害の様相が異なることも考えられます。

これを一つの氾濫ブロックだけではなく、複数の氾濫ブロックあるいは水系全体で見ていくようなことを考えなければいけないわけですが、ここに市町村境や県境があったとすると利害調整が非常に重要になってきます。

このような流域治水をどのように進めていくかということについては、まずは現況でどのようなハザードになるのかということを確認共有して、「減災対策をやらなきゃいけない」「河川整備をしたとしても被害が起こるんだな」ということをご理解いただければ、ではどういった減災対策を適用していったらいいのかということ、みんなで考える段

● スライド2

減災対策の概要 ～利害調整・合意形成～

国土交通省
国土政策研究所

- ①減災対策の事業主体が、民地・農地・民間施設の所有者等、多岐に渡る(集水域・氾濫域のあらゆる関係者)。
- ・減災対策により、**安全度が上がる場所**がある一方、**浸水の許容率が求められる場所**がある(田んぼダムや浸水被害防止区域等)可能性。
- ②利害調整が必要になる場合があり、**合意形成に取り組むことが重要**。

①浸水をできるだけ減らすための対策

②被害対象を減少させるための対策

③被害の軽減・避難後援・復興のための対策

浸水の許容率を減らす(浸水) (耐えぬ浸水)を目標とした堤防強化等

浸水の許容率が求められる

● スライド3

減災対策の合意形成過程～氾濫ブロック内の利害調整(例②)～

国土交通省
国土政策研究所

- 減災対策の適用により、支川・内水の氾濫被害に加え、**本川の氾濫被害も減少**する可能性。
- 地点毎に見ると、**中程度の浸水も解消**される場所と、**浸水を許容する二線堤等の外側等、浸水深・浸水継続時間等が大きくなる場所**がある。
- 利害調整・合意形成のため、**水害ハザードの説明が重要**。**水害リスクマップの活用が有効な手段**。

(リスクカーブイメージ)

内水氾濫(対策案①) 支川氾濫(対策案①) 本川氾濫(対策案①)

内水氾濫(対策案②) 支川氾濫(対策案②) 本川氾濫(対策案②)

内水氾濫(対策案③) 支川氾濫(対策案③) 本川氾濫(対策案③)

内水氾濫(対策案④) 支川氾濫(対策案④) 本川氾濫(対策案④)

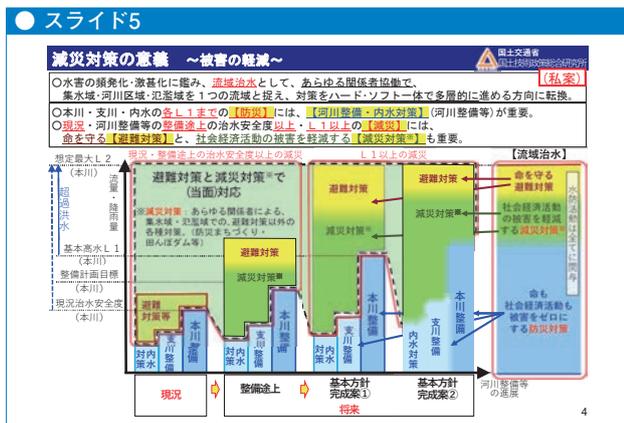
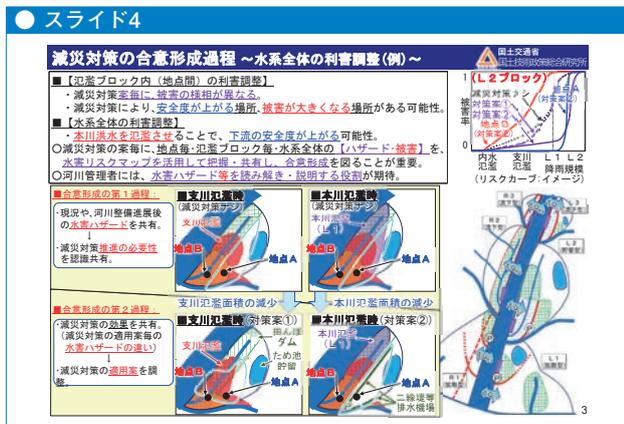
階になると思います。

そのような合意形成を、現況のハザードを理解していただく、推進しようと思っただく段階と、さまざまな案を考えていただく段階に分ければ、これから水害リスク情報を活用して合意形成を図っていくに当たって、建設コンサルタントの皆さんが普段からやっているであろう、水害リスク、水害ハザードあるいは事業評価的な業務の活用先が見えてくると思います。

加えて、事業評価的な観点では、前回議論にもなりましたが、この被害量、ハザードや浸水深がどうかだけではなく、被害量を出していくことも大事であって、河川管理者には、このような非常に多くの合意形成過程におけるハザードとリスクとを説明する役割が重要だと思えます。

(スライド5) この計画論上の位置づけについて、前回ご説明させていただきました。

従来の河川整備計画では本川整備の現況安全度あ



るいはL1以上の対策については避難対策等というかたちで書かれていましたけれども、より社会経済被害や実態としての被害を、リスクを低減するための減災対策や田んぼダムとか防災まちづくり、土地利用規制なども含めて取り込んでいって、ハードでは守れない、あるいは時間がかかるので整備途上における安全度を実態として上げていく、そのような減災対策が重要であろうと思います。

一方で、田んぼダムのようなものは本川に少し効くかもしれないし、支川に効くかもしれないということで、ちょっと境界がぼやっとしてくるのかもしれないなと思っているところです。

(スライド6) さらにリスクカーブと合わせて考えていきます。

先ほどの図の縦軸の降雨規模、整備計画目標流量、L1流量などを横軸に取って、安全度、被害量を縦軸に取ったものがリスクカーブになります。横軸の左の方が高頻度の洪水で、右の方がL1、L2洪水になります。

内水対策は、高頻度のところに効果的に出てくるでしょう。支川対策は、横軸の真ん中辺りの中頻度の辺りに効きます。本川対策は、もちろん高頻度のところにも効くのでしようけれども、こういった辺りまで安全度を上げる、現況のリスクカーブを右側に押しやる効果があります。

ここに減災対策、例えば田んぼダムとか防災まちづくりを適用すると、田んぼダムは例えば内水被害



の発生頻度を減らす、無害流量を大きくする。防災まちづくりは、発生したとしても被害量を減らすようなもの、移転のようなものについては、被害の低減につながるわけで、リスクカーブを右下に押し下げる効果があると思います。さらに、こういうものを群で組み合わせ、複数の減災対策を組み合わせることによって、L1クラスの洪水規模でも効果が発揮されるかもしれないですね。

右上の図は、通常の事業評価で、期待値として被害量を出すと思いますけど、そのような概念にちょっと置き換えています。何も対策をしなければ黒い点線ですけども、減災対策案の①とか②の対策をすると、青で塗りつぶした上にある点線が青の下に来ることになって、さらにたくさんの対策を組み合わせたりすると、ひょっとすると緑の塗りつぶしたものの下になるかもしれません。この青の積分値の差分、ここの被害量の低減については減災対策の効果として見て取れます。緑の分の積分値まで下がるほどの減災対策を考えると、期待値的な観点で減災対策の効果は大きいと思います。

今まで一般的に、本川の河川管理者は河川法に基づき、本川の治水計画についてL1の安全度を確保するという考え方でいたわけですけども、より高頻度のところも取り込んだ期待値的な観点で、計画とかも地点のイメージで考えていくということが大事なのかなと思います。

例えば、市役所の周辺は市街地なので、ぐっと浸水安全度を上げるみたいなこともあるかもしれませ

んし、特定都市河川法において流域水害対策計画と言われていますけれども、そういう地域の目線での安全度向上というものを考えていくような治水計画に、減災対策は寄与していくのかなと思っています。

(スライド8) このような減災対策の効果というのを、先ほど合意形成のところでお話ししましたが、分かりやすく示していかないといけないと思っています。今般、補正予算も成立しましたけども、来年度の概算要求の資料を見ていただくと流域防災デジタル実証基盤というのがあります。DXによって氾濫解析をしてリスクをいろいろ出していこうという取り組みを、国交省、国総研として進めています。

(スライド9・10) 私の隣の研究室、水循環研究室で担当しているものですけども、デジタルテストベッドと言いまして、サイバー空間上に実証試験基盤をつくることを考えています。

雨を降らせて地形を再現して、いろんなデータをここに取り込んで、リスク、そして減災対策を見える化するものです。3段の取り組み、つまりいろいろなデータを一元化して取り込むところ、解析プログラムを乗せるところ、それを見える化するようなところ。特にコンサルタントの方たちは、業務に当たってデータを収集したり、自らの会社のプログラムで解析したり、それを見える化したりするわけです。例えばこのデータ収集の部分れが一元化されれば、いちいち発注者に頼まなくても一元化され

● スライド8

流域治水対策効果の3次元見える化 ～R5水局概算要求 R4.8(p.28)～ 国土交通省

オープンデータによる流域防災DXの駆動

○ オープンデータの推進や仮想空間上の実証実験基盤の提供により、官民連携によるイノベーションを通じて流域防災に資する技術開発を促進し、予測技術、危機管理対応技術の飛躍的な高度化を図る。

○ 併せて、流域の災害リスクや危機管理対応の改善を見える化し、平時からのリスクコミュニケーションも推進することで、防災に係るあらゆる主体の自発的な行動を喚起し、流域全体の防災力の飛躍的な向上を図る。

● スライド9

流域治水対策効果の3次元見える化～デジタルテストベッドのコンセプト～ 国土交通省

○気候変動による水災害の激甚化・頻発化への備えとして、国として必要な洪水予測技術及び流域治水立案技術の開発を加速するため、**サイバー空間上の実証試験基盤（デジタルテストベッド）**を整備する。

○本基盤整備により**オープンイノベーション**を加速させ、より早期の流域防災技術の開発・実装を目指す。

サイバー空間に流域を再現（デジタルツインを作成）し、気候変動・流域関連の各種データと演算・評価機能を組み合わせ、**実証実験基盤**を整備。洪水予測や、対策効果の「見える化」等の技術開発を促進。

たところからデータ収集できます。あるいはここで他社のプログラムとの比較ができたり、あるいはこの上で技術開発できたりするかもしれません。こういったことにも取り組んで、流域治水を進めていければと思っています。

以上です。ありがとうございます。

司会 井上さま、ありがとうございました。

続きまして、土木研究所の諏訪グループ長、よろしくお願いたします。

諏訪 (スライド1) 土木研究所の諏訪です。

(スライド55) 私の趣旨説明というのが前回配付した資料についていると思うので、それで話をさせてもらいます。強調させていただいたのは、私は構造物がどう壊れるかということをやってきたものですから、そういう立場からいろいろ感じたことを言いますと、まず実物を対象に、自分の頭で考えて解釈するということがすごく大事だと思っています。

よくわれわれが仕事をしていると、基準とかマニュアルに反映するのがゴールみたいに言われるのですが、違う。特に減災ということをやるとすると、私は唯一の答えなどないと思っていますし、そういう立場からすると、基準とかマニュアルというのはあくまでも道具であってゴールではないと思っています。実物を対象に自分の頭で考える、解釈するということを止めたらいけないと思ってい

ます。

それからあと、よく委員会で最近感じるのですが、現場で起きたことを理解して、その克服を考えることを止めてしまったらまずいと思っています。よく、設計さえできればいいとか、本復旧さえ決まればいいんだ、メカニズムや原因というのは曖昧にしておけばいい、そういう意見も聞くのですが、これをやってしまうともう退化してしまうと強く感じています。なので、やはり現場で起きていることの、その克服を考える。こういうことを止めてはいけないと思っています。

あと、われわれも役所で仕事をしているから、自分の所管の範囲というのがありますから、どうしてもその中で考えてしまうのですが、そこだけで考えてしまうと、なかなかエンドユーザーの方によりよいものを届けることにつながりにくいと感じています。そこを外して、もっと全体を見て、何をやったらいいかを考えることをやらないといけませんとよく感じています。

それからまた、いろいろ私も学会活動などをしていのですが、経験の設計とか知見というのはやはり相当大事だと思っています。一方、学術の世界でいくと最新論文とか最新結果が大事だというような意見を聞くのですが、特に河川の世界は必ずしもそうではないと思っています。「特に河川構造物の世界は」と言った方がいいでしょうか。ですので経験設計の裏づけとか適用範囲とか限界を明らかにするとか、そういう研究こそが大事だと思っ

● スライド10

流域治水対策効果の3次元見える化 ～概念図～

9

● スライド1

100th Anniversary 1922-2022 国土交通省 100周年

2022.11.22(火) 15:00~17:30 河川研究セミナー TKPガーデンシティPREMIUM秋葉原 ホール2A

令和元年台風19号後調査等から読み取ることができる堤防等の洪水応答

100th Anniversary 1922-2022 国土交通省 100周年

河道保全研究グループ 諏訪 義雄

土木研究所 PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE

いるのですけれど、なかなかそういう研究をやっていた人はいないなと思っています。私自身も頑張らなければいけないのですけれど、そういうことをやっていかなければいけないなと思いました。

(スライド56) 次、具体的な減災に入っていくときに、歴史的な経過を私なりに勉強すると、明治より前というか、そこはある種、自助・共助中心の世界だったと。共助はあまりないのかな。自助の世界だったというように思います。それが明治以降、いろいろな大型機械を使って工事をする技術を手に入れ、あるいは計画するための数値計算の技術とかを手に入れたので、そこで非常に大きなプラスを生み出して、公助を、サービスを提供する。そういうかたちで進んできたという時代があったと思っています。その中で、最近では避難、命を何とか助けなければいけないということで避難関係のことがものすごく進んでいる。このように思っています。

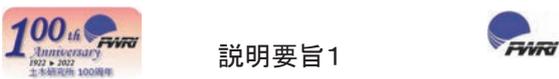
よく災害後の調査とか、そういうことをやったときに誰しもが言うのは「次は土地利用が大事だ」「できるといいね」。こういう話が出ると思います。土地利用をやっていくときに氾濫流制御というのをやれるといいのだろうなと誰しもが思うのではないかと。ところが、それは（その実現・実装）大変だというのがこれまでの流れかというように思っています。これは堤防の越流技術とも似ていて、福岡正巳先生（元建設省土木研究所所長、元東京大学教

授、元東京理科大学教授）が相当昔に提案しているのですけれども、なかなか実現しないということとちょっと似ているなと思っています。私はそれ（なかなか実現しない要因）は、河川管理者という立場から考えることで、突破するのを自ら難しい問題にしているのではないかと考えていて、そこをもっと立場を変えて考えると、角度を変えて考えることで広がる可能性があるのではないかと、そう思っています。

また、減災を考えるときに、同じ方法を全国津々浦々に普及させるという流れだけではなくて、工夫をしたらどうかと。一地域だけかもしれないけれど、そういうところでも工夫したら実現できたか、そういうものを1つでも2つでもつくっていく。そういうアプローチも大事だと思っています。もう少し言い換えると、国からトップダウンで減災を進めるという流れももちろん大事なわけだけれど、それだけではなくて、ボトムアップというか、地域の工夫とか、そういうものの道も開いておく、こういうことが大事ではないかというように思っています。

あと、最近の構造物被害というか、最近の大きな水害の事例を見ていて感じるのが、河川管理者だけがやってもなかなか駄目で、許可工作物も相手にしていくことを考えないといけないなと、こう感じています。許可工作物を巡る環境も変化していて、以前は河川管理者と同等以上の技術力を各管理者が持っていたのですが、今はどうもそうでもないようだと思います。なのでもう少し、より深く知って

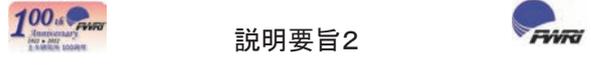
● スライド55



説明要旨1

- 河川の本質「自然物」洪水応答＝洪水（流れ・雨・流砂）を介するインフラと周辺との相互作用「ストックインフラ（歴史や社会・地域との相互作用）」設計超過外力に晒される頻度が高いを理解することが不可欠。→材料力学や構造力学の単純採用では解決できない。水理学・河川工学。
- 実物を対象に、自分の頭で考える・経験する（基準やマニュアルはあくまで道具、ゴールでもない目的でもない）。
- 現場で起きたことを理解し、その克服を考えることやめたら進化はない。「設計さえできればいい」、「本復旧工法さえ決まればメカニズム・原因はそこそこいいは進化のはじまり」。
- 自分の所管範囲だけやっておけばいい。設計外力の範囲外は自分の仕事じゃない、という発想では設計超過外力時に対応できない（今日より明日をよくすることができない）。
- 経験設計や知見が実務上有用。「最新論文・最新研究ほど進化している」と一見思いがちだがそうとは限らない。実務課題の解決のためには、経験設計の裏付けや適用範囲・限界を明らかにする研究や論文が大事なはずだが、（残念ながら）少ない。

● スライド56



説明要旨2

- 堤防内に基本水線画を及ぼす破壊の原因の3/4は越流。越流破壊を免れず減災につなげることは困難。
- 天井川での堤防冠上は適切に固結しなり型を長期化。河川沿い道路・重要施設等の侵害はライフラインの切断につながる。住宅地や集落で破壊は住宅流失や被害者も甚だ生命の危険。→堤防冠上の制約を緩和する必要がある。
- 災害発生時の被害を減らすには、河川の持つ本質・自然公物・洪水応答・ストックインフラ（自然史と社会史両面からの過去が不可欠）、設計超過外力に晒される頻度が高いを前提として設計しなくてはならない。
- 「河川管理」は「洪水調節」は、農地開発、水運、水力開発等先行形に比べて後発。→工作物設置者の技術力も河川管理者の技術力を前提の1つに、国土全体への対応は必要とする必要がある。
- 2019年19では、氾濫流の挙動に特徴的なものが見られた。大川ハックが強く直撃型堤防（堤防天端傾斜が相対的に低い場合が多い）での越流破壊。堤防冠上での洪水は堤防冠上から河川へ流出し、河川沿いの集落や重要施設に被害を及ぼす。河川沿いの集落や重要施設への被害は、堤防冠上での洪水が原因で発生している。→堤防冠上での洪水は、河川沿いの集落や重要施設に被害を及ぼす。河川沿いの集落や重要施設への被害は、堤防冠上での洪水が原因で発生している。→堤防冠上での洪水は、河川沿いの集落や重要施設に被害を及ぼす。
- 河川沿いの集落や重要施設への被害は、堤防冠上での洪水が原因で発生している。→堤防冠上での洪水は、河川沿いの集落や重要施設に被害を及ぼす。
- 河川沿いの集落や重要施設への被害は、堤防冠上での洪水が原因で発生している。→堤防冠上での洪水は、河川沿いの集落や重要施設に被害を及ぼす。
- 河川沿いの集落や重要施設への被害は、堤防冠上での洪水が原因で発生している。→堤防冠上での洪水は、河川沿いの集落や重要施設に被害を及ぼす。

いる人が許可工作物とかにも改善の助言、場合によっては指示をすることが必要な時代に来ているのかなというようにちょっと思っています。

(スライド54) 今日、実現で何が課題かというとき、私が最近思うのは、ヒット商品をつくるときに3つ、「魔の川」「死の谷」「ダーウィンの海」という3つのハードルがあるという説明を、よく製品開発の方はなさっているのですけれど、こういうアナロジーで見えていくと、河川にはもう一つ大事なものがあっていると思っていて、それは現場で起きていることを分析して学んで得た知見というものを、いろんな基礎研究でもそうだし、開発研究でもそうだし、応用研究にも、それぞれにフィードバックしていくというのがすごく大事だと思っているのですけれど、これがなかなか相当に難しいというのを感じています。特に構造物が壊れる(ことに関する研究)のをやっていると(感じます)。

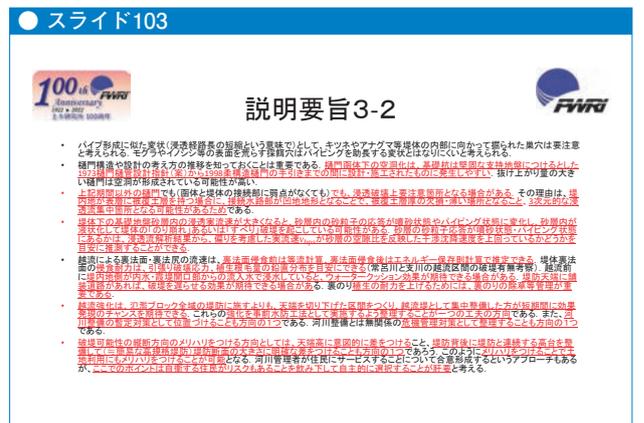
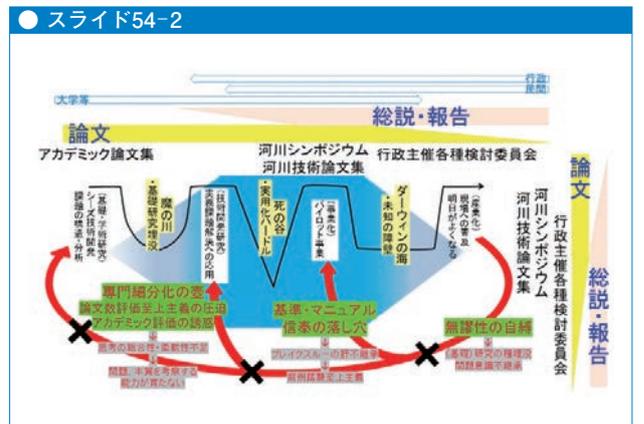
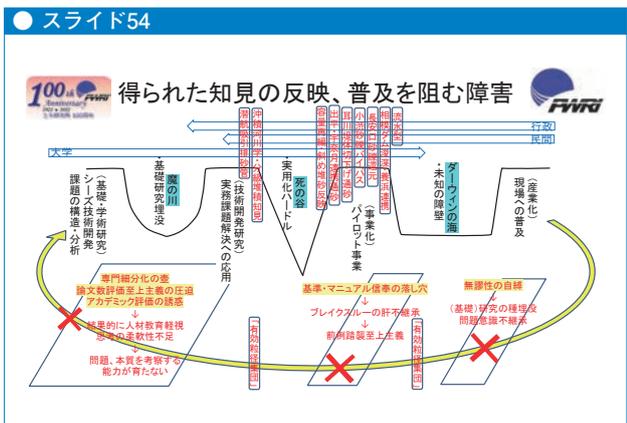
特に難しいのは「無謬性」ですね。役所だと。失敗を私はしないのだということを前提にやっているから、本当の原因はこうなのだと思うのだけれど、なかなかそれをフィードバックできないということを強く感じています。

それからもう一つあると思うのが、特に減災とかをやろうとすると、基準やマニュアルというのは確かに早く整備するとか合理的に整備するときにごく便利なのだけれど、やはりなかなか工夫するということには役に立ちにくい部分があるので、これ

(基準とマニュアル整備)だけではいけないと思いますし、前例踏襲至上主義と書きましたけれども、前例がないこと以外はやらないとなってしまうと、本当に工夫の幅が狭まってしまうのですよね。また、技術開発する筋肉みたいなものが衰えてしまいます。こういう壁があるということ意識し、打破することを意識することが要るのかなと思っています。

基礎研究とかについても、河川においては、減災のためにはゴールを狙った基礎研究というものを意識してやってもらうとすごくいいのかなと思っています。こういう世界にならないかなと思っています。こういうことであります。

(追記:スライド54の図では、現場からのフィードバックが重要だという私の説明が伝わりにくいことがわかりましたので、説明図を赤線で強調したものにリバイスしました。併記して載せておきます(スライド54-2))



(スライド103) あと、前回は説明しませんでしたけど、構造物のほうを私は力学的にもいろいろかなり解釈できるという立場でおりまして、私だけが解釈できると思っているのかもしれませんが、いろいろ解釈できるものはあるぞとっていて、そういう知見を後ろの方につけています。説明はしませんでしたけれど。それを皆さんに読んでもらえるのかなと思っっています。

例えば減災を考えるときに、水系内のリスクバランスとかを考えると思うのですが、そのときに、わざわざ各地域で差がないようにやってしまうとすごく難しい問題になるのですが、むしろ、いろいろな不確実性とか、幅があるというのですが、そういう幅を越えたぐらいの差をつけてあげれば、逆に制御できるという意味でもあると思うので、そういうことを全国津々浦々で同時にやるというのは難しいと思いますけれど、地域の中でそうやった方が早く、自分のところはやれるなと思うところがありれば、そういうことを実現するようなことを探ってもいいのではないかなと思っっています。そういう意味で、完全に分らなければものがないということではなくて、ある程度の傾向が分かれば、できることも相当あるのではないかなと思っっています。立場を変えてやればということかな、そういうふうに思っっているということです。

ちょっと抽象的な説明ばかりでしたけれど、以上で終わらせていただきます。

司会 諏訪さま、ありがとうございました。

続きまして、国総研の福島室長、よろしくお願いいたします。

福島 国総研河川研の福島です。どうぞよろしくお願いいたします。

(スライド1) 前回の資料の一部を抜粋して、概要ということでお話したいと思います。前回、ここにあるように、水害リスク評価の概要について、述べさせていただいた上で、3、4というかたちで、課題とその対応ということと、あと今後の対応ということで、どんな技術が今後必要になるかということをお話しさせていただきました。3、4を中心に振り返りたいと思います。

水害リスク評価の概要はもう皆さんご存じだと思います。進みたいと思います。

(スライド17) 課題を3つ挙げさせていただきましたが、そのうちの一つということで、ここにも書いていますけれども、現状を申し上げると、水害リスク評価については、平成30年度以降ぐらいから河川整備計画を変えるときにやっていたいてるところなのですが、最後のチェック、整備計画のメニューがおおよそ決まった後のチェックぐらいでしか使われていなくて。ここにあるように本当は整備計画の各段階ごとに、例えば30年もかかりますので、10年、20年とかの途中段階でもチェックをしたいわけですが、なかなか計算負荷が大きくて容易にできないという課題があるということ

● スライド1

国総研 国土技術政策総合研究所
令和4年度河川研究セミナー
令和4年11月22日

河川整備計画への水害リスク評価結果のさらなる活用を目指して

本日の話題

1. 背景・目的
2. 水害リスク評価の概要
3. 水害リスク評価手法の課題とその対応
4. 今後の展開
5. おわりに

国土交通省 国土技術政策総合研究所
河川研究部 河川研究室
福島雅紀

● スライド17

水害リスク評価の課題(3のうち、その1)

17

- 河川整備には30年程度の期間を要することを踏まえると、10年後、20年後等の途中段階で水害リスク評価を実施し、整備の順番を決定することが望まれる。
- しかしながら、水害リスク評価のための計算負荷が大きいため、途中段階の評価が実施されることはほとんどない。

河川水位・堤防補充・流域情報縦断面による上下流・本支川バランスの概略把握

河連及び施設の設定	(現状、計画)→2通り	※ 赤字は設定例
評価外力の設定	降雨量(1/80、1/100、1/200、1/500、1/1,000) × 降雨波形3→5×3通り	
無害流量の設定	(H.W.L)→1通り	

氾濫状況・想定被害の算定

氾濫状況の算定	(氾濫ブロック)→10通り
想定被害の算定	2 × 5 × 3 × 1 × 10 → 300通りの水位・氾濫計算を実施する必要

水害リスク評価

総被害の軽減効果
氾濫ブロック内被害分布における被害軽減効果
氾濫ボリュームの軽減効果
リスク軽減をもたらす河連・施設群の応答特性の把握
流域対策との連携による水害リスク軽減効果向上に関する検討

ある流域を想定して設定された水害リスク評価実施のために必要な水位・氾濫計算実施ケース数

を、最初に述べさせていただきました。

(スライド18) 2つ目が、水害リスク評価の見べきポイントというのは比較的シンプルに、確認のポイントとしてまとめられています。ただ一方で、水害リスクを右の図面にあるように、どんな対策が水害リスクカーブをどう変えるかという概念図はあるのですけれども、実際、具体的なメニューが水害リスクカーブをどう変えたかというところが分かりにくいので、河川整備計画のメニューを考えたときには、実は非常に使いにくいと思っていますところでは。

そこを解決する手法として、水害リスクカーブの傾きの増加の要因を特定し、その対策に資する整備内容を検討する必要があります。河川整備によって氾濫状況がどう変わったのかということと丁寧に見なければいけないのですけれども、やはり計算量が多く、その結果を表示した図面も多数ありますので、多数の図面を見て分析しなければなりません。こうした作業が手間になる。というか、多数の図面から要因を読み解くために職人技的なところがあるということです。これも課題と感じているところです。

また、I型とかI***型は、河川整備について被害を制御する機能を付加する河川整備の内容が提案されているのですけれども、オレンジ色のほうはまだまだ新技術ということで、新しい方法が具体的に示されていないということなので、こうした内容を具体化していく必要があるのが課題です。

(スライド19) 3つ目の課題は、破堤というものを今はH.W.L.で切れると想定していますが、実際には、東日本台風で見られたように越水によって破堤した事例がほとんどでした。越水と言いつつ、実際には浸透でやられているものもあるのかもしれないのですけれども、結果として堤防天端を越えて決壊していることは間違いないので、破堤の要因が越水になっているということです。現行の水害リスク評価では、H.W.L.で切っていますが、その点をより実態に即したかたちで見せていかないと、何といたしますか、リスクコミュニケーションとか水害リスクがどう変わるかを議論するときに、現場（河川事務所）が地域の方々と話すときにも、もしくは河川管理者の中で話すときにも、河川整備によって水害リスクがどう変わったのかということを議論するときには、水害リスク評価の結果を見間違っているのではないかと感じているところです。こうした点を変えていく必要があるということです。

(スライド20) 課題1、2への対応。これはまとめて書いておりますが、まず、水害リスク評価という氾濫まで全部を計算しようということですが、氾濫計算は結構大変だと思います。ですので、水位計算ぐらいをやって、越水する場所が大きく変わらなければそこそこ氾濫の状況は変わらないのではないかと。越水箇所の変化状況から氾濫計算を実施すべきところをスクリーニングして、そこで何が変わったのかということをも具体的に

● スライド18

水害リスク評価の課題(3のうち、その2)

18

- ▶ 整備前後の水害リスク評価結果について確認のポイントは明確であるが、水害リスクの変化と河川整備内容との関係が水害リスクカーブのみでは見えない。
- ▶ 水害リスクや水害リスクカーブの傾きの増加の要因を特定し、その対策に資する河川整備の内容を付加するためには、河川水位や氾濫状況に関する計算結果を丁寧に確認する必要がある。
- ▶ 既存の河川整備手法だけでなく、被害を制御する機能を付加する河川整備手法が提案されているが、機能発揮の確実性を上げていく必要がある。

対策	効果
河川敷の草刈り	河川敷の草刈りにより、河川敷の土砂が減少し、河川敷の土砂が減少する。
堤防の強化	堤防の強化により、堤防の強度が増し、堤防の強度が増す。
河川敷の草刈り	河川敷の草刈りにより、河川敷の土砂が減少し、河川敷の土砂が減少する。
堤防の強化	堤防の強化により、堤防の強度が増し、堤防の強度が増す。

整備前後の水害リスクカーブの比較
確認のポイント
a. 安全に低下させることができる家
南規模が増加しているか？
b. 想定する最大規模を念も施設
の能力を上回る外力に対する水
害リスクが低減しているか？
c. ある氾濫ブロックの被害リスクを
他の氾濫ブロックに転嫁してい
るか？

様々な種類の施策を総動員した「無被害で済む範囲拡大」と「被害～家南規模関係制御」の全体像
出典：筑波大学プロジェクト「河川～海岸分野における気候変動適応に関する研究」

● スライド19

水害リスク評価の課題(3のうち、その3)

19

- ▶ 水害リスク評価の目的は、「想定最大外力までの様々な規模の外力に対して、上下流・本支川バランスに留意し、氾濫した場合の災害リスクができる限り小さくしているかを点検し、減災の観点も考慮した最適な河川整備の内容と手順となるように計画の見直しに資すること」である。
- ▶ 減災の観点からすると、危機管理的な要素が強く、施設規模を超えた時の氾濫状況を的確に表現することが望ましい。
- ▶ 一方で、無害流量の設定はH.W.L.を基本としており、現実と合わない場合もあり得る。

堤防の決壊箇所数と要因別割合 (R1東日本台風)
出典：令和元年台風19号の被災を踏まえた河川防衛に関する技術検討会「資料」

暫定堤防の場合の無害流量を算定するための水位
出典：気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会「第2回、H30.5.11」資料4-2

見ていくことを始めるのが、まずは大事ではないのかということをご提案させていただきました。

またそのとき、今まで私たちは200mピッチの定期横断測量を使って堤防高を設定していましたが、MMSだとか航空機レーザ測量を利用するようになってきていますので、より実態に近い、堤防天端高の縦断的な変化を的確に設定した上で検討すべきではないか。その中で見えてくる、被害の拡大をさせている要因を捉えて、それを潰すようなかたちで河川整備を進めていくことが大事ではないかということです。

(スライド21) これは飛ばさせていただきます。

(スライド22) 課題3への対応ということで、先ほどの無害流量ですね。H.W.L.で切っているところについては、具体的には今後の対応のところでご書かせていただきましたけれども、堤防の一連区間ごとに堤防詳細点検を行い、出水時の巡視や出水

前後の点検結果等も踏まえて、強化対策も行ってきました。その結果、H.W.L.以上の水位になっても直ちに切れない堤防が多数見られるようになってきたと思います。河川管理者の方たち、先輩方がしっかりと堤防を整備・管理してきてくれたおかげだと思います。

(スライド26) その結果として、実際に堤防がどのぐらいのところまで持つのかということ、フラジリティカーブみたいなものをつくって表そうとしています。これは浸透の事例ですけども、本当は侵食についても越水についても同じようにフラジリティカーブができればいいなと思っています。私たち河川研では、まずは浸透に対してと考えて検討を進めているところです。現行の水害リスク評価では、左図で示すようにH.W.L.で切れるとしているものを、右図は破壊確率と水位との関係図ですが、実態としてはH.W.L.以下で切れる堤防もあれば、もっと強い堤防でありH.W.L.を越えても頑張れる堤防も

● スライド20

課題その1、2への対応案

20

- 整備段階毎、整備内容の変更に応じて水害リスクの変化を確認するため、まずは越水のみ(破壊なし)を考慮した不定流計算を実施し、整備目標流量を少し超えた場合の越水箇所を確認し、越水箇所の変化があった場合に破壊を考慮した氾濫計算を実施し、水害リスクに与える影響を評価してはどうか。
 - ⇒ 越水箇所の変化状況から氾濫計算を実施すべき氾濫ブロック等のスクリーニング
- 越水箇所の変化状況としては、超過の度合いが大きくなった場合の越水の順番を確認することが重要であろう。
- なお、越水箇所の変化状況の確認にあたって、危機管理の観点から堤防天端高の縦断形状を正確に表現することが重要であり、航空機レーザーマッピングシステム等による点群測量成果を用いて、越水箇所を厳密に確認すべきである。

```

    graph TD
      A[整備目標流量を少し超えた流量で不定流計算(越水のみ考慮)の実施] --> B{整備前後で越水箇所  
が変化したか?}
      B -- No --> C[氾濫計算は不要]
      B -- Yes --> D[水位計算結果を見ながら確認]
      D --> E[越水箇所が変化し  
た氾濫ブロックを対象に  
氾濫計算の実施]
      E --> F{越水箇所が変化し  
たことで水害リスクの  
増加やリスクのしわ寄せ  
が生じる可能性がある  
か?}
      F -- No --> G[水害リスク評価は不要]
      F -- Yes --> H[氾濫計算結果を見ながら確認]
      H --> I[水害リスク評価の実施]
    
```

● スライド22

課題その3への対応案

22

- 堤防決壊の主な要因は、越水、侵食、浸透であるが、決壊事例の多くは越水によって生じていることが多い(決壊事例の7割は越水が要因)。
- 堤防はそもそも越水を想定しておらず、越水した場合には決壊に至ることが多い。一方で、侵食や浸透によって生じた堤防の変状は点検等によって確認され、何度となく補修が行われることで、河川堤防は徐々に強化されてきた(特に、侵食、浸透に対して)と考える。また、大きな変状が発生した場合には、開削調査等も実施され、変状の発生要因が調べられ、補修によって強化されてきた。
- 以上を踏まえると、無害流量をまずは堤防天端高で設定し、水害リスク評価を実施してはどうか。

堤防の決壊箇所数と要因別割合 (S22~S44) | 堤防の決壊箇所数と要因別割合 (S41~S51) | 堤防の決壊箇所数と要因別割合 (R1東日本台風)

出典) 山村和也・丸葉輝行「堤防補強に関する調査」、土木研究所報告、145号-2、1972。 | 出典) 前石重昭・坂野章「河川堤防の整備・強化と技術的課題」、土木研究所研究開発プログラム報告書、2010。 | 出典) 令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会 資料からデータを組み作成

● スライド21

リスク軽減をもたらす河道・施設群の応答特性の把握

21

- 水位縦断面より各地点の水位について整備前後での変化を確認するとともに、リスクの軽減効果をもたらした要因等について把握する。水位の算定にあたっては、以下に留意すること。
 - 破壊や越水を考慮した不定流計算によって得られた流量を不等流計算によるH-Q式で換算した水位を用いること。
- 水位縦断面による応答特性の把握における着目は以下の通り。
 - 各規模について、整備後河道の水位が整備前河道の水位を下回っているか。
 - 背後の資産分布状況と水位低減のバランスが確保されているか。
 - 人口、資産の集中している氾濫ブロックにおいて、整備前後で河川水位が低減しているか。

破壊・越水氾濫による流量変化を考慮した水位縦断面図例

出典) 実績変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会(第2回、H30.5.11)の資料4-2

● スライド26

堤防の浸透に対するフラジリティカーブの作成

26

- 設計上は、河川水位がH.W.L.を超えると堤防は決壊するとしているが、土質の不均質性や土質調査の不確実性もあり、河川水位がH.W.L.以下の場合でも漏水等の変状が生じる場合がある。
- こうした変状を点検等によって確認し、堤防決壊に至る可能性が高い変状を優先的に補修することで、堤防は強くなっていくと考える。
- ただし、当該堤防がどの程度の河川水位の作用を受けてきたかで、堤防に対する信頼性も変わってくると思われる。
- 最近では、進捗性のある変状についても言及されているが、ここで実施するフラジリティカーブの作成では取り込めていない。

設計上の想定 | 実際の堤防

あるということです。こうした状況を表現する手段としてフラジリティカーブを採用することを考えています。実際の堤防がどこまで頑張れるかという評価を、水の真ん中の線のようなかたちで、ある程度の幅は確率というかたちで持っていますけども、堤防の一連区間ごとに、この区間はかなり頑張れるぞ、もしくは、ここはH.W.L.以下でも切れる可能性があるぞというところを明確にしておきつつ対策を打つ。もしくはそのまま残すということを水害リスク評価の結果を踏まえてやっていく、検討していくということが大事じゃないかということを申し上げさせていただきました。

(スライド28) 実際に浸透のフラジリティカーブについて検討すると、出水時に堤防に生じた変状を踏まえて、浸透流解析で設定する堤防の土質定数を見直す必要があることがわかります。

例えば、堤防の土質定数がある幅を持って単純に設定し、フラジリティカーブを作ってみると、噴砂等の変状を受けて矢板設置等の対策が実施されてきているのですが、左上図のように、対策を打ってきたことがフラジリティカーブの変化としてあまり明確に表れません。ところが、変状の発生を受けて透水係数のこの値は小さすぎるとか、もしくは大きすぎるとか、こうした情報を入れて変化しうる透水係数を見直した上でフラジリティカーブを書き直すと、当初は水位2mぐらいまでしかもたなかった堤防が、矢板を入れるだとか、遮水シートを入れるだ

とかして水位7mまで頑張れる堤防になっているのだということを確認でき、対策の効果をしっかりと表現できるようになります。

堤防の状態をしっかりと知るだとか、川の状態をしっかりと知るということでのり的確な水害リスク評価につなげていくという作業を、やはり私たちはやっていかなければいけないなと思っています。そういう作業にもつながるという意味で、何と言いますか、被災を受けて、結果を設計なり照査に反映してそれを見直していくというプロセスが、簡単に言えばPDCAという言葉で済まされてしまうのかもしれないのですが、そういうことをやることで堤防をよく知って、河道であれば洪水を受けて粗度係数を見直すとかをやっていますけれども、河道をよく知って、水害リスク評価の結果をのり的確なものにしていくという作業を通じて、水害リスク評価結果を見直していこうということにつながっていくのではないかと考えておまして、こういった手法の提案をさせていただいたというのが2つ目です。

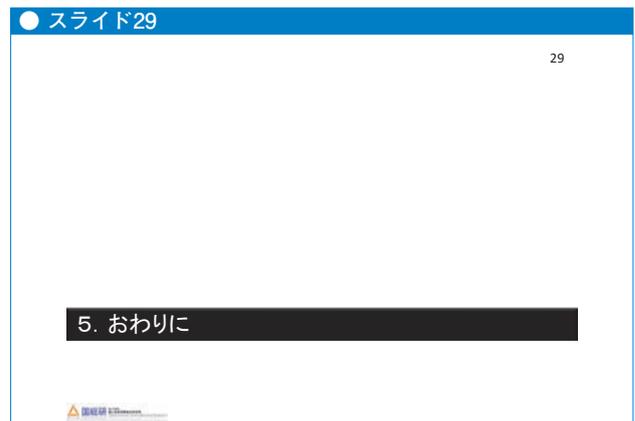
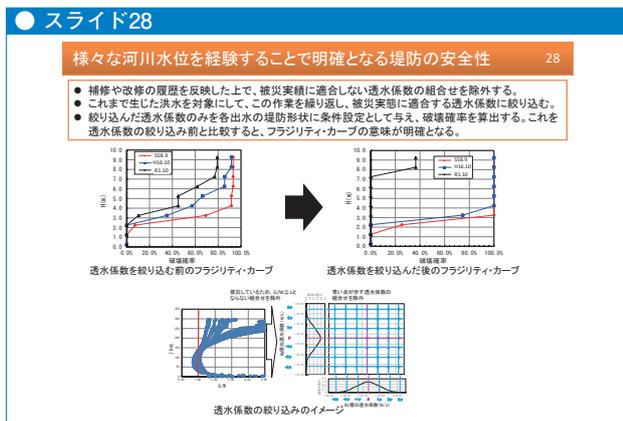
(スライド29) 「おわりに」のところは省いて、概要の報告とさせていただきたいと思います。

以上です。

司会 福島さま、ありがとうございました。

それでは、最後になります。国総研から武内主研、よろしくお願いいたします。

武内 国総研、武内です。よろしくお願いいたします。



(スライド1) 私は前回このタイトルで、主に水防活動に着目した発表を行いました。これの概要、ポイントを小走りで説明します。

(スライド2) まず、水防というのは原点なのですが、地域の安全は地域で守るという自助・共助の精神が原点にあるということを説明しました。また、水防活動の主体はさまざまにあるのですが、その中心的な役割を担うことが多いのは水防団で、最近では消防団が兼任していることがほとんどです、という話をしました。

(スライド3) また、この発表において、水防活動のイメージが皆さん、それぞればらばらということも分かっていましたので、あえてこのように定義しています。「豪雨に伴い河川からの氾濫危険度が高まっていく過程で生じる、地域の被害防止軽減のための活動全般」というように定義しました。

(スライド4) 青森県の岩木川における水防活動の好事例を前回示したのですが、好事例について読み取れることを整理しました。

1つ目が河川整備の観点で、整備をどんどん進めていく必要があるねという話だけではなくて、流域治水の観点で言うと、水防活動というのは流域治水対策における有力な手段の一つになるのではないかということを説明をしました。

(スライド5) また、われわれの水防活動に関する研究です。ここにあるように、左が堤防だと思ってください。横線が例えばハイウォーターだと思ってください。このときにハイウォーター以下の水位であれば、もう氾濫を防ぎ切るぞというお話。また、ハイウォーターを越えて、天端を数十cm超えるぐらいであっても、しのげるように最大限努力する。また、あふれてしまってどうしようもないという場合においても被害を最小化するようなことを、水防活動によって実現する方法はないだろうか。そ

● スライド1

令和4年12月6日
河川財団河川研究セミナー

地域防災力を高めるための 水防活動支援技術の方向性

～水防活動詳細実施過程の実態把握を切り口として～

【第2回での発表要旨】

国土交通省 国土技術政策総合研究所
河川研究部 水害研究室
主任研究官 武内 慶了
(Yoshinori TAKEUCHI)

● スライド3

本発表における“水防活動”の定義:

- ✓豪雨に伴い河川からの氾濫危険度が高まっていく過程で生じる、
- ✓地域の被害防止・軽減のための活動全般

小貝川での水防活動の様子(国土交通省HPより)

避難困難者の救助活動(出雲市消防団
(全国水防管理団体連合会HPより))

● スライド2

水防/水防活動/水防団:

○水防の“原点”

- ・水災に対し、自らの安全は自らが守り、**地域の安全は地域が守る**
- ・自助・共助の精神が原点

⇒ その活動全般を“水防活動”

○水防活動の主体は様々

- ・水防団/消防署/自治体土木部門 等々
- ・中でも、主な活動主体となる場合が多いのが“水防団”
- ⇒主に当該地域の住民により構成される。

消防団が兼務する地域がほとんど<兼任水防団>

小貝川での水防活動の様子
(出典:国土交通省HP)

● スライド4

水防活動の好事例が示すこと:

河川整備の観点

これまでの事業積み上げ
水位低減効果が着実に発揮

しかし、それ以上の洪水規模は発生

河川整備をより一層推進する必要
(無被害範囲の拡大)

流域治水の観点

地域の被害を軽減し、場合によっては被害を防止

また、活動の様態から
準ハード・準ソフト対策
と言える水防活動

流域治水対策における
有力な手段の一つとなるのが
水防活動

ういったことを追い求めていきたいということで、研究をスタートしております。

目的ですが、このような世界を実現したいということから、河川管理者が持つ技術を活用し、地域を主体とする水防活動を支援する。水防活動支援技術の統合化をしたいというのが当初の目的でスタートしたものであります。

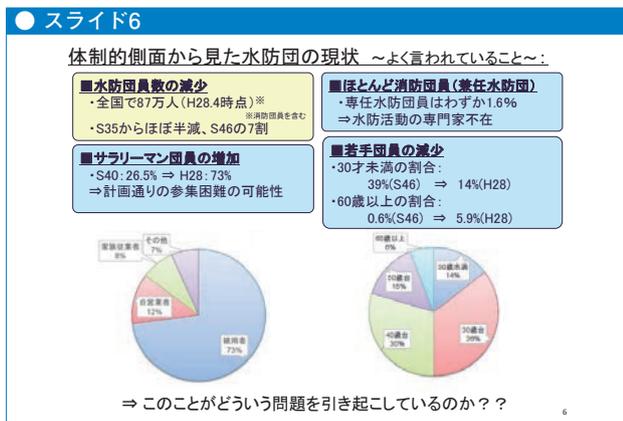
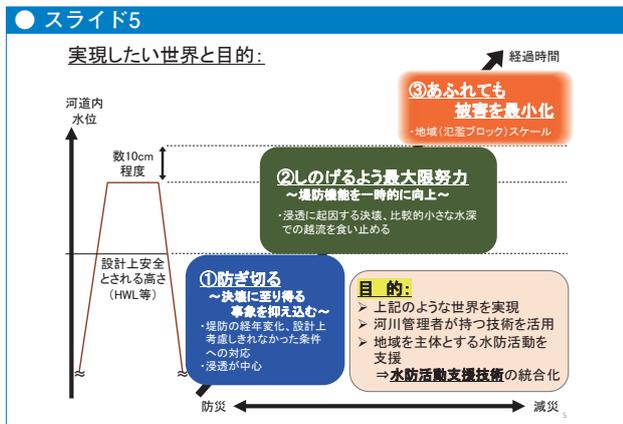
(スライド6) 今の水防団の体制的な現状ですが、これはよく言われていることで、「人が減っています」「サラリーマン団員が多くていざというときに出られない人も結構います」「若手がいなくなっちゃいました」「消防団が兼務しているのがほとんどです」とかというお話があります。

(スライド7) これがどういう問題を引き起こしているのかというのが、僕はちょっといまひとつ分からなかったもので、この写真にあるように、近年活動実績がある水防団を中心に、10の地域、20ぐらい

の部署、組織からご協力いただき、実際に水防活動実施過程について、このときこういう状況だったからこういうことをやったんだとか、そういうのを根掘り葉掘り聞いてきたという経緯があります。

(スライド8) その結果分かってきたことをまず説明します。大きく分けて、地方部と都市部で分けます。

地方部は、主に河川中流域にある地方部を対象にしたのですけれども、共通的事項として分かったのは、まず浸水が生じやすい箇所というのを経験的に把握していました。例えばここに重点的巡視というのが3か所ありますが、大体ここから氾濫するというのが全部分かっていました。だからここを重点的に巡視して、まずなくなったらすぐ対処するというようなシステムを取っていた。また、現場で水防活動の方法などを自律的に判断して活動している実態も見えてまいりました。



(スライド9) さらに、要請される活動が多種多様でした。ここに書いてある通りいっぱいあります。たんすを上に乗ぶ、2階に運ぶとかそういったことも含めて、砂防・土砂災害への対応も全部含めて、たくさんある。そのほとんどを消防団が担っているという現状がありました。

(スライド10) これをまとめますと、最初に示した実現したい世界というものに重ねますと、①、②、③だけではなくて、右下にあるような赤い部分ですね、こういった世界に先んじて生じる要求とかがたくさんあります。ほかの災害への対処も同時に起こります。こういうことがあって、なかなか①、②、③で示したような対応にたどり着けない場合すらあるということ把握しました。

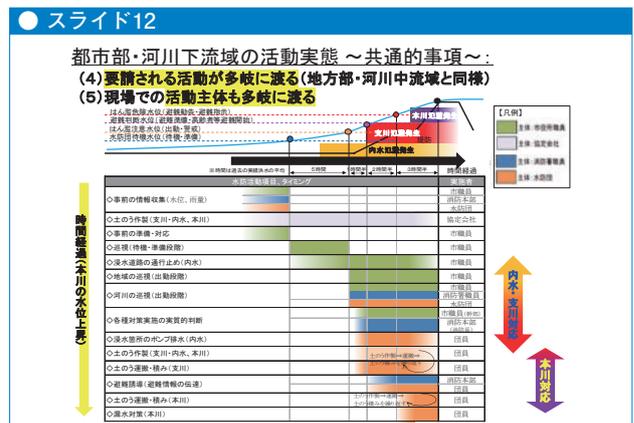
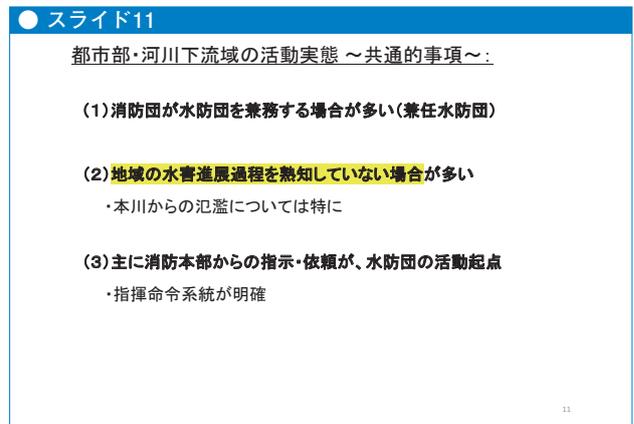
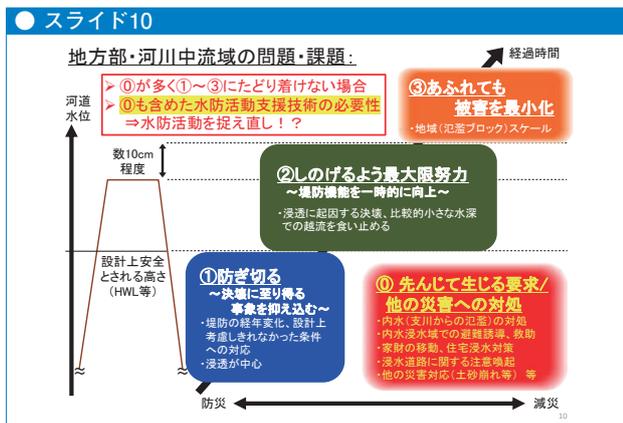
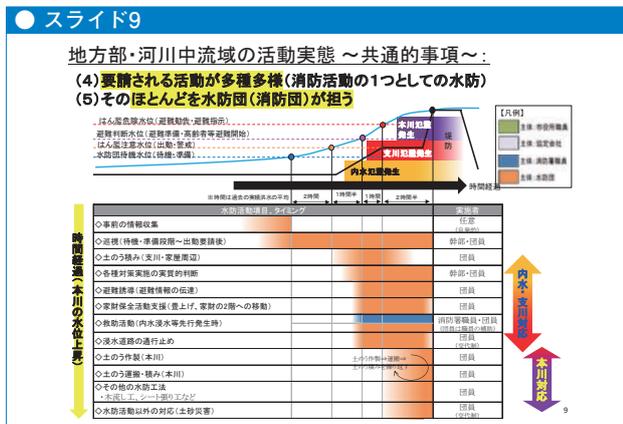
すなわち、水防活動というのを、ただ堤防に何かをするというだけではなくて、こういった赤い部分ですね、先んじて生じる、要請される水防活動も全部含めた上で水防活動として捉えて、その上でわれ

われはどういう支援技術を開発していくのか、提供していくのかということを考えざるを得ないということが分かりました。

(スライド11) 次に都市部です。河川下流域の特徴ですが、「(2)」なのですが、案外地方部に比べて大きな違いだったのが、地域の被害進展過程を熟知していない場合が結構ありました。次に何が起こるか、やはり分からないということが特徴としてありました。

(スライド12) また、要請される活動。この縦に書いてあるところですね。数自体は地方部とあまり変わらなかったのですが、対処する活動主体というのが、色で分かれているように、結構多様です。ここが地方部との大きな違いだったということでもあります。

(スライド13) これらを比較整理した表です。簡単に示しますと、2行目の「実施する活動の実



質的な判断」の部分なのですが、地方部においては水防団が地域を熟知しています。どこで何が起きるかというのはもう分かっています。さらに何をやるかというのを現場にいる水防団が自律的に判断しているという実態がありました。

一方で、都市部に関してはそんなに熟知していない。比較して相対的に熟知していないということがあり、現場で判断するのではなく自治体や消防本部からの指示に従って水防団が活動するというような状況が分かりました。

また、活動内容なのですが、多種多様であるのは地方部、都市部で一緒なのですが、水防団がほとんどやってしまうというのが地方部の特徴で、都市部は役割分担がありますというようなことが見えてきました。

(スライド14) われわれがまず想定していた実現したい世界と実態でかなり乖離があるということが見えてきましたので、水防活動支援技術の当面の方

向性は、まず活動の実態を尊重しようではないか、その上で活動を効果的・効率的に実行し、実現したい世界、本線への対処という、活動の時間をできるだけ確保する。そういう方法を取ろうということに方向性をちょっと転換した、ということ話をしました。

(スライド15) まず水防活動支援技術の1つ目ですけれども、地方部の消防団の水防活動では戸別訪問による避難誘導というのが結構重要視されていた。そうであれば、避難誘導の効果を高いものにするような支援情報を出そうじゃないかということでやりました。

(スライド16) 結論としては右側なのですが、赤いエリアがありますが、本線からの大きな氾濫があったときに水深がそもそも大きい。しかしさらに言うと、氾濫が起きる前、逃げるというタイミングにおいて支線氾濫や内水浸水によってそれなり

● スライド13

地域類型に基づく水防活動実態 ～共通の特徴の比較・整理～:

	地方部 河川中流域 (宮城県大崎市、秋田県大館市、山形県鶴岡市)	都市部 河川下流域 (埼玉県川口市、千葉県船橋市、東京都葛飾区)
地形・河川特性による活動時間の制約	河川の中上流部で河川の水位上昇速度が遅く、内水浸水もほぼ同時に発生するため、活動可能な時間が短い。	本川の水位上昇速度が遅く、内水浸水も支線への本川対応が時間を追って発生するため、活動時間が長時間にわたる。
実施する活動の実質的な判断	水防団が地域を熟知しており、どのような水防活動を実施するかは現場の水防団が自律的に判断。	指揮命令系統が明確であり、自治体・消防本部からの指示に従って水防団は活動。
活動内容	本・支川、内水対応以外に、土砂災害や住民からの家財保全活動支援等、水防団が多様な活動を実施。	自治体職員、消防署職員との役割分担により、水防団は本支川、内水対応が主。
避難誘導	戸別訪問による避難誘導。	人口が多いため、避難誘導は広範囲からの呼び掛け。
救助活動	消防署を補助して内水浸水・支川氾濫の孤立者の救助活動も実施。	本川氾濫までは浸水深が小さいため救助が必要とならない。

※三都市は概平地都市部を堅持する水防団から聞き取りを行ったため、都市部河川下流域に分類した。
※専任水防団については、1団体からの聞き取りに留まるため、比較整理から除外

● スライド15

水防活動支援技術①
～人的被害の相対的な起こりやすさに着目したリスク情報図～:

✓ 地方部・河川中流域の兼任水防団 ⇒ 戸別訪問による避難誘導に着目
✓ 従来の役割を尊重しつつ、より効果の高い避難誘導の実現を支援

浸水面積或いは
氾濫ボリューム

避難情報発令

本川氾濫によるリスク

内水浸水等によるリスク
(避難時の移動困難性)

内水浸水・支川氾濫

本川氾濫

流域の降雨の進展

高リスク地区

避難誘導を優先すべき
高リスク地区の把握

○ 避難時の移動困難性を表現
○ 移動経路の危険性を表現

内水浸水・支川氾濫情報を加味

従来: 浸水想定区域図
本川氾濫による浸水深分布
そこに留まることによる
人的被害の起こりやすさ

人的被害の相対的な起こりやすさに着目したリスク情報図

● スライド14

地域防災力を高めるための
水防活動支援技術の方向性は如何に:

地域類型によって活動タイプ異なる

活動項目、多様・労力大

本川堤防への対処のみに集中?
⇒ 実際上、困難

本川堤防対応に辿り着けない場合

水防活動を広く捉え直す必要性

“実現したい世界”と“水防活動の実態”の乖離: 大

水防活動支援技術の“当面の”方向性

- これまで継がれてきた水防活動の実態を尊重
- それぞれの活動項目を効果的、効率的に実行し、
- 実現したい世界で想定した活動の時間を確保
- そのための水防活動支援技術を模索

● スライド16

リスク情報図の作成例とその特徴:

避難誘導を優先すべき
高リスク地区の把握

○ 避難時の移動困難性を表現
○ 移動経路の危険性を表現

内水浸水・支川氾濫情報を加味

従来: 浸水想定区域図

本川氾濫による浸水深分布

そこに留まることによる
人的被害の起こりやすさ

人的被害の相対的な起こりやすさに着目したリスク情報図

ので、水防活動支援情報共有システムというものをつくりました。このポイントが、リアルタイムに一元集約・共有すること。情報の共有伝達に要する時間を大幅に短縮する。また、判断がしやすい情報の集約の仕方、指示伝達も迅速化できるというようなシステムをつくっております。

(スライド21) これを先月、福知山市の消防本部に実際に活用していただいて、よかったところとか、いまひとつだったところとか、そういったものをお聞きしながらシステムの改善に努めています。なお、今週末に岐阜市の専任水防団に実際このシステムを使ってもらって、またご意見をいただこうと考えております。私からは以上です。

司会 武内さま、ありがとうございました。

以上が、各先生方からの論点のご紹介になります。

● スライド21

情報共有訓練の実施 ~R4.11.14@福知山市~:

- 福知山市消防本部・危機管理室、福知山河川国道事務所の協力を得て、システムを活用した情報共有訓練を実施。
- 訓練中は関係部署をweb会議で接続し、各部署内での会話も共有。
- 従来方法との比較により、対応しやすくなったこと、改善が必要なことについて、多数のご意見をいただいた。
⇒システムの改良へ

簡単・少ない操作で現地状況を報告可能
コメントも登録できたら良いのに
現地からのLINE情報登録

地域の状況が俯瞰できるのは良い
福知山市消防本部

距離標だと具体的場所が市に伝わらない(気づき)
福知山河川国道事務所

どれが最新の情報のかわかりにくい。

事案毎の、対応も含めた時系列が把握しづらい。

21

(2) 総合討論 (ディスカッション方式)

司会 これから総合討議ですが、進行の方は河川財団 河川総合研究所所長の天野が務めさせていただきます。それでは、天野所長、よろしく願いいたします。

天野 天野です。早速進めたいと思います。

(スライド1) まず、お手元に「総合討論」という紙が配られていると思います。今日は、この中で3つほど、討論したいという課題を書かせていただきました。3つあります。時間が1時間と限られておりますので、それぞれ1つ、2つ、3つ目の話題、大体一つの話題で20分となります。6人の方からお話を聞きたいと思っていますので、大変恐縮ですが、3分程度にまとめてお話しいただけるとありがたいなと思っています。後ほど質疑応答の時間もありますので、そこで会場の方も含めて、パネリストの皆さん同士のディスカッションもそちらの方でやっていただくというかたちで、最初は6人の方からこの話題についてそれぞれお答えいただけないかと思っていますのでございます。

(スライド2) まず1つ目が「計画論ベースから実態ベースの水害リスク管理に移行する上で必要な技術開発」と書いていますけれども、これは今回のセミナーのテーマでもある「流域における水害リスクの実態をどう読むか」ということにつきまして必要な技術開発を、今回それぞれ皆さんから話題提供



していただいたのですが、その中から特に今後の方向性というか、今まで皆さんが研究されてきた中でお感じになっているところ、こういったところをやっぱり進めていかなければいけないのではないかということについて、お話を伺えればと思います。

順番としては、本日先ほどサマリーをお話ししていただきました先生方の順番でお願いしたいと思っています。

まず、田中教授にお答えいただきたいと思えます。田中先生のお話の中では、特に氾濫流の制御として、ちょっと低めのものであれば、あまり露骨な良し悪しみたいなものも見えない中で水流の速度を落とすことができるのではないかというお話もありましたし、またハザードマップの利用の工夫で結構いける部分があるということをお話しされて、非常に示唆に富む話題提供だったと思っていますので、そういったところも含めまして、1つ目

● スライド1

総合討論

● スライド2

1. 計画論ベースから実態ベースの水害リスク管理に移行する上で必要な技術開発

- 現状での水害想定は、HWLで堤防決壊、破堤箇所は悉皆的に決定、最終的浸水深を求めて、各ケースの最大値を包絡し浸水想定としている。
- このような流域各地点における計画論的浸水深をベースにした防災から、堤防の脆弱性(順番も含めた氾濫発生の可能性)評価、流域地形に基づく氾濫形態や、水防活動(避難を含む)の実態等を評価した上で、実態ベースの水害リスク評価(事前評価、豪雨時のリアルタイム予測)に基づく防災・減災対策を進めていく必要があると考える。
- とはいえ、水害リスクの実態を解明するのは容易ではない。
- **水害リスクの実態解明に必要な技術開発は？**

の、今後必要な技術開発についてお考えを3分程度でお話しただけだと思います。どうぞよろしくお願いします。

田中 ちょっと講演とは直接関係ない部分もあるのですが、やはり実態解明という意味では、浸透流と内水、2つあると思っています。

先ほど浸透に関してフラジリティの話がありましたけれど、やはり浸透とかの影響、あるいは侵食の影響が十分に表現できないと、どうしてもスライドダウンで評価という話になっていきます。その辺りがフラジリティみたいなかたちで表現できれば、越水した場合における実態の解析を進めていく必要、公開していく必要があるのかなと思っています。

ただ、そのときに水工学の中では、何と言いますか、砂に対する水流の力学、よく砂の削れる力学を使って堤防の侵食を解析しているのですが、粘着性のある土の破壊に関しては、やはり土の構成則ですね。浸透流も含めるとそれがどう変化していくのかという話になってきますので、やはり水工学だけではなくて地盤工学の知識なども使いながら開発していく必要があると考えています。

そういうものが開発されれば、例えば先ほどの氾濫流制御に関して、ウオータークッションですね、二線堤を使って水をためてというような話も、単に水深が上がるというデメリットだけではなくて、水をためることによって、本川からの越水があってもウオータークッションがあって堤防の決壊の危険性は下がりますというような、メリットの議論にもつながっていくので、堤防の侵食をやはり浸透流も含めた形で解析していくというところが一つ重要なかなと思っています。

2つ目は内水ですけど、目的に応じた解像度をどれくらいまで取る必要があるかですね。例えば、田んぼダムの計算をしている人たちは非常に細かい農業用の水路を入れて計算をするのですが、流域を対象としたリスクを話しているときにどこまで細かくやっていくかというようなこと。解像度をどうするかという問題があります。そのときに、流域治水を流

域全体で議論するのではなくて、それぞれの地域でどういう判断を受け入れるか、というのでしょうか、その受け入れた判断が積み重なって全体として治水目的も達成されるという観点からすれば、その目的に応じた解像度で、どういう解像度にするかという議論が必要なのかなというふうに思っております。

以上です。

天野 どうもありがとうございました。

それでは、川崎研究官にもお伺いしたいのですが、川崎さんのお話では新しい洪水の予測というような話題があり、その中で水系データの活用ですとか、データ同化の技術的な水準を数年続けてやって実用化も進められているということで、そういった観点もお話しただけないかなと思います。またVRですとか越水情報を線から面へというような新しい考え方というものもありましたので、その辺りの技術の方向性ですとかも含めてお話しただければと思います。どうぞよろしくお願いします。

川崎 水害リスクの実態解明ということで、私のほうからはリアルタイムの話を中心にさせていただいたわけですけど、それが事前防災の検討であるとかリアルタイムの洪水予測、そういったものにかかわらず、結局、水害リスクの実態解明のためにはさまざまな外力に対して、あるいは境界条件下で、いつ、どこに、どれだけの水が流域内にあって、それがどのように動いているかというようなことを精緻に解析する、精緻に知る必要があると思います。先ほど田中先生のご発表の中でも、そのようなことで計算技術というのは非常に進んできていて、今お話のあったデータ同化も、いろいろと実績などを考えて、粒子フィルターとかそういうものを使ったりもしているのですが、アジョイント法とかそういった変分法であるとか、いろいろな方法が開発されていて、やはりそれらを比較して、どれがいいのかな、どれが実用的なのかなということやっていく必要があるかなとは思っています。いずれにいたしましても計算技術がどんどん進んでいくのは、もちろんそういう流れでありますけれど、一方でちょっと泥臭

調されていたと思います。責任の問題などがあるからなのかもしれませんが、ややもすると事実とか記録があまりきちんと取られていないのではないかと気がしております。そういう意味で、起こったことを、いかに本質的な部分を記録していくのに何が重要なのかということについてご意見を伺いたいのと、それから、地域特有の対策があるというお話で、おっしゃるとおりだと思うのですが、その際に対策が本当に効果的なのかどうかという技術的な評価をする、そういう技術もやはり要るのではないかと、お話を聞きながら思っていたのですが、それについてはどうかというのが2つ目です。

あと3つ目としては、許可工作物の対策が必要だというお話がありましたが、こういったところについてはどうしても、なかなか技術者がいないということもあり、そうすると技術開発のようなものでそれにうまく対応できるのか、あるいは誰か、今までだったら対応していなかったような人も含めてやっていくということがあると思います。

今申し上げた3つの点、現場の記録をどうするのかということ、地域特有の対策というのをどう評価するのか、それから許可工作物の対策についての技術開発みたいなもの。お考えがあればそれも含めて今後どうするのかということについて、ご意見を伺いたいと思います。いかがでしょうか。

諏訪 ちょっといただいたオーダーには沿っていないかもしれないですけど。

まず、「技術開発しない限りできない」というス

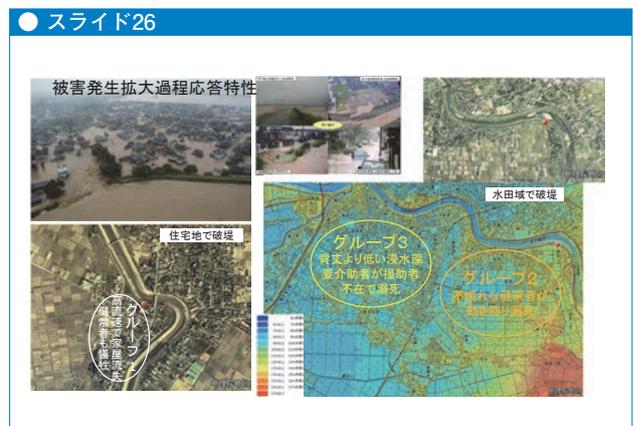
タンスは取るべきではないと私は思っています。「今ある知見で、できることはやる」というようなアプローチも必要なのではないかと思います。それがまず1点目です。

記録については、2点目のまさに課題だと思うので、そちらで話をしようと思います。

知見の代表的なものとして、ちょっといくつか挙げさせてもらいます。

(諏訪・スライド25) まず一つ、右側にあるのは、天井川のところで破堤が発生したら大変なことになるということです。天井川で発生することは防ぐようにまずやらなければいけない。こういうことは今でもやれることはやれるのではないかとまず思います。

左側のほう、侵食が問題になるのはセグメント1か2-1ですごく深刻なことから、そこに絞ればいいのではないかと思います。



(諏訪・スライド26) もう一つ重要なのは、左側の人家があるところで破堤が発生したら、健全な人も犠牲になるということなので、こういうところで破堤が発生することを避けられるように頑張るべきだと思います。

(諏訪・スライド27) これはちょっとバブリーだというご意見もいただいたのですが、何だろうな、バブリーとはいえ、将来最終的にどういう姿を目指すのかというのは、あった方がいいのではないかと私は思っています。もし国の投資を待つという立場を取るならば、どうしても優先順位がついて、なかなか最後まで順番が回ってこないという場所も出てくるわけです。あるいは上下流バランスで、どうしても人口が少ないところで氾濫を我慢してくれとか。もしそう言うのであれば、我慢するところに対して被害を軽減する何らかの手段を用意してあげる必要があって、そういうときに左側の図のようなたたき台の絵を基に話をしていくということやはり大事で、こういうことをやる必要があるのではないかと考えています。

(諏訪・スライド44) それからあともう一つ、住まい方の話です。これは秋山川というところで、地盤高に差があると氾濫した後の復旧が違ったという話なのですが、これは伊勢湾台風とかでも知見として得られていて、少しでも地盤が高いところに家があるということはやはり大事なので、そういうとこ

ろへ誘導するというのは今でもやる必要があるのではないかと。なので、技術開発は技術開発でやる必要はあるのかもしれませんが、まずやれることをやりましようと思っています。

(諏訪氏・スライド45) それから許可工作物については、特に堤防満杯とかになってくるとすごく効いてしまう。しかも壊れたら困るからということで、がっちり造ってあったりしますから、超過洪水が来たらどうなるかということ、天野所長の質問への答えではないのだけれど、こういうところのシミュレーションを共有することが大事なのではないのかなと思います。

すみません。ダイレクトな答えになっていないのですが、とにかく、技術開発のせいにして先送りするなと言いたいです。

天野 どうもありがとうございます。

それでは、次に福島室長にお願いしたいと思います。堤防の壊れ方というのが結構やはり最終的な水害リスクの評価にもつながってくるということで影響が大きいと思うのですが、お話の中で、フラジリティカーブという概念をご説明されたところですが、とはいえなかなか造るのは大変であると。

それから諏訪さんの発表の中で、評価がなかなか不確定とはいえ、大きな差があればそれはそれで予測の大まかなものというのは出るのではないかと、お話しもあったかと思いますが、そういう意味でいろいろな批判はあると思うのですが、フラジリティ



カーブのような考えをいかに進めていくのかということについて、お話をさせていただければと思います。

最終的に堤防がどこかで壊れてしまうとしても、賢く壊れるというところを目指すのかなというように思います。フラジリティカーブの持っていき方と、それを踏まえて、堤防を最終的にどうデザインするのかということについてお伺いできますでしょうか。

それも含めて、まとめていただければと思います。

福島 どちらかという前半の方の質問への回答が中心になるかもしれないのですが。後のほうは少し難しいなと思っていて。そんなに簡単ではないなと思うので。

フラジリティカーブについては開発しなければいけないということで、田中先生からもご指摘をいただきましたけれども、そんなにすぐにできるものだとは思ってなくて。しかも浸透だけではなくて浸食についても、例えば東日本台風のときに千曲川で被災した上田地区の堤防は、もう少しで決壊に至るところまで、破堤までは至らなかったのですが欠損まで至ったところですね。ああいうものも本当はどのぐらいなのか。堤防のフラジリティという言葉を使いましたけれども、堤防の実力を知るといえるのでしょうか。やはり浸食についても同じように、ここまでだったら大丈夫だぞということが分かるようにする技術を考えていく必要があると思っていますところですね。そこに向かって皆さん頑張りましょうということで今日はお示したところですね。

もう少し簡単に、例えば過去にここまでの水位、ハイウォーターにプラス1mまでは経験している堤防だから、そこまでは頑張れるのではないかと。当面はそういうものでもいいと思います。試しながら、よりその堤防のことをよく知っていくという作業をしていく。

先ほど諏訪さんから、技術開発ではなくて、すでに分かっていることでやっていくのではないのかと

いう話がありましたけれど、分からないからやらないのではなくて、少しでも堤防のことだとか、川の、河道の水位がどうなるのかを。粗度係数が分からないから粗度係数を設定しないのではなくて、粗度係数は手引きに従って取りあえず設定してやっている。やっていく中で分からなければいろいろ見直してやっているというのが現場の実態ですね。何というか、やっていく作業を永遠にやり続けなければいけないのですけれど、最近はそれが結構ルーチン化されていて、手引きに従ってやっていますというだけの人が増えてきてしまったのかなと思います。手引きに従ったから合っていないのではなくて、それが何で合わないのかを考え続ける姿勢が大事なのかなと思っています。そういうことをやっていきましょうというのが、結局は技術開発につながるのかなと思っています。

将来像は、すみません、そんなにすぐ見えてこないですね。以上です。

天野 どうもありがとうございます。

私はちょっと現状に疎かったのですが、そういう意味では、先ほど諏訪さんからマニュアル主義みたいなものはいけないというお話もありましたが、そういうことにもちょっとつながるところかなと思いつながりながら聞いていました。

最後になりましたけれども、武内主研からの水防団のお話で、地方と都市でずいぶんキャラクターが違うと説明いただいたところですね、避難の



きっかけのところで周辺状況の変化があるということでしたので、その辺のお話をしていただければと思います。

あと、最後のところで、いろいろな新しいシステムをつくられたということなのですから、もちろん現在リアルタイムで使うと思うのですが、例えば今日、川崎さんや井上さんからお話のあった予測システムと申しますか、事前にシナリオをつくって、それに合わせてこういったシステムでいろいろな訓練をする。事前演習にも結構使えるのかなと思いつつお話を聞いていました。

そういったことも含めて、先ほどこれは覚えておいてほしいと言われた「周囲の状況の変化」のことを含めてお話しいただければと思います。いかがでしょうか。

武内 水防活動の観点からと避難の観点と、ちょっと分けて説明をします。

まず水防活動の観点なのですが、ご指摘のように、システムでうまくシナリオをつくって事前演習するというのは、確かにその通りですね。正直あまり考えていなかったことでした。私が今後必要な技術開発は何だろうと考えてきたのですが、その話と通じるなと思ったので、今取りあえず考えてきたことを説明します。

まず、地域の側から見て次にどこで何が起こるかというのをある程度絞り込んでいる状況にあるということが、実は重要なのではないかと感じています。そう思った理由は主に3つありまして、まず1つは心理的なお話です。

危機対応時に、あれもこれもどれもこれも全部起こるかもしれないとか、次に何が起こるか分からないみたいな状況において、果たして人はちゃんと判断できるのかというのがまずあります。恐らく判断できないと思います。僕などは、矢継ぎ早にばーっと指示を出されたときに固まってしまうようなこともよくありますので、そういうことが起きる人も恐らくたくさんいるでしょう。そうなると対応が後手に回って、結果として地域の安全に寄与しなくなる

というようなことがある、ということが1点目。

2点目は、先ほど活動の実態を説明しましたが、地方部では地域の被害の起こり方を熟知しているということをお話しました。「これはもしかすると」と思っているのですが、次にどこで何が起こるか、起こりそうなのかということ絞り込んでいるからこそ、自律的に判断したり活動できているのではないかと感じています。

3点目ですが、数的な制約です。水防団員が減っているということをお話しましたが、ここであそこでもまず活動させましょうと判断して、念のためここも巡視させましょうというような、「念のための活動」がもはやできないような状況になっているだろうというように思っています。

諏訪さんが前回の発表で話された『七人の侍』にも通じる話かなと思っているのですが、以上の3点のように、心理的にも、水防活動の実態からも、数的な制約からも、次にどこで何が起こるかというのをある程度は絞り込める技術というのが今後必要になってくるのではないかと感じています。

その技術とは何なのかというのは、まだはっきりとは分からないのですが、大きく2つあるだろうと思っています。1つ目は、川崎さんが触れたような予測のお話です。予測の精度で起こることを絞り込むというお話と、それだけではなくて、実際に絞り込まれる場を創出する。つまり何なのか、氾濫の起こり方の制御に関するハード的技術のようなものがあるといいのではないかなと思っています。それがまず1つ目の、水防活動の観点からです。

2つ目の避難なのですが、先ほど説明で、避難のきっかけとして周囲の状況の変化も重要であるということをお話しました。これはどういうことかというと、目の前の変状を見て明らかな危なさを具体的にイメージすることで、人は逃げようと思うのだということを示しているのだと僕は考えています。

前回の福島さんの発表の最後の方で、霞堤の後ろ側に二線堤を置くことによって少しでも逃げる時間を確保しようではないか、切迫した状況でもそういう場を創出しようではないかという研究を一緒にやったのですけれども、先ほど示したような、目の前で危ないことが起きて初めて逃げようと思うという人間行動の特徴というか性質を踏まえて、逃げやすい川づくりの技術開発を企図して行った研究なのです。つまり、危ない、逃げようと思わせながら、安全に逃げる環境を一定時間確保するというような考え方です。

これは数年前に、たしかリチャード・セイラー（米シカゴ大）教授だったかな、ノーベル経済学賞を受賞した先生がいるのですが、受賞した研究で「ナッジ」という研究がありまして、実はナッジ研究というのが逃げやすい川づくり研究の大きなヒントになっています。どういうことか。ナッジとは何かというと、肘で脇腹をつんつんとつついたり、そっと押して動かしてあげるようなイメージを持ってください。

このように、いざというときに地域の人々の行動を誘発するであるとか、人々の自発的行動をアシストするといったような、ハード的な河川技術も求められているように感じております。

以上です。

天野 どうもありがとうございます。

（スライド3）次の話題に進ませていただきたい

● スライド3

2. 技術の実装に向けて必要な事項

- 1. での議論を踏まえて、開発された技術を社会実装（活用）するためには、種々の課題が存在する。
- **社会実装に向けて、どのような課題があるか、さらにこれら課題を解決し、実装していくために必要な事項とは何か？**
- 技術を活用する主体としては、河川管理者、自治体、住民、企業、水防団を想定する。
- 技術の特性の応じて活用主体も種々だと思われる。水害リスク情報を確に上記主体に伝えて活用してもらい、リスクコミュニケーションの視点も入れて議論いただきたい。

と思います。技術の実証に向けて必要な事項ということで、今それぞれ6人の講師の方からお話いただいた技術開発。あるいは技術開発というより、諏訪さんからもお話がありましたけれども、もう技術の実装に向けてそれをするべきではないか。というところで、制度面も含めてということかもしれませんけれども、それぞれ河川管理者、自治体、住民、企業、あるいは水防団を想定したときに、今後の実装に向けて、技術開発だけではなくてこういうところも一緒に進めるべきではないかということも、もちろん技術開発も含めてで結構ですので、今後、実装に向けてどういうことが必要なのかについて、田中先生からまた順にお話しただけないでしょうか。

田中 私のほうで氾濫流制御のお話をしましたが、今後、どのような氾濫形態であれば地域が受け入れられるのかという、鍵というのでしょうか、メリット、デメリットが両方見えるようなことを考えていかなければいけないと思っています。それで、例えば拡散型のような氾濫だと上下流バランスでは大きく差がでてしまって、上流側にデメリット、下流側にメリットがでます。上流が下流のための犠牲になっているように受け取られる対策はなかなか難しいだろうと思います。

そうすると、例えば貯留型の氾濫が起きるようなところで、どこが切れるか分からないというときに、全てが平等というか同じくリスクを負っているようなところで、では、みんなが納得できるようなものとして、ああいう低い阻害線であれば少なくとも浸水深に大きな影響を与えず、しかし到達時間に差が出れば緊急避難の時間が稼げるだろうというような観点で、まずは少しやってみたということですね。

それ以外にも、例えば先ほどの支川の氾濫で二線堤という話は、ウォータークッションみたいな形で浸水はさせるのだけれど、でも逆に、その辺りで越水した場合はほかのところよりも決壊しづらくするというような。あるいは、そこに浸水させることに

よって、その町になかなか避難所を確保できなかったのが避難できるようになるとか。何かメリットといたのでしょうか、何らかのメリットが同時に見えるような形でやっていると、少し議論が先に進むのではないかなということで、そういうものをお見せしました。

先日の水工学講演会で、田んぼダムの研究をしている人が最近増えました。それでみんなどういことをやっているかという、田んぼダムをつくれれば本川の流量が減ります、水位が減りますということで、視点がまだどうしても河川の中だけしか見ていないのです。

その田んぼダムも、畦畔から越水するような洪水まで対象としているのに、田んぼダム側でどんな変化が生じるかというのを見ていない人が多いのです。ですから流域で貯留を考えるのであれば、流域側でどんな変化が生じるかということも含めて研究していく必要、解析していく必要があるかなというように思います。

天野 ありがとうございます。田んぼダムの辺りの話というのは特に非常に重要なお指摘だと思いがら聞いておりました。

では川崎さん、お願いします。

川崎 私が話をさせていただいた洪水予測技術の実装の関係なのですが、そもそも洪水予測技術、洪水予測を洪水予報の業務に使うというようなことというのは、実はどこに位置づけられているのだろう。

通常観測を使って、例えばこの観測値が超えたらこういうようにやるのですよという、そういうようなスキームは位置づけられている。いろいろとあるのですけれど。洪水予測技術というもの、洪水予測をした情報の使い方のようなものが全くどこにも位置づけられていないという状況から、ではこの開発した技術は、どうなったら社会実装と言えるのだろうかということころは、実はまだ少し悩んでいるところでは。

例えば洪水予報の業務規程のようなものも実は存

在していない。そういうものをまずつくっていく必要があるのかなと感じています。技術ということでは、洪水予報に使用する情報はこういうつくり方をしますということころから含めて、洪水予測の手法を「標準的なものはこういうものです」という標準化すらも実はされていないわけです。

先ほどもいろいろと説明した通り技術開発はされていっている、まだいろいろと動いているのですけれど、いったんここでちょっと標準化を。標準的なものというのを押さえた上で、それをメンテナンスしていくとか改良していく。しかも今、役割分担としては、例えば洪水予報をやるのは各河川事務所です。河川事務所が恐らくその情報を使うとかあるいは作成するという責任を負っていると思うのですが、標準的な手法全てをそこに導入するかどうかを考えていく、次の新しいものが出たときにこれはどうなのだろうといちいち考えていくというのは、あまりに非効率だし非現実的かなと。

やはり標準的なものを定めて、それを将来にわたって一元的にメンテナンスをしていくという、そういう仕組みをしっかりと構築していくということが今後大事になってくるのではないかなと感じています。

以上です。

天野 どうもありがとうございました。そういう標準化を誰がするかということも含めて大変なことですね。

川崎 ただ、先ほど諏訪さんからもお話があった通り、あまりそれをすることで硬直化してしまうと（よくない）。また一方で技術はどんどん進んでいっている、そのうまいつくり方とかそういうところも模索していかなければいけないかなということ、先ほどのお話を聞いていて思いました。

以上です。

天野 どうもありがとうございます。

それでは、井上室長、お願いします。

井上（発表スライド9）（先ほど説明した通り）リスクマップというか、リスク情報を、あるいは減災対策の効果を見える化していくことが大事なので、そこはデジタルテストベッドで手法とか見せ方とかの工夫をしていくのではないかなと思います。

この右上の、いわゆるリスクマップですけども、それをつくること自体も大変だし、あるいはそれを理解していただくのも大変なので、3D表示のようなもので合意形成を円滑化することが大事であろうことから、そういう近年のDXとかをいかに融合させて効率よくやっていくか。

さらには、それをつくること自体といいますか、リスクを表現するといいますか、その手法自体にも解析の技術の効率化が大事かなと思います。そこにデジタルテストベッドが出てくるということです。

天野 ありがとうございます。そういう意味では、新技術のフル活用というところですね。

では諏訪さん、よろしいでしょうか。

諏訪（発表スライド542）私がいろいろやってきて思うのは、やはり現場で起きたことの解釈が一番の教師というのでしょうか、教訓だということを強く感じています。それを共有できると本当にいいと思うのですが、共有しようとする、失敗した人が傷つくとか、そういうことがすごくハードルになります。

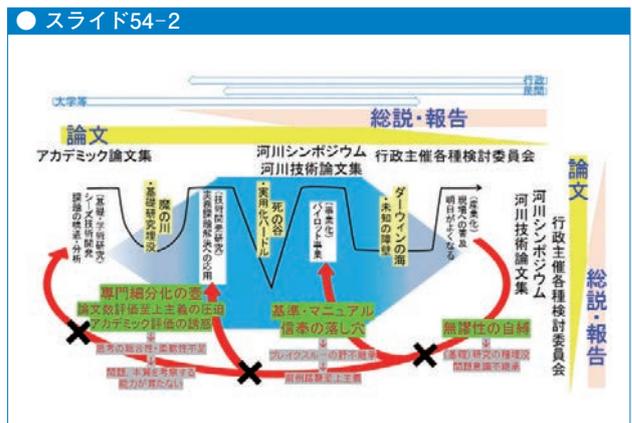
この図では、右下に「無謬性の自縛」と書きましたが、無謬性、失敗したことを公表されたり広め

られたりすると誰もが気持ちよくないので、そういうところはすごく壁になっています。なかなかまだ私自身克服できていません、というのがあります。

畑村（洋太郎・東京大学名誉教授）先生が「失敗学」というのをやられていまして、「失敗（知識）データベース」を公開されているのだけど、あまり（データが）増えていないのかなと私は思っています。思うに失敗学だけではやはり駄目なところを言われているだけなので、失敗を克服したという「克服学」のようなもののデータベースをつくるというのが一つの道かなと思います。

あと、この図で真ん中のところに「ブレイクスルーの」壁として、基準・マニュアル信奉の落とし穴があると、その結果ブレイクスルーの肝が不継承になると私は書きましたけれど、ブレイクスルーするのは既往のもの延長ではなくて、考え方を変えたときになるのかなと思います。コロンブスの卵とかもそうだと思うんですけど。なので、そういうものの、今度は「成功学」なのでしょうか「ブレイクスルー学」というのか、そういうもののデータベースをつくるのも一つの道かなというように思います。

それから私は、自分の実家が自然堤防の上だったので、自分の家の側が遊水地みたいに使われていたこともあって、先ほどの「上流で溢れてくれたら下流が助かる」ようなことになったときの、上流の気持ちにどうしてもなってしまうんですけど、そこで、希望というのでしょうか。そういうものが



大事なのですよね。

なので、希望が持てるようなことや手段がある必要があって、そのときに政府の資金提供というか政府の投資を待っているだけだと、今までの歴史を見ていると絶対にまた都市域が大事とかいうことになるので。

どうしても後回しにされがちなところで、何らかの希望が持てるような手段がやはり必要です。そのときに普遍的な対策ではないのですけれど、広村堤防とか、そういう民間で（インフラ整備を）やっていた時期もあるんですね。幕末だと、幕府なども金がなかったですからね。そういうときに地元の金持ちが金を出したりということもありますし、最近も浜松で防潮堤を造るときに一条工務店が資金を提供したという話もあるので、そういう道をつくるというのもあると思います。下流が便益を受けるのなら、下流の方が少しでもお金を出してくれたら、上流の方もちょっとは感謝されたら、フリクションも緩和すると思うのですよね。そういうことを考えたらどうかということですね。

その2点を述べさせていただきます。

天野 どうもありがとうございました。

失敗の克服ということが重要だというお話は全くその通りだと思うのですが、航空機事故などでも、日本だと刑事責任のようなものが先行してしましますが、アメリカなどでは、刑事責任というはある意味、免責にして、本当にその（事故の）原因を追究するという、そういう文化があると思います。そこまでやるかどうかは別にして、ちょっとそれに似ているなと思いながら聞いていました。そういう技術の向上のために、せっかくなら言い方が悪いのですけれども、ネガティブな経験を生かすことによってそれを昇華させるというか、そういう考えもあると思うのですけれども。そういう方策があるかどうか。何かお考えがあれば。

諏訪 一番思うのは、これは本省が頑張してほしいのですけれど、瑕疵と責任が及ぶ法律（国賠法）があるじゃないです。あれ（国賠法）も（超過洪水時

の減災対策に）及ばないように何とかできないものかな（適用範囲を限定する、非常事態宣言時には適用外にする等の改善ができないのか）と思います。

計画高水位以下でなる（破堤する）ものの責任については仕方ないのですが、それを越えたところについてはもう及ばないと明確にしてもらおうとか、そういう工夫をしてもらえれば、随分と（減災のための措置・工夫の導入を）ポジティブにできると思うので、何かそういうことはできないのかなと思います。

あと、反対派の、治水事業に反対の人すら、日本の（水害に関する）損害賠償制度は（海外に比較しても）特有だと言っているのだから、その特有さをもうちょっと強調して、これは医療事故とか交通事故、そういうこととも共通すると思うのですが、そういうところと連合を組んで、一定の水準より上のところは免責だとかという制度をつくれなものかなと思うところです。

天野 ありがとうございます。

それでは、福島室長、お願いします。

福島 技術の実装についてということなので、端的に、技術基準にしてしまうのが一番早いのかなと思っている一方で、「いや、技術基準に拠っているから（問題ない）です」みたいな考え方をしてしまうというのはちょっと問題だと思っているのですけれども。最近、河川砂防技術基準をちょっと定期的に見直そうという流れを平成24年以降ぐらいにつくってやっておりますが、設計編で言えば平成9年以降見直されていなくて、そのまま置き去りになっている。

水害リスク、例えばまず水位だけでも見てしまおうということを技術基準にしてしまおうと思ったときに、それをそのままずっと使っていたらいけないと思うのですけれども、定期的に見直すという前提があれば、技術基準にしてやって、それをみんなで使ってみてどうだったか。その結果を踏まえてまた見直すということができるので、定期的な見直しと

いうのを、やはりどんな基準に対しても取り入れていくべきではないのかと思いました。

そうすることが実は技術の実装も「まずは試してみよう」だったらすぐにパッと簡単にいけるので、そういうやり方ができるようにしていくというのもありかなと思いました。

そういう意味では、河砂基準を最近、標準の考え方以外にも推奨だとか例示だとかを入れて、いろいろな新しい技術を取り入れやすくしているという流れを本省がつくってくれているので、そこは非常にいい流れなのではないかなと思っています。技術基準を毎年毎年見直してどうするんだという話で皆さん大変なのかもしれないのですが、その都度やはり、なぜその技術基準がそう書かれているのかを考えるきっかけにもなりますので、非常にいいことかなと思っています。引き続きわれわれとしても、そういう流れをつくっていこうというのが一つの方法かなと思いました。

以上です。

天野 ありがとうございます。

ある種その基準をつくって、それで終わってしまうみたいなのが往々にしてあります。あくまでも手段であって、どちらかというところとアクティブな基準化というか、そういう体制が取れるといいなというところですね。

ただ、やるのは結構大変そうな気もするので、ぜひ進めていけるといいなと思いつつ、世の中結構いろいろとうまくいかないところもあるので、そこをぜひ福島室長の腕力で変えていただければと思いながら聞いておりました。よろしく願いいたします。

では最後になりましたけれど、武内さん、お願いします。

武内 僕は水防活動の実態を根掘り葉掘り聞いてきたという経験と、あと、システムをつくったという経験からちょっとお話をします。

結論としては、技術開発とか実装に当たっては、「軸足をどこに置くのか」ということが一番大事な

のかなと思っています。

実は私は、大雨洪水という河川管理者側が携わっている内容と、地域の対応というところの接続部分を、この水防活動研究によって結構やってきたという自負が自己評価ですがありました。その上で、ニーズをちゃんとくみ取ってシステムをつくったという経緯があったので、割と自信作ではあったのです。

実際に使ってもらおうと、案外僕らがいいと思っていた機能が、別にたいしたことないと言われてたりとか、視点はいいのだけれど片手落ちだよねというようなことをずけずけ言われるわけです。実際に使っていただくのですね。そうしたときに、実際の使い手との対話とかキャッチボールが全然足りていなかったというのを、今、ものすごく反省しています。

例えば予測の技術であるとか、河川管理者側の軸足だけで、先ほどほかの方が言ったようなお話のあり方を考えていたら、多分同じようなことが起きてしまうのではないかなと思っています。

従って、従前の位置に軸足を一定程度残す必要はあると思うのですけれども、それだけではなくて、使い手側、活用主体側にも軸足を置くようなことが必要なのではないかなと思っています。

以上です。

天野 ありがとうございます。

特に水防活動のシステムですから、利用者が活用できてこそというところで、今回新しく開発されたものというのが、技術的新規性もあるのだろうけれども、そういう対話に基づくものであるということが実装に向けて進める上でよかったという理解でしょうか。

どうもありがとうございます。

(スライド4) それでは、ちょっと慌ただしくて申し訳ないのですけれども、最後の課題、話題になります。今、流域治水という言葉もいくつか出たところもありますが、流域治水という枠組みはいろいろ

ろと出てはいるのですが、実際のところまだ議論の軸とか、先ほど田んぼダムのお話もありましたが、一体これがどこに役立つのかとか、そういったところの整理というのがなかなかうまくいっていない部分が残っているのではないかと考えています。流域治水そのものの理解も、多分3人いれば3人も違う、100人いれば100人も違うというような状況だと思うのですが、そういった状況の中でいかに効率的に、効果的な対策を進めていくかという観点で、技術開発、社会制度の改善という両面からお考えになっていることを、フリーディスカッションという形で議論いただければと思います。

それと、今回の一連のセミナーを通して、ぜひここは言っておきたいというようなことがございましたら、そういったものも含めて、田中先生からお願いできますでしょうか。

田中 行政は、というか、大学もそうなのですけど、やはり流域全体の幸福を考えがちなのですよ。

先ほど福島さんからトップダウン、ボトムアップの話がありましたけれど、トップダウンだと、必ず上下流バランスの問題が出てきて、リスクコミュニケーションがなかなか難しくなるので、ボトムアップ的な考えはやはり必要だと思います。今、氾濫解析の技術も上がっていますから、いろいろなメニューを出して、それぞれの地域がそれぞれに適した貯留の仕方や、氾濫の受け入れ方を選択できるようにする。それぞれの地域で頑張って、最終的に河

川の流量が減るといのでしょうか。逆の発想なのかなとちょっと思っています。

ある意味では、中央システムではなくて、まさに分散システム的な考え方ですね。

そういう意味で、そのときに流域でどの程度分担させるか、流域でどの程度分担してもらうかというのは恐らく目標値もいるでしょう。そのときに流域で分担してもらうものを治水目的を前面に出してしまおうとよくいかないで、グリーンインフラであったり、SDGsとかカーボンニュートラルとか自然再生とか、要はほかの目的で必要なものをどんどん導入して行って、結果として流域の分担量が増えて、河川の分担が減るような方向を目指すべきではないかなと思います。

流域治水というと、農業にかける負担というか、どうしても人の命を避けるためには農業に（負担が）いきます。それも受益者と負担者が違ったりするとよくいかないと思います。なので、農業だけに（負担が）いくのではなくて、都市の家屋や企業が何か貯留で貢献する仕組みを考えていく必要がある。もしそこがなかなかうまくいかない場合には、都市から農業に税金が還元される仕組みと一緒に考えていく。そのようにやっていかないといけないのかなと思います。

取りあえず、そういういろいろなことを考えて、一つ一つは小さくても、集まれば最終的に大きくなるような分散的なシステムといのでしょうか。何かそういうかたちで本川側を減らすようなつながりが必要なのかな、と私は思っております。

天野 どうもありがとうございました。

今、田中先生がご指摘になった「流域治水」とは言っているのだけれども、治水以外の機能だとか目的というのも考慮すべきではないかというのは、まさにおっしゃる通りだなと思いましたし、逆に言うとなんか環境面にすごくよくて、治水はほとんど効かないけれど、流域治水のメインになっていると。

治水だというと、ややもすると否定しがちになるのですけれども、ある意味そうけちなことを言わな

● スライド4

3. 水害リスクを真に低減する流域治水を実現するために必要なこと

- 水害リスクをゼロにすることができない以上、防災・減災対策を進めても水害の発生は起こりうるものという前提で、対応を進める必要がある。
- 水害リスクを真に低減する上で、流域治水の控組みはどうあるべきか？
- どのような課題があるかを踏まえて、今後進んでいくべき方向性は？技術開発、社会制度の両面から議論いただきたい。

いで、流域にとって治水以外の面でいいものがあれば、それは積極的に評価する。そういう考えもあるのではないかと、というようなことでよろしいでしょうか。どうもありがとうございました。

では、川崎さん、いかがでしょうか。

川崎 流域治水の社会制度とか枠組みというところは、私はあまり明るくないのですが、技術開発とか技術の面から考えますと、今、流域治水ということで、氾濫域とか流出域を含めて、いろいろな対策のメニューといいますか、アイデアのようなものからかなり実弾に近いのではないかなと思えるようなものまでたくさん出ている、ロングリストがあるというような状況だと思います。先ほど申し上げましたが、いずれの対策も、流域の水害リスクにどのように影響しているのかということをやはりきっちり計量した上で、的確な対策を進めていくようになってほしいと思います。

そのためには、いろいろな降雨外力とか境界条件下で、どのように水が流域内で振る舞うのかということについて、やはり精緻な解析が必要になってくると思います。

モデル開発で、例えば田んぼダムであるとか、一部国総研でも携わっているわけですが、効果をきちんと定量化するようなモデルの開発というものも進められています。いずれそういう各メニューの効果、影響を図るようなモデルが統合されていって、流域全体としてのリスクがどのように変化しているかということを経験的に知ることができるようになってくるのではないかと、そういうようになってほしいと思います。

先ほど紹介がありましたデジタルテストベッドというものがありますけれど、ああいう中で産学官連携して、そういうようなモデル開発がうまく進んでいけばいいのではないかなと思っています。

以上です。

天野 どうもありがとうございました。

それでは、井上さん、お願いします。

井上 (発表スライド6) 私は、土木技術者は公益性を大事にしていかなければいけない特性を持つ技術者だと思います。流域治水を考える上で、あらゆる関係者として、国家とか社会とか、世界も含めてなのでしょうけれど、そういう社会をどうしていくのかという大局的視点を持つことが大事だと思います。

本日はコンサルタントや民間企業の方の参加が多いわけですが、例えばコンサルの人たちが受注した業務の範囲内のことだけを考えるのではなく、それが例えばリスクマップの業務を受注しているのであれば、リスクマップをつくることを目的化するのではなく、大局的にはそうしたことを通じて流域治水を進める、あるいは国家のマネジメント、もっと言うと気候変動にどう対処するのかという中での、リスクマップの業務に今は取り組んでいる。気候変動に対し、国家として、あるいは社会として、世界として、あるいは一技術者として取り組んでいるのだという、そういう大局的な視点を持つこと。当該業務の中で流域治水のビジョンをしっかりと持って、役割分担の中で目の前のことをやることが大事だと思います。

社会的な面で、諏訪さんなどがおっしゃった制度などについては、本省でいろいろ議論はされているわけですが、そこにわれわれが研究者的な立場として、技術的な根拠を示していけば、そういう制度も動いていくと思います。

繰り返しになりますが、流域治水として、あ



るいは社会として、どういうものを目指そうとしているのかを分かった上で、そこにどう技術的なアプローチをしていくのかを持っておくこと、つまりビジョンを持って今与えられている業務に取り組むことが大事かなと思います。

天野 どうもありがとうございました。

それでは、諏訪さん、お願いできますでしょうか。

諏訪 決して噛みついていないつもりではないので誤解しないでいただきたいのですが、田中先生は上下流バランスになるとなかなか大変になるのだという言い方をされていたのですが、そういうある種見たくない現実かもしれないけれども、それはやはり共有すべきだと私は思うのです。痛みを受ける人と、その結果利益を受ける人というのはやはり両方が見たくないかもしれないけれど、知ることには必要だというように私は思うので、そういうものの見える化は大事ではないかなと思います。

フリクションが増えるかもしれないという心配は分かるのだけれども、でも、そこで示さずにいったら、また技術が進歩する芽を摘んでしまうのではないかなと思うものですから、そこは逃げてはいけないのではないかと、こう思うということです。

それから結果、破堤とかがあったときに、破堤した場所が被害、痛みを受けたおかげで助かった地域もあるということも示していくことが必要ではないかなと思います。誰が示すかというのは大事なのですけれども。河川管理者が示すのは（反感が増幅することを懸念して）抵抗があるかもしれないので、そこは別の人が示すとかということになるのかもしれませんが、そういうことから始めないと、なかなか解けるものも解けないのかなと思うものですから、まず、そこは逃げてはいけないのではないかなと思います。すみません。ちょっとそれだけ言わせていただきます。

天野 ありがとうございました。

討論というわけではないのですが、今そういう議論があり。例えば田中先生とか、井上さんと

か、今の諏訪さんのご指摘も非常に重要だなと思います。ある意味真実、本当に何が真実かということも分からないところもありますけれど、事実に基づいてやるべしと。

その中で、ただ、選択することとしては、やはりなるべく痛みが少ないものを選ぶというところだと思うのですが、そういう点においては、今、田中先生の言われたこと、井上さんの言われたこと、諏訪さんの言われたことは、必ずしも対立するものではないなと思いながら聞いていたのですが、そういう理解で皆さんよろしいでしょうか。

どうもありがとうございます。

では、福島さん、お願いできますでしょうか。

福島 流域治水の前によく「水防災意識社会再構築ビジョン」と言われていて、そちらの方がもしかしたら流域治水の基本的な考えなのかなと思うと、いろいろな関係者が自分のこととして治水を考えると、そこをどれだけやっていけるかからなのかなと思います。

先ほど武内さんから氾濫したときの霞堤の話もあったと思うのですが、河川整備は地域の重要度に応じて整備水準が変わりますので、ああいうところは当時から、そこまで手厚く守られていないと。地域が守らなきゃいけないときに、やはり自分たちで守っているのだと思うのです。霞堤を開けて徐々に水をあふれさせて、その上流側の堤防からは絶対切れないように。粘り強い工夫をしている。自分たちはその堤防を守っているという。なので、こう言ったらいけないのかもしれないですけど守り過ぎてしまう。その重要度に応じて守る水準を、100分の1からどんどん上げていくというように行かない方がいいかなと思っています。たびたび人が亡くなるような被害はいけませんけれども、ある程度のところでそこそこ浸水した方がみんな意識を持って、水防とか治水に当たるのではないかなと、そういうことを考えます。

恩恵を逆に受けられるかもしれません。前に行った富山の方ではちょっとした水害で作物が駄目に

なったかと思ったら、今年はずごく取れたみたいで、そういうこともあると。恩恵もあると。

そういうことを頻繁に気づかされていると、実はちょっとあふれるということで流域治水がうまくいくとか、そういうことを意識しないと、急に100年に1回の洪水が本当にやってきてドカンとやられると、すごくたくさん死んでしまうので、そういうことにならない方がいいかなと思っています。そういう世界をつくっていったらいいのかなと何となくそういうイメージを持っています。

以上です。

天野 どうもありがとうございました。

まさに被害というものを考えたときに、高頻度で低被害というのと、低頻度で高被害という両極端は、リスクで掛け算してしまうと同じ値になるのかもしれませんが、その質の違いで、多分地域によって受忍のされやすさというのが違うと思うのですけれども、そのリスクの質みたいなものの議論ですかね、必要なのは。どうもありがとうございました。

では、武内さん、お願いします。

武内 僕は、流域全体の水害リスクカーブを寝かせるということと、水防活動の関係について考えながら聞いていたのですけれど。まず、水防活動というのは、自分たちの地域は自分たちで守るよという前提で、ずっと脈々と受け継がれてきた活動技術であるということです。だから、自分たちのところが安全になればそれでいいという前提がまずあります。

その上で、今はそこまでの技術はないのではないかなとは思っているのですけれども、いずれどれだけ越水しようが全部防ぎ切れるみたいな水防活動技術ができたりとか、あるいは「俺らは全員一致で、堤防の天端に土のうを積み続けるぜ」みたいな地域がもし出てきたときに、何が起るかという、そこであふれなかったことによって下流への負荷が増大して、結果として流域全体のリスクカーブというものぐっと立ち上がってしまうこともあり得るのではないかなと思っています。

そういったことを考えると、もしかするとです



が、例えばこの地域は、土のうはこの高さまでしか積まないでね、みたいな一定の規準ですね。クライテリオンの意味で言っていますけれども、そういう規準も将来的には必要になってくるのではないかなと思っています。

一方で、じゃあ、ここまでしか積みませんよと。じゃあ、あとは我慢してねというの、それはそれでおかしな話だと思っています。流域全体のために、そこまでしか積めないという規範というか、基準にのっとって活動した地域というのは、流域に対して貢献もしているということであって、それに対してわれわれ、というか流域全体としてどう報いていくのかということの本気で考えていかなければいけない時代がいずれ来るのではないかというふうに、水防活動の切り口から感じています。

以上です。

天野 どうもありがとうございました。

水防だけではなくて、ハードの整備というのも結局リスクの分布というのを変えることになる。それが社会にとってどういう意味合いがあるのか。それを社会がどう受け入れるのかという議論で、非常に難しいところだと思います。今、6人の講師の方にお話ししていただいた中で、いずれにしても最終的にどこかには被害が起り得るという状況下では、ある意味評価というのができると。こういう雨が降ったときに最初に被害が出るのはここだというのは、ある種分かってくるようなかたちになると思

うのですけれども。いろいろなことをすることによって、またそれが変わっていくというような中で、社会の公平性とか、そういうものを考えたときに、こういう視点というか、公平さというのは、こう守っていくべきではないかというようなことについてお考えがあれば、どなたでも結構なのでお話しただけだと思います。どなたかいかがでしょうか。

諏訪さん、どうぞ。

諏訪 ちょっとご質問とは全然違うのですが、先ほども言いましたけど、被害を受けた後は希望が大事なんですよねということと、あと、現状の資産分布が前提だけで話をしているような気がしていました。希望というのは、その地域の復興みたいな話かもしれないですけど、災害が起きたときに。そういう今後の発展とかを含めたときに、フラジリティカーブというものが、未来永劫同じだということも無いと思うし、ましてや1,000年とか100年考えれば（同じということはない）。

なので、そこは現状を示すときの道具としてはいいと思うのですけれど、そこで固定するのはちょっと狭くし過ぎかなと思います。

天野 現状を出発点にするのもどうかという話も、ある種ものの考え方としての重要なご指摘だと思います。希望というのは、ある意味現状より必ずよくなるという、そういう希望でしょうか。それとももっと別のものでしょうか。

諏訪 いや、そうではなくて、個人的には、被害を受けたからにはその分もっとジャンプアップするような復興をするのがいいかなと思っています。それは撤退（して、例えば、別の土地に移住、高台造成して再建）してもいいのですけれど。そこまで考えないと、ものが解けないのかなというのは、いろいろ考えて、私はそう思います。

ただ事前復興と言ってもそんなに非現実的なことを言っているのではないよとお叱りをいっぱい受けるのですが、そこを考えないとなかなか難しいなと思います。

天野 どうもありがとうございます。

ほかの講師の方でご意見はいかがですか。よろしいですか。

そうしましたら、今、パネリストの皆さんによるご意見についてお伺いしたところなのですが、ここから会場の方も含めていろいろと議論を進めていきたいと思うのですけれどもいかがでしょうか。

会場の皆さまからご質問、特定の講師の方へのご質問でも構いませんし、全体を通して、ご意見、ご質問がありましたら承りたいと思いますが、いかがでしょうか。挙手していただいておりますか。

せっかくの機会ですし、これだけの方に集ってもらえる機会はほとんどないと思いますので、どうでしょう。あまり小難しい話をする必要もないと思いますので、気楽に言っていただければと思うのですが、いかがでしょうか。

たくさんのお話が出たので、ちょっと頭がこんがらがっているかもしれませんが、どうですか。

どうぞ。

小俣 技術的なことで1つ質問を。

特に田中先生とかのお話に近いのかもしれませんが、やはり流域治水を検討していく上で、氾濫の計算というのは基本、ベーシックに非常に重要なものであって、川道の中でだけではなくて、流域の深部で水量をちゃんと出せるようにするということが大事だと思うのですけれども、川崎さんもおっしゃったのですが、一方で、氾濫域の計算結果というのは本当に合っているのかなというのが最近ずっと気になっています。あまり観測と照合した研究というのを見たことがないなということがあります。

先ほど先生もおっしゃった、田んぼダムの効果みたいなものをこれからある程度地域として受け入れていくというような議論をするときに、「この計算は合っているのでしょうか」という素直な質問に対して、ある程度の答えを学術サイズなり、あるいは行政サイズなり、しなければいけないのかなと思う

のですけれども。計算をされている立場から、どういうデータなりがあればそういった検討が進むのか。そういったことに対して、実務サイズなり、あるいはコンサルタントの皆さんなり、こういうデータをそろえていったらいいのではないかというような。また要請のようなこともあるのかなということも思うのですが、その辺のことについて、田中先生をはじめ、パネラーの皆さん、何か思うことがあればご意見をお願いできればと思います。

田中 氾濫解析の検証は確かにあまり。ただ、氾濫域ぐらいでは合うようなイメージはあるのですけれども、本当に時間的な進行も含めて、どれだけ合っているかというのは、なかなか検証した事例はないと思います。

なので、先ほどの田んぼダムのような話も、ある意味で田んぼに水を貯留したのために畦畔からあふれやすくなって、畦畔がボロボロに壊れてしまったら農業サイドからかなり問題があるだろうと思います。

だから、本当にどの程度合っているかというのは、田んぼ以外の水路も含めて、もう少し観測を増やしていくべきなのかなという気がします。

それで、ある程度田んぼからの流出量を、これは恐らく農業土木とかそういうサイドで結構やっていたりするので、そういう人たちの観測結果なども使って、自分たちが持っているようなモデルを検証した上で組み込んでいくことが必要だと思います。そうでないと、負担はしているけど実際に何のメリットもないと。いざ計画以上の雨が降ったら、自分たちの田んぼがボロボロになっちゃった、などと言ったら進むわけがないかなという気がしています。やはり検証はしっかりしていく必要がある。そのための観測網は考えておく必要があるかなと思います。

井上 一言で言うと、合う場合もあれば、合わない場合もあると思います。コンサルタントとか、研究者とか、計算結果を出す側のリテラシー、理解力と、活用する側のリテラシーが大事だと思います。

つまり、今までの氾濫解析、流出解析も含めてですけれども、想定最大とか、あるいは計画規模、L1の計画流量を求めるためにやってきたと思っています。例えばF1、RSA、浸透係数など、あらゆるものがL1とかL2とかを想定して設定されていると思います。だから、今後、リスクマップにしようとする際、既往の大規模水害の実績再現ができたことで、モデルの一定の信頼性を確保せざるを得ないわけですが、それで表される信頼性を、計算結果を出す側が分かっておかないといけないと思います。例えば有効数字3つぐらいまで、例えば1.635メートルとか、センチ単位とか10センチ単位とかに、どれほどの意味があるのかということのをです。

計算結果を出す側が、使う側に説明できるようにしておかないといけないと思います。ここは何ミリの浸水深ですから、あそこよりも安全ですとか、そういう細かな議論にはそぐわないということ。

そういう意味で、合う場合があれば、合わない場合もあって、合わないのであれば、どこまで信頼性が確保されているものなのかというのを理解することが大事なのかなと思います。

諏訪 道具を使う目的次第なのかなと思います。河川管理で本当に裁判をヒリヒリしながらやっているときだったら、再現性の確保はすごく大事だと思うのですが、堤内地で減災の方策を採るときであれば、ぴったり合わなきゃいけないということでもないのかなと、私は思います。

私の経験としては、セグメント1というのは（地形）勾配が急なので流速が大きくて、表土とかが剥げたり（新たに流路形成したり）すると思うのです。だから、シミュレーションもやるのでしょけれども。移動床で本当に農地が剥げるとか、そんな計算までできるようになればそれはすばらしいのだけれど。だから、場所によって大事な現象は違っていると思っています。その整理も大事なのかなと思います。

それから、降雨が今、レーダで相当分かるではないですか。解析とかをやってくれる。だから、一つ

のインプットのようなものはもう分かったという前提でやるのかなと思います。また、洪水の後に調査に行ったら、結局内水と外水が混ざっているから、結局混じったものがある（両者を厳密に分解できない）わけです。堤内地で仮に津波（痕跡調査）のように浸水範囲（外縁の浸水痕跡を）全体に取るとか、あるいは浸水（ボリューム）を取るとかとするとしても、全部を（内水氾濫と破堤口からの氾濫流に分解して正確に）分かるというのはなかなか難しいかもしれないと思います。なので、やはりどう使う目的なのかということの整理も大事かなと思いました。

天野 よろしいですか。はい。

まさに本質を理解できるというのが重要であるところですね。どうもありがとうございます。

では関理事長、よろしくお願いします。

関 今の議論はものすごく本質的です。

流域治水の展開、総力戦という流域治水に伴い、いろいろな種類のリスクという情報が、多様な主体が対象であり、それぞれ主体毎の違う特性に応じたリスクが求められる時代になった。

今までは、構造物を造る、堤防を造る、ダムを設計する。調査、計画、設計、施工ということで、ほとんどのシミュレーション、計算等は構造物の評価が主たる目的だったのですが、流域治水の展開とともに、激甚な水害が頻発する中で、被害を受ける主体毎のリスクに直結する情報が求められるようになってきた。そこで、リスク情報を求めるマーケットというか、自らのリスクに関する情報を求める主体が違ってきているということは踏まえなければいけないのだろうと。

特に、ある種のデータの信頼性、シミュレーションモデルやシミュレーション結果の持つ得意分野、不得意分野が重要になる。どこが得意かということと合わせた信頼性。この薬はこの病気には効くけど、こっちには効きません、こういう副作用がありますというのがリスクです。今まで水害に関してそういうリスクに対する責任は実は負わなくてすんで

きた。リスクに関するニーズが小さいこともあって、諏訪さんが言っていた死の谷、ダーウィンの海っていっぱいあったのです。

ところが、今、リスクの役割が大きくなつ、多様な主体に示していくことが求められるようになり、リスクを評価する側は、被害とりわけ命と直結するような情報を出してということになるわけで、情報に対する信頼性というのが社会的にも問われる時代になってきた。

逆から言うと、リスク評価が社会的にも非常に重要になり、社会的な価値や位置も明らかになることで、社会的評価・やりがいにつながりやすくなってきている。もっと言うと、例えば氾濫情報もリードタイムが正確にほしい人もいるし、最大湛水深がほしい人もいるし、もちろん両方ほしい人もいる。さらに、そういうことを考えていくと、50メートルメッシュでの計算と、100メートルメッシュで計算するのでは精度が随分違うことの意味が変わってくるわけですね。

そういう意味で、リスク情報が、その品質や品質管理情報とセットで世の中に求められている時代になっている。河川管理者向けだけで済んだ時代から、いろんなリスクを背負う主体、自衛のために使う主体が対象になる、そういう時代になり、広がってきているというふうに考えて整理をすることが基本にあるのではないのかと。

世の中には多くの製品があふれています。どれもいいです。どれもいいのですが、どこがその製品の特長でどこに限界があるかという。今、工場で作られる製品でも薬でもみんな品質管理があり、品質が示されます。災害のリスクに関わる、水害のリスクに関わる情報も避難に関わる情報も、こうした時代に入っている、そういう時代に、防災・減災の強化に繋がるといって、いい意味で突入したのだと。

だから、リスク評価に関わっては、ダーウィンの海は小さくなってきていると私は思います。いろいろな主体があるので、オールマイティなリスク評価ではないと駄目な時代ではなくなってきていると、

こんなふうに私は考えております。ぜひそういう意味で、前向きにいろいろな技術開発なり研究を進めていただいて、リスクに関する社会との距離、ユーザーとの距離がものすごく近くなってきているのではないのかと思っております。

天野 ありがとうございます。

今のコメント、意見に対してよろしいですか。

井上さんどうぞ。

井上 (第1回発表スライド9) 第1回のこのセミナーで触れましたけれど、諏訪さんとか、関理事長がおっしゃるとおり、モデルの信頼性というか、モデルの限界とかというのが大事というのは全く同意見です。だから、それを前提に私は出す側とか、使ってもらうに当たってのアナウンスといいますか、留意事項を付すことが大事だと思います。

基本的なことをここに書いているわけですが、過去の水害の実績浸水範囲をきれいに再現できましたというのは、そこまではいいわけですが、想定降雨なり、確率を変えたときの降雨なりをやったときに、結果の持つ意味がどうなのかということ。数値解析には限界があると思います。

自然現象は多様な現象なわけで、例えば真ん中の下にあるように、降雨波形が変われば、台風型なのか、前線型なのか。あとは河口潮位があれば結果は変わり、破堤条件いかにによっても変わるわけです。

解析条件を一つに定めてやっているに過ぎないわけで、あるいはそもそもモデルにも限界があるとい

うことを理解して、では、どういう使い方をするか。例えばリスクの相対比較であるならば、50センチ、1メートルの違いであれば見てもいいと思いますが、2センチ、3センチの比較をするのはあまり意味がない。

このような、データの持つ意味を、出す側がちゃんと分かって、役所も含めてちゃんと使ってもらう側に説明することが大事だと思います。

こういう前提条件は、今来られている方なら誰でも分かると思いますが、そういうことをちょっと言っておきたかったです。すみません。

天野 ありがとうございます。

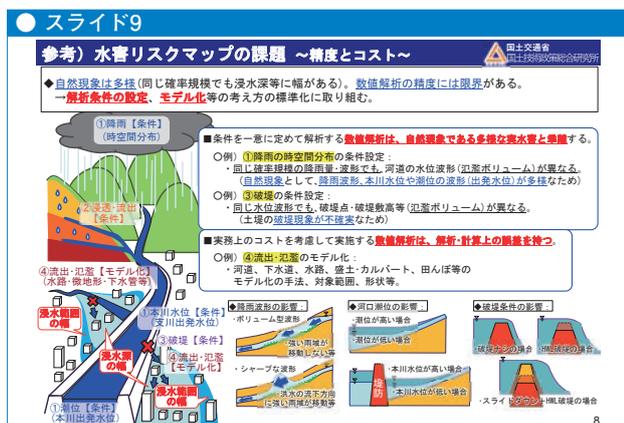
そういう意味では、何でもモデルで全てできるというわけでも当然ないですし、ある意味計算結果を何の解釈もせずに、それで終わりという話でもないということだと思います。そういう意味では、今、関理事長からの指摘もありましたけれども、こういう予測なりをする人自身が、そのモデルの特性とかデータの精度とか、いろいろなことを理解した上で、その結果の解釈を、結果をリスク低減につなげるようにきちんとした解釈というのを一つかませる必要があるのかなと思いついておりました。

どうでしょう。あとお一方ぐらい。

質問者2 国総研、河川研究部長の福濱でございます。河川財団の皆さま、どうもありがとうございます。また、パネリストの皆さま、お疲れさまです。

私はちょっと違和感を持っています。一番違和感を持ったのが、先ほど関理事長がおっしゃった、技術開発をよろしく願いますということ、こちらに向かっておっしゃった。実はここにいらっしゃる方々はみんな技術者でいらっしゃると思います。技術はある特定の人がつくって、それ以外の人は使うという話では当然ありません。

もう1つ言えば、先ほどもパネラーから出ましたけれども、技術のマニュアルというのは絶対のものではない。当然改良しなければいけない。マニュアルをただ使うだけの人になってしまうと、もう世の





中は進歩がありませんので、皆さま方は今あるマニュアルをどうやったらさらによくなるかを考えて提案していく。それをつくった成果を売り込んでいく。コンサルタントの皆さまは、技術を伸ばすことによって皆さまが成長することができる。さらに世の中がよくなっていく。そういったところからの議論を持っていただければ、進めていただければと思ったところでもあります。

ちょっと感想になってしまいましたが、そのようなところですよ。

天野 どうもありがとうございます。

流域治水は総力戦ということですから、技術開発も総力戦ということですね。

とはいえ、国総研というのは、技術開発をリードする主体だと思っておりますので、そういうふうにつけていただければというところです。

どうでしょう。ちょっと言い足りないぞとか。講師の皆さんにあれば。

福島さん。どうぞ。

福島 先ほどの氾濫計算の話は別のところで実態と合わせたことがあるのですが、氾濫計算はそもそも合わないよねというのは、やはり破堤の仕方を見ても割り切ってやっていますよね。例えば、決壊箇所が湾曲部であれば、運動エネルギーを持ったまま溢れ出すので、通常モデルよりも多量の水が溢れ出ていくわけです。だから、どこで切れるかでもちょっと違えば計算結果が違うのに、あたかも計算

が合ったかのように言われますが、既に破堤の状況から違うと言いたいところです。

河川から溢れた後は、また土地の条件、どこまで行けるかで浸水範囲は異なるという話があります。また、もう1点、これはコンサルタントの方をお願いできればと思ったのですが、調査結果が計算条件の調整に大きく影響します。浸水範囲は、区画、区画で区切って調査されているような場合がありますが、本当は違うのではないかというような結果が時々あります。調査によっては、区画ごとに、四角、四角で浸水範囲を記録されたりするので、意外と浸水範囲の調査結果が実際と異なることもあると感じています。国土院の航空写真で撮って、浸水範囲を調べる取り組みをしていますので、今後はそのようなものとの比較も大事だと思います。

余談ですが、あわせて申し上げますと、洪水痕跡調査も、当時はある距離標ごとに、痕跡が怪しかったら多数計測してくれていたのですが、最近は仕様書で決められた量しか計測しないので、1か所当たり1個計測するだけなのですよ。そうすると、その値がどれだけ本当っぽいかわからなくて。でも、それに基づいて洪水計算を行い、計算水位が合っているかどうかを確認し、粗度係数を調整しなければいけない。だから、調査に行かれる方にも、改めて調査結果の使い方を理解した上で行ってもらうことが大事だと思います。仕様書との兼ね合いもあって難しいのかもしれないですけども、調査目的をもう一度調査者の方に伝えていただくと、改善されるのかと思ったところです。

以上です。

天野 どうもありがとうございます。

非常に重要なお指摘だと思います。結局モデルの精度を左右するのは、それを鍛えるデータの精度ということもありますし、自然のいろいろな変化というのは自然なりにやっているわけですから、人間があらかじめ決めて、ここでしか測らないというのも、ある意味不合理なところもある。かといって、それが評価されないと、何だ頑張ってやったのに、

ということになるので。ある意味お互いの信頼関係
というか、技術を進めていこうという、そういう大
きな目的意識というのを共有してやっていくとい
うようなところでしょうか。

どうもありがとうございました。

それでは、これで締めたいと思います。

閉会挨拶（要約）

河川財団 理事長 関 克己

今日まで3回にわたり、河川研究セミナーに御参加いただいた皆様方、本当にありがとうございました。また、講師をお受け頂いた6名の皆様方には、心から感謝を申し上げたいと思います。

このセミナーも今回で10年目になります。河川財団で考えている河川の管理に関わる課題に止まらず、河川の現場を担っておられる河川事務所の方々やコンサルの皆さんのお持ちの課題を対象に、第一線で活躍されている研究者の皆様との意見交換や議論を通じて、課題そのものだけでなく、課題に対する認識の共有化を通じた研究・技術開発の更なる展開を計ることができればと始めたセミナーです。

今日は、これまでのセミナーの中でも河川管理に関わる課題を明確にして頂き、本質的な意見交換・キャッチボールに繋がったと思っています。先ほど河川研究部長からお話がありましたが、河川管理の対象だけでなく、管理に関わる主体も広がってきています。このため、河川管理の強化に向けた取り組みや対策に加え、担う主体毎に方法や手段も異なったやり方がそれぞれのところで組み立てられているという状況も踏まえ、今後の検討や研究に向けた多くの可能性や取り組む意味も共有できた時間になったと思います。

もう一つ加えますと、河川管理の強化に向けて重要なことは、リスクとりわけ水害に関するリスクに基づいた管理が基本ということだと考えます。このリスクについて、誰がどのように評価し、誰がどのように管理していくかということとあわせ、リスクを社会で共有化したうえで対策に取り込んでいく体制・プロセスを組み立てていくことが必要です。

特に、流域治水の展開が進む中で、従来は河川法



の下で、堤防が壊れて、あるいは洪水が堤防を乗り越えて溢れる等の水害を主な対象に水害対策を進めてきた時代が続いてきましたが、これに加えて流域での多様な社会・経済活動を担う主体の水害リスクにも対応しようという時代になっています。双方のリスクを対象とする、両輪のリスクに対応する時代といえます。

流域治水について言えば、今後の展開に当たり必要な基準、価値判断、責任等の社会的なルールを作っていく必要があると思います。従来の河川法の基でのルールは、計画洪水以下の通常の流水の作用に対して安全にしていこうという、最高裁判決を通じて組み立てられた社会的なルールがありますが、流域治水として組み立てていく必要があります。ここでは、水害に対する安全性やリスクを考えて評価し、管理し、社会とコミュニケーションしていくことが必要になります。このため、洪水のシミュレーションモデル等もその評価に関する責任という概念がさらに重要になり、シミュレーションの結果や実現象をどう分析解釈するか、技術をどう適用し判断

するかという、AIあるいはDX時代にあって、AIだけではこなせないところを担う専門家の役割が大きくなり、期待が大きくなってきている時代と考えます。

本日は、こうした観点を含め幅広い視点から議論をしていただきました。皆様方に感謝申し上げます。セミナーでの話題、議論を通じて、新たな提案や意見として提示いただける形で今後に繋げていければと思っています。

改めて皆様方にお礼を申し上げまして、閉会の挨拶といたします。

皆様、本当にありがとうございました。