

令和6年度

河川研究セミナー講演録

—河道変化の評価技術と河道保全—

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、河川に関する最新の調査・研究成果や河川の維持管理に関する技術革新など、河川技術の進展についての情報共有を目的として、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や大学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。

今回のテーマは『河道変化の評価技術と河道保全』です。4名の研究者から、自然および人為影響を累積的に受けている河道を、過剰な土砂堆積による流下能力の棄損や、侵食による堤防の損壊を生じることなしに持続的に管理するための手立てについての研究成果を講演でご紹介いただき、さらに総合討議において河道保全に係る課題や今後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、河川維持管理に係る技術及び研究に関する最新の動向に触れることができる内容となっております。河川分野の実務に携わる皆様に参考にしていただければ幸いです。

令和7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 柄沢 裕子

はじめに

令和7年2月4日（火）

開会挨拶	3
公益財団法人河川財団 理事長 小俣 篤	
趣旨説明	5
公益財団法人河川財団 河川総合研究所 所長 天野 邦彦	
人の暮らしと水辺環境を両立させる河道保全技術の確立に向けて	9
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 板垣 修 氏	
河道特性から見た近年の橋梁洗掘被災の特徴と予防保全に向けて	25
国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ	
上席研究員 猪股 広典 氏	
流砂系と協働したダム堆砂対策技術の開発	35
国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ 水工チーム	
上席研究員 水草 浩一 氏	
持続可能な河道の実現に資する数値解析技術の開発・実装の好循環形成のための 基盤整備	47
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	
主任研究官 田端 幸輔 氏	

総合討議（ディスカッション方式） 57

[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

[パネリスト] 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 板垣 修 氏

国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ

上席研究員 猪股 広典 氏

国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ 水工チーム

上席研究員 水草 浩一 氏

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

主任研究官 田端 幸輔 氏

閉会挨拶 73

公益財団法人河川財団 参事 天野 雄介

令和6年度 河川研究セミナー

日 時： 令和7年2月4日（火）

司会 皆さま、お時間になりましたので、令和6年度河川研究セミナーを開催させていただきます。

私は、進行を務めさせていただきます河川財団の柄沢と申します。よろしくお願いします。

本日はお忙しい中、当河川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。

本日は4名の研究者に「河道変化の評価技術と河道保全」をテーマにご講演いただき、会場の方々と交えまして総合討議を行い、河道管理に係る技術開発の課題や今後の方向性について、探ってまいりたいと考えております。

本日は、国立研究開発法人土木研究所 河道保全



研究グループ グループ長の板垣修さま。同じく上席研究員 猪股広典さま。同じく上席研究員 水草浩一さま。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 主任研究官 田端幸輔さま。以上の4名にご登壇いただきます。

なお、限られた時間でご講演いただき、活発な意見交換ができるよう、講演者の略歴等のご紹介については割愛させていただきますことをご了解ください。

まずは講演に先立ちまして、河川財団理事長、小俣篤よりご挨拶申し上げます。よろしくお願いします。

開会挨拶

公益財団法人河川財団 理事長 小俣 篤

今日は大変お忙しい中、お集まりいただきましてありがとうございます。

私どもの河川研究セミナーは、筑波の研究者の皆さま方にこういった形でご講演いただき、議論に参加いただきまして、私どもの財団が取り組んでいるさまざまな技術課題について知見を深めるとともに、会場の皆さまとともに議論をさせていただいて、今後のさまざまな河川の管理、あるいは河川の政策に反映させていければということで、この数年、取り組ませていただいているものでございます。

今年はちょっと企画が遅くなってしまいまして、例年、秋冬に開催させていただいていたものが、この時期になってしまいました。たくさんの方々にお集まりいただき、感謝を申し上げたいと思います。また、土木研究所と国総研の研究者の皆さまには、こういったかたちでご協力いただきましたことを厚く御礼申し上げます。本当にありがとうございます。

私ども河川財団でございますが、この数年、川の管理を中心に河川の技術はどうあるべきか、ということを中心に大きなテーマにして、議論なり検討を重ねております。

わかりやすく言いますと、川の点検を、コンサルの皆さんも含めて、今、全国でやっております。点検というと、ご承知のように法律上は目視で変状を見てまわるというようなことになってはいますが、はたして目視で、堤防なり、あるいは河道の安全をどのくらい評価できるのかということが、大きな課題としてあると思います。

私どもは、堤防なり河道なりの目視の点検と、今



日の議題にあるような河道に関するさまざまな情報を結びつけて、川の安全性の評価に結びつけられるような技術を、しかもそれが現場で使えるような技術に何とかできないものかということで、今議論をしているところでございます。

そういった中で、今日は「河道変化の評価技術と河道保全」というテーマを設定させていただいて、4名の方にお話をいただき、また議論させていただくことにしております。

河道については——もうここにいらっしゃる皆さまには釈迦に説法かもしれませんが、河川の計画なり設計の段階では、さまざまな技術が今までも検討されてきているわけですが、管理という目で見たときに、今まで我々が持っている技術をどのように使えるのか。そのようなことが、河川財団の一つのテーマでもございます。『堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領』という国土交通省の冊子がありますが、河道の部分については概念的な解説しかなく、具体的な方法論は今のところ書かれていないというような状況でございます。

そういった意味で、私ども河川財団としても、今日の議論を糧にして、私どもが政策的課題として取り組んでいる管理の問題に反映できればと考えているところでございます。

ぜひ会場の皆さま方にも積極的に議論に参加いただきまして、よりよい河川管理ができるように、こ

のセミナーを活用していただければ幸いです。どうぞ本日、半日でございますが、よろしくお願い申し上げます。ありがとうございます。

司会 続きまして、今回の河川研究セミナーの開催趣旨について、河川総合研究所 所長の天野邦彦よりご説明いたします。

趣旨説明

河川財団 河川総合研究所 所長 天野 邦彦

天野と申します。どうぞよろしくお願いします。

趣旨説明ということですが、皆さんのお手元に「河川研究セミナー」という資料がございます。こちらを見ていただければと思いますが、先ほど小俣から説明のありましたとおり、今日のテーマは「河道変化の評価技術と河道保全」ということになっています。

今後、日本の川の河道をどのように保全、管理していくのかというところについて検討していこうというのが一つの大きな狙いです。

こちらの趣旨にも書いてありますが、最近は水害が非常に多くなっているということもありまして、河道の掘削、川を広げて流下能力を稼ごうということが日本中で行われているところなのですが、実際の川の河道というものは固定されたものではありませんので、例えばある場所で川を掘れば、当然その影響というのが上流・下流にも伝播するということになるかと思えます。そのやり方がよくないと、結局、掘っても掘ってもまた埋まるというような、ある種、賽の河原というか、無意味なことをやり続けるようなことになりかねないですし、場合によっては、河道といっても一本の線ではありませんので、横断的にも縦断的にも変化があります。その変化を無視して変な掘削をしたりしますと、例えば一つのところが非常に掘れてしまうと、場合によっては、堤防がそれによって傷んでしまう。あるいは今日のお話でもあります——それが全てとは言いませんが、橋の橋脚が洗掘されて破損に至るというようなことも、場合によっては起こり得ると思います。

治水ということで、川の河道というものは安全に



計画した水の量を流すということが基本として求められるわけですが、そのために河道の状況をどのようにすればいいのかということについて、先ほど小俣からも話がありましたが、こうすればいいという答えが一つだけあるわけではないと思いますし、また河川によっては、おそらくやり方がいろいろ変わってくるだろうと思います。

「河川によっては」と言いましたのは、当然川によって流域の大きさも違いますし、流域の最大標高、河川の勾配も違うでしょうし、その周辺の土地利用なども違う。当然、土砂の量も違ってくる。そうしますと、河道というものを規定するいろいろな自然の要因というものがあると思いますし、人間の社会として河道がどうあってほしいのかという、求める姿も社会の要請によって変わってくる。

こういう、非常にたくさんの要因を組み合わせた中でどのように管理していくのかということについて、いろいろなところで検討されていると思いますし、河川財団でも、そういったことの答えはなかなか出ないと思いますが、どのように物事を整理する

かということについて検討をしているところでございます。

『土木技術資料』という、筑波の土木研と国総研で行われている研究を、世の中に広く知らしめることを主な目的として発行されている冊子があるのですが、(2024年)11月号で、ちょうど今日のトップバッターでお話いただきます板垣グループ長が「人の暮らしと水辺環境を両立させる河道保全技術の研究」ということをテーマに特集を組まれておりまして、我々はこれを読ませていただいて、非常に大きな視点で、いろいろな視点で検討されている成果がそこに出ておりましたので、今回のセミナーでもぜひともその内容をメインにということで板垣グループ長にお願いしまして、ご快諾いただきまして、今日の日に至ったということでございます。

河道の話をしますと、どういう河道がよいのかと私は申し上げましたが、実際のところは、河道自体は毎回——毎日というほどではないと思いますが、大きな出水があれば大きく変わりますし、出水がないときも常に変動している。要は、河道の今の姿というのは、上から来た土砂と下に流れていく土砂の差分がたまりにたまって、あとは植物等の影響もあって、今の河道があるということになっているかと思っておりますので、そういう常に動いている河道をどんな範囲で管理していくのかというようなことについても見ていく必要があると思っています。

要は、いわゆるスチール写真とか静止画の河道ではなくて、河道というものは動的なものであるということも含めて、今日はいろいろな視点でお話いただけることを期待しているところでございます。

先ほどご紹介いたしました、最初は土木研究所河道保全研究グループのグループ長、板垣さんからの「人の暮らしと水辺環境を両立させる河道保全技術の確立に向けて」です。

板垣さんは今のグループ長になられる前に木曽川の事務所に勤めておられまして、板垣さんは非常に熱い男で、そこでいろいろな現場のニーズというか

いろいろな問題に真正面から向き合っていて、いろいろなことを考えられて、恐らくそれを今の研究に生かしておられると思いますので、そういった現場でのこと含めて、話していただけたと思います。

2つ目が「河道特性から見た近年の橋梁洗掘被災の特徴と予防保全に向けて」ということで、同じく河道保全研究グループの猪俣上席研究員からお話いただきます。

最近、出水のたびに、橋梁がずれたとか、ひどいときには橋梁が落ちて、人が被害を受けたというようなこともございますので、そうしたことについて、いわゆる動く河道——河床と言うべきかもしれませんが——とインフラとの関係という観点でお話をいただくことになっております。

休憩を挟みまして、同じく土研の河道保全研究グループの土工チームの水草上席研究員から、「流砂系と協働したダム堆砂対策技術の開発」という話題を提供していただきます。

日本の河川の土砂の移動ということに関しては、ダムの影響が非常に大きいと思います。特に大きな多目的ダムがあると、基本的に砂よりも粒径の大きなものは全部ダムにたまってしまうというのが実態だと思います。

私は以前、浜松の事務所におりましたが、佐久間ダムという大きなダムがありまして、毎年のように100万立米とかいう土砂がたまる。もうどうなっているのだろうという話ですが、もともとのダムが3億立米以上あるので当分埋まりきることはないのですが、相当困ったということがありました。そういったところで土砂がたまることによって、下流の河川あるいは海岸、海岸の浸食が非常に進んでいるということもあります。

ダム堆砂対策技術というのは、もう待ったなしというところございまして、やはり駄目になってからやるのではなくて、うまく工夫すればダムという非常に重要なインフラを、社会資本を長く使える。賢い使い方することで、多少のコストはかかるかもしれないけれども、便益を考えればこういう対策

をきちんとやることが重要だというお話をしていただけだと思っております。

最後は、国総研の河川研究室の田端主任研究官から、「持続可能な河道の実現に資する数値解析技術の開発・実装の好循環形成のための基盤整備」という話題を提供していただきます。このタイトルが全てを物語っていると思うのですが、実際のところ、数値解析技術というものが結構いろいろと進んでいるのだけれども、なかなか現場に実装されないところがある。それにはいろいろな課題があると思うのですが、その課題をうまく解決して、好循環形成をということです。俗な言葉で言うといわゆるPDCAなのかもしれませんが、数値解析の技術を適用して、そこで出た課題をさらに数値解析の開発にフィードバックして、よりよいものにしていくということをお話されるのではないかと思っております。

現場でやることと、それをうまく評価して、要はやりっ放しではなくて——世の中は何かをやると、大体やりっ放しになってしまいがちですが——やりっ放

しにせず、きちんと評価をして次に生かすというところで好循環をと。それはまさに河道管理の技術の向上の好循環に資するものであるということで、お話しいただければと思っております。

その後、最後に1時間ほど、総合討議ということで、4名の方の発表を受けて、会場の方も一緒に、今後の河道保全、あるいは環境も含めて河川の河道の管理についていろいろと議論する場にできれば幸いです。

ちょっと長くなりましたけれども、私からは趣旨説明でございます。今日はどうぞよろしくお願い申し上げます。

司会 ありがとうございます。

それでは、これより講演に入らせていただきます。

初めに、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 板垣修さまにご登壇いただきます。

それでは板垣さま、どうぞよろしくお願いいたします。

人の暮らしと水辺環境を両立させる 河道保全技術の確立に向けて

国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ 板垣 修 氏

ただいまご紹介にあずかりました、筑波にございます土木研究所つくば中央研究所河道保全研究グループ長の板垣と申します。

本日このような席におきまして、私どもの考えを述べる機会を与えていただきまして、本当にありがとうございます。では、時間も30分間と伺っていますし、パワーポイントが50枚ぐらいございますので、なるべく手短に行きたいと思えます。

(スライド1) まず、「人の暮らしと水辺環境を両立させる河道保全技術の確立に向けて」。保全技術としてはいくつかあると思いますが、今回は河道の二極化対策を中心にお話します。なぜこれを選んだのかということは後でお話しますので、次に行きます。

(スライド2) 目次ですが、「はじめに」を申し上げた後に、研究が急がれる河道保全上の技術的課題の例についてお話し、木曽川上流河川事務所の試行事例についてお話しして、最後に「おわりに」となります。



(スライド3) まず、皆さん、河川の専門家の方ばかりだと思いますので、申し上げるまでもないことですが、一応もしもそれ以外の方がいた場合に備えて、念のためおさらいです。当グループの名前に「河道保全」と入っておりますけれど、河道保全とは何かという定義をまず共有したいと思います。

河道というのは、スライド左にありますように「川の水が流れる道筋。堤防のある場合はその間の区域をいい、ない場合は高水位のときに流水が占める区域をいう」という解釈が、一つの事例としてあ

● スライド1

人の暮らしと水辺環境を両立させる河道保全技術の
確立に向けて ～河道の二極化対策を事例として～



2025年2月4日 執務室より望む土研本館と筑波山
(2024年12月)

国立研究開発法人土木研究所 つくば中央研究所
河道保全研究グループ長 板垣 修

● スライド2

目次

1. はじめに
2. 研究が急がれる河道保全上の技術的課題の例
3. 河道の二極化対策の取組み事例
～国土交通省中部地方整備局木曽川上流河川事務所の試行事例～
 - (1) 木曽川水系の概要
 - (2) これまでの河川改修による治水効果
 - (3) 河道の二極化の例
 - (4) 河道の二極化対策の試行事例
4. おわりに



図0.1 木曽川南派川合流点付近左岸護岸被災箇所復旧に向け
右岸砂州に掘削した水路 (2024(R6)年2月撮影写真に加筆) 2

ります。保全というのは、「保護して安全を守る」ことですので、「自然現象と人間の行為の両者の影響を受ける『河道』を保護して安全を守ること」であると考えられます。

(スライド4) その研究がなぜ必要かということで、皆さんにはもう言うまでもないことだと思いますが、部外者に説明するためにちょっと考えてみたのですが、「川がどう流れようが人間にとって関係なく、100%自然に流れ得るものであれば河道の変化は単なる自然現象であって、人間がとやかく言う必要はない」。理学的に研究したい人はいるかもしれませんが、関係ないだろうと。

しかし、現実としては、有史以来川の水を農業用水等に利用したり、河川沿いの低地(氾濫原)を農地等に利用するなどしてきた中で、社会的な要請等において、川の流れを制御しようとする行為が歴史的に行われてきた。したがって、人為的に川に手を加えてきた中で、自然現象に任せておけば、人間に

とって都合のよい川であり続けるとは限らないのが現状である。そのため、河道保全の研究が必要であると考えています。

河道保全の研究を我々が行うに当たって、常に肝に銘じなくてはいけないのは、あるべき河川の姿を常に意識しつつも、過去・現在の人間の行為による影響、それから社会的制約条件から遊離した研究となつてはいけないということを常に考えなければいけない。

(スライド5) 技術的課題の例として、皆さん、いろいろお持ちだと思うのですが、ここでは治水・利水・環境目的を同時に満足し得る河道の実現を考えたいと思います。

この方法には、大ざっぱに言うと2つありまして、最初の整備時の設計と、その後の維持管理におけるもの。どちらかというと今回の場合は維持管理のほうが響くと思うのですが、例えば治水目的としては、洪水氾濫を防ぐための河積断面の継続的な確保ですとか、有害な河岸浸食の防止ですね。

利水目的としては、川からの取水上、支障のない河床高の安定的な維持とか、水質浄化機能を有する砂礫河原の保全など。

環境目的としては、例えば動植物の生息・生育・繁殖環境の保全ですとか、美しい景観の保全がある。

最近はどうでもないのかもしれませんが、場面によって、相反するように見える場合が少なくない。

● スライド3

河道保全とは
河道：川の水が流れる道筋。堤防のある場合はその間の区域をいい、ない場合は高水位のときに流水が占める区域をいう。
(2024年4月18日検索 goo国語辞典より)
保全：保護して安全をまもること。
(1994年 岩波国語辞典第5版より)
→自然現象と人間の行為の両者の影響を受ける「河道」を保護して安全を守ること。

1. はじめに

図1.1 河道の概念図(国土交通省 2007)

国土交通省HP(2. 河川調査情報 mshk.go.jp)より

3

● スライド4

河道保全の研究は何故必要か

- ・川がどう流れようが人間にとって関係なく、100%自然に流れうるものであれば、河道の変化は単なる自然現象であり、人間がとやかく言う必要はない。
- ・しかし、有史以来川の水を農業用水等に利用したり、河川沿いの低地(氾濫原)を農地等に利用するなどしてきたなかで、社会的な要請等に応じて川の流れを制御しようとする行為が歴史的に行われてきた。
- ・人為的に川に手を加えてきたなかで、自然現象に任せておけば人間にとって都合の良い川でありつづけるとは限らないのが現状。

→河道保全の研究が必要

※河道保全の研究に当たっては、あるべき河川の姿を常に意識しつつも、過去・現在の人為による影響、社会的制約条件から遊離した研究となつてはいけない

4

● スライド5

2. 研究が急がれる河道保全上の技術的課題の例

治水・利水・環境目的を同時に満足しうる河道の実現に必要な河道保全の技術開発が急がれる。

- ①治水目的としては、例えば
 - ・洪水氾濫を防ぐための河積断面の継続的な確保
 - ・有害な河岸侵食の継続的な防止
- ②利水目的としては、例えば
 - ・川からの取水上支障のない河床高の安定的な維持
 - ・水質浄化機能を有する砂礫河原の保全
- ③環境目的としては、例えば
 - ・動植物の生息・生育・繁殖環境の保全
 - ・美しい景観の保全

相反するように見える場合が少なくない上記3つの目的を兼ね備える河道形状として、例えば「船底型河道」(次頁)の概念が提示されている。

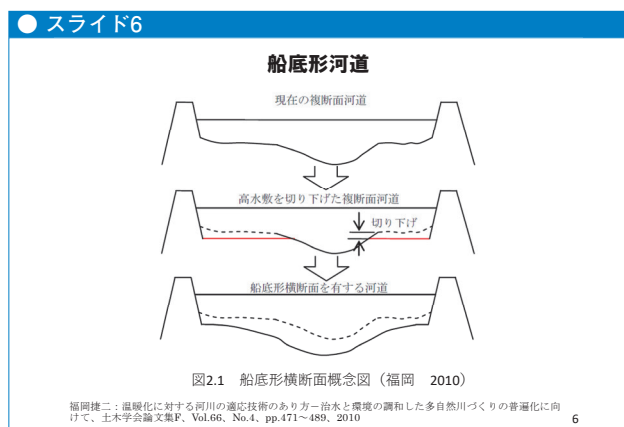
5

上記3つの目的を兼ね備える河道形状というのが必要になる。

(スライド6) 例えば、船底形河道というような概念が示されているのはご存じだと思います。これが船底形河道の概念図として、福岡（捷二・中央大学研究開発機構）教授の論文から切り取ったものなのですが、現在の複断面河道から高水敷を切り下げた形にしていって、船底形河道という、治水上も環境上も、あと利水上もだと思のですが、よろしいような断面形があるよという提示が、例えば2010年にされております。

(スライド7) この船底形河道と河道保全上の技術的課題という今回の講演内容にどういった関係があるのかと、何人かからそういう反問がありました。

それに対して、これを一応の答えとしてまとめたのですが、船底形河道は治水・利水・環境保全を同時に追求する観点から有効な選択肢の一つと考えら



● スライド7

船底形河道と河道保全上の技術的課題と本日の講演内容

船底形河道は治水・利水・環境保全を同時に追求する観点から有効な選択肢の1つと考えられる。

しかし、**河川は自然条件と社会条件の歴史的なせめぎ合いの中で現在の姿となっており、船底型河道を実現するために必要な川幅等を当面確保できない河川があるのが実態。**

このため、将来的なあるべき河川の姿の検討においては船底形河道を意識しつつも、当面船底形河道の実現が難しい場合に、**直面する河道保全上の課題を現状の制約条件下において緩和・解決するための技術開発**が合わせて必要と考えられる。

※当面船底形河道の実現が難しい場合のなかには、当該区間の川幅は確保されるものの、上流からの河床材料の供給が少ない場合のように上下流の連続性の観点から難しい場合を見落としてはならない。

本講演は講演者が昨年3月まで2年間勤務した木曽川上流河川事務所における河道保全上の技術的課題の一つである河道の二極化対策の試行事例について紹介し、人の暮らしと水辺環境を両立させる河道保全技術の確立に向けた議論に話題を提供しようとするものである。

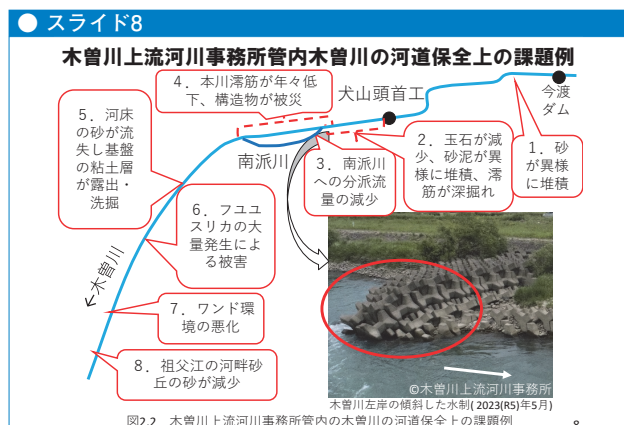
7

れます。しかし、木曽川上流河川事務所の現場でもあったのですが、河川というものは自然条件と社会条件の歴史的なせめぎ合いの中で現在の姿となっていますので、船底形河道を実現するために必要な川幅などを当面確保できない河川というものもあるのが実態です。

このため、将来的なあるべき河川の姿の検討においては、船底形河道というのは選択肢の一つになると思うのですが、当面の実現が難しい場合には、直面する河道保全上の課題を現状の制約条件下において緩和・解決するための技術開発が併せて必要だと考えられるということですね。当面、船底形河道が難しい場合というのは、当該区間の川幅だけではなくて、上流からの河床材料の供給が少ない場合のように、上下流の連続性の観点から難しい場合も見落としてはならないということです。

今回の講演は、講演者が昨年3月まで2年間勤務しました木曽川上流河川事務所における河道保全上の技術的課題の一つである、河道の二極化対策の試行事例について紹介しますとともに、人の暮らしと水辺環境を両立させる河道保全技術の確立に向けた議論——皆さまとの議論が1時間あると伺っておりますので、そこに話題を提供しようとするものです。

(スライド8) 木曽川上流河川事務所というのは木曽川と長良川と揖斐川の3河川を中心に担当しているのですが、まず木曽川だけを挙げております。まず、私が木曽川上流河川事務所に着任したときに



感じました課題を8つ挙げています。水色の線が木曾川の流れをイメージしていると考えてください。

右上にあるのが、直轄区間の上流端である今渡ダムになります。その直下流の辺りは、市町村で言うと岐阜県の可児市の辺りなのですが、最近、砂が異様に堆積するという話を地元の70代の方から伺いました。最近というのはいつぐらいからですかと聞くと、令和2年ぐらいからだねというようなお話でした。

2番として、犬山頭首工の下流ですが、犬山頭首工というのは農業用の取水堰で、木津用水などを取っているのですが、2番のところは玉石がどんどん減っている。でも玉石は減るのだけど、なぜか砂・泥が異様に堆積するのだよねと、これも70代の方から伺いました。滞筋がどんどん深掘れしていて、漁船が進むときに危なくてしょうがないというような話を伺いました。

玉石が減少して、クロカワムシなどのアユの餌になる虫も減ってしまっておりまして、問題が大きい。2番の区間は1300年の歴史を誇る木曾川の鵜飼いの場所でもありまして、アユが減ってしまうというのは日本の伝統文化、あと観光のお客さんたちを呼び込む面でも問題が大きいと考えられます。

その下流の3番ですが、南派川というところですが。北派川もあるのですが、南派川と本川の3つに分かれている三派川地区ですが、南派川への分派流量がどんどん減少している。これは後でお話します。

4番は、本川滞筋が年々低下して、構造物が被災。構造物というのは、河川事務所が管理している低水護岸のみならず、道路管理者が管理している橋梁なども被災している。また、鉄道会社が橋脚の補修工事の申請を木曾川上流河川事務所にどんどん出してくるような状況になっています。

さらに行って5番の、この曲がったところより下流は砂河床区間になりまして、曲がったところより上流は礫河床のセグメント1になるのですが、それは後でお話します。5番の砂河床区間では、河

床の砂が流出してしまっていて、基盤の粘土層が露出して、洗掘している。洗掘の穴の深さは20mというオーダーになっています。

6番は、フユスリカの大量発生による被害です。フユスリカというのは小さな虫なのですが、これは卵を水面に産みつけて、それが河床下に潜り込んで、夏は仮眠して過ごして、冬に大量発生するというサイクルの生物で、何億匹と出てきます。これが伊吹おろしという西北の風に吹かれて愛知県側に全部流れてきまして、干した布団にくっつくとか、いろいろな問題が住民から寄せられているところなんです。

さらに7番は、ワンド環境の悪化ということで、木曾川の高水敷状のところにあるワンドでどんどん環境が悪化しまして、天然記念物のイタセンパラなどの数がどんどん減っている。

祖父江というのは稲沢市の地先の名前ですが、祖父江の地先にある河畔砂丘という珍しい、非常にきれいな白い砂の砂丘があるのですが、この砂がどんどん減少しているということです。

これらの課題というのは、つながっている部分があるということです。

(スライド9) 前項で挙げた8つの課題を踏まえた総合土砂管理と河道の二極化対策ですが、いずれも、先ほどの課題は上流から下流への土砂の流れに変化が生じたことが要因、またはその一つとして考えられまして、総合土砂管理の推進が各課題の緩和

● スライド9

前頁で挙げた課題を踏まえた総合土砂管理と河道の二極化対策

前頁で挙げた課題はいずれも上流から下流への土砂の流れに変化が生じたことが要因（の1つ）として考えられ、**総合土砂管理の推進が各課題の緩和・防止につながる**と考えられる。

これらの課題への対策を検討するに当たっては、**上記背景及び地元からの要望、各種制約条件のなかでの実行可能性を踏まえ**、顕在化している課題に共通している事象と考えられる「**河道の二極化**」に着目し、具体的な対策の検討を行った。

ここで河道の二極化とは「河道内の砂州上に意図せず樹木群等が繁茂することで、増水時に樹木群等が捕捉する流水中の細粒土砂の堆積が砂州上で進む一方で、増水時に滞筋部分に流水が過度に集中することなどにより河床の洗掘・低下が進むことで、滞筋部の河床と砂州との比高差が過度に拡大する現象」を指す。

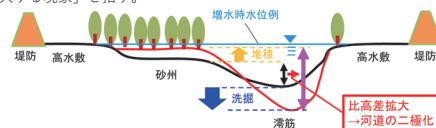


図2.3 河道の二極化概念図

防止につながると考えられる。と、ここまでは皆さん、同意されると思うのですが、ただ、具体的な対策を検討するとなると、いろいろな制約条件があります。この中で、上記背景、つまり総合土砂管理の観点とか地元からの要望だとか、あと各種制約条件、それは予算上の制約ですとか職員数の制約ですとか、いろいろなものがありますね。それら全部を方程式に入れまして、実行可能性を見まして、どうするのかという話になる。

そうすると、一つ着目した事象が河道の二極化になります。河道の二極化というのは、いくつかの定義があるかもしれませんが、ここでは河道内の砂州上に意図せず樹木群等が繁茂することで、増水時に樹木群等が捕捉する流水中の細粒土砂の堆積が砂州上で進む一方で、増水時に滞筋部分に流水が過度に集中することなどにより河床の洗掘・低下が進むことで、滞筋の河床と砂州との比高差が過度に拡大する現象を指します。

図2.3にありますように、黒い線が二極化が進む前の河床でして、右側のほうに、どちらかという滞筋があった。過度の二極化が進むと、この赤い線のように、滞筋がどんどん自然に下がって、左岸側の砂州上には細粒土砂が堆積して、どんどん比高が上がって、樹林化までするという状況になります。

川底が下がるところは、国会議員の先生とかにお話しすると、これは自然浚渫だねとおっしゃるのですが、そういうものだなと感じます。

(スライド10) 河道の二極化対策の必要性は、皆さん、ご存じだと思いますが、念のため、おさらいします。

まず1番としては、洪水の流下阻害ということで、これは樹林化などによって起こる。

2番が、滞筋における過度な河床低下によって、橋脚ですとか低水護岸ですとかが不安定化し破損する。

3番が、玉石の流失等によって水辺環境が悪化して、アユだとかウナギなどの環境が悪化して数が減

る。

4番は、これはまだ定量的な分析はしていないのですが、木曽川上流のような中流部で過度に河床が低下しますと水面が下がりますので、大雨のときに、水面勾配の関係で、堤内地に安全に貯留されていた雨水までもが木曽川の河道内に流入する可能性が増える。そうすると、下流で河道の二極化が進んでいないと、下流部は河床が下がっていないわけですから、下流部への過度の集中、そして流域全体として積分した水害リスクが増大するということが考えられる。という4つぐらいが考えられます。

(スライド11) どうして近年、河道の二極化が顕在化しているのかという質問もたまに受けますので、皆さんは既にご存じかもしれませんが、念のため、おさらいで申し上げます。

まず1番としては、かつてはげ山であった上流域の山々が緑化されるとともに、砂防事業が進展したことで、上流からの流出土砂量が減少した。これ自

● スライド10

なぜ河道の二極化対策が必要か

1. 樹木群の過度な繁茂による**洪水の流下阻害**→洪水時の河川水位の上昇→洪水氾濫、浸水
2. **滞筋における過度な河床低下**→護岸構造物の破損による河岸侵食、**横断工作物（当該河川に流入する支川に設置されたものを含む）の不安定化・破損**
3. 滞筋の玉石の流失等による**水辺環境の悪化**→鮎、ウナギ等の**生息・生育・繁殖環境の悪化**→鮎、ウナギ等の減少
4. 中流部の過度の河床低下→従来大雨時に中流部流域で貯留されていた雨水が河道に流入し**下流部へ過度に集中**する恐れ→流域全体としての**水害リスクの増大**¹⁰

● スライド11

近年の河道の二極化の顕在化に影響する要因

- ※「⇒」の後は各施策・変化による効果（良い点）
- (1)かつて禿山であった上流域の山々が緑化されるとともに砂防事業が進展したことで上流域からの**流出土砂量が減少**⇒**土砂災害の減少**
 - (2)河川敷の樹木の枝等を**薪等として利用しなくなった**⇒**家事負担の軽減**
 - (3)高度経済成長期の河床からの大量の**砂利採取をその後河川区間により禁止**⇒**過度の河床低下と水泳時等の水難事故の減少**
 - (4)**ダム・堰の建設**により流況と土砂の流れが変化⇒**水力発電、治水対策、洪水防衛の進展**
 - (5)堤防整備が進み**河川の位置が固定化**⇒**洪水氾濫の軽減、沿川の土地利用の高度化**
 - (6)**気候変動の影響**による豪雨・洪水の頻発・強化、その影響による土砂流送の活発化（良い点は未確定）

各施策・社会変化による効果（良い点）を確保しつつ、弊害を緩和・防止していく技術開発が必要（例 ダムや堰の機能確保を前提とした河道保全対策）。なお、玉石等粒径の大きな河床材料の流下速度は比較的小さいため、事象の顕在化までには時間的な遅れがある。¹¹

体は土砂災害の減少につながっているわけですから、また、それを目的にやってきたわけですから、その効果が発現したのはいいことなのですが、副作用もある。

2番として、河川敷の樹木の枝などを薪などとして利用しなくなった。これはプロパンガスとか、そういうものが普及したためで、家事負担が軽減されたからいいことなのですが、こういう弊害もある。

3番として、高度経済成長期に河床から大量の砂利採取。その後、河川区間により禁止。木曽川うちの事務所管内では原則禁止していますが、そういったようなものがある。これは過度の河床低下の減少と水泳時等の水難事故の減少につながっているので効果はあるけれども、問題点もある。

4番は、ダム・堰の建設により流況と土砂の流れが変化して、これは水力発電ですとか渇水対策とか洪水防御が進展したわけですから、いいわけですが、副作用もある。

5番としては、ケースによるかもしれませんが、堤防整備が進んで河川区域が決まって、河川をここで流そうと。河川の位置が人間によって勝手に固定化された。これが洪水氾濫の軽減や沿線土地利用の高度化につながったのは確かですが、これがもしかすると河道の二極化の一部要因なのかもしれないという気はします。

6番として、気候変動の影響です。これは豪雨・洪水が頻発化したので、土砂流送が活発化した。これのよい点というのはまだ未確定ではないかと思えます。

各政策・社会変化による効果（よい点）を確保しつつ、弊害を緩和・防止していく技術開発が必要である。つまりダムや堰の機能確保を前提とした河道保全対策が必要である。ただ、玉石など、粒径の大きな河床材料の流下速度は比較的小さいので、事象の顕在化までの時間的な遅れがありますので、油断してはいけないということです。

実際、内水面漁協の方と話をしても——人によると思うのですが、私がいろいろ教えていただいた方

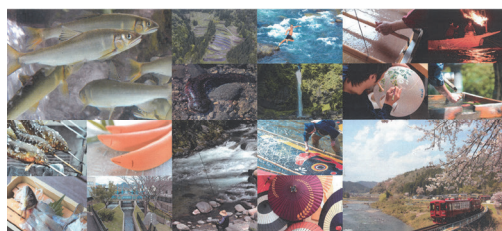
は「ダムや堰が必要なのは分かっている、それを撤去しろとは言わない。ただ、何とかならないか」ということで、ダム・堰の存在前提で、どこまで河川環境をよくできるかという話だと思います。

（スライド12）木曽川の事例ですが、ご存じの方もいると思いますが、木曽川水系は岐阜県と愛知県の辺りを流れておりまして、例えば、この写真は岐阜県のホームページから取ったのですが、右上にあるのが夜にやる鵜飼の写真、左のほうはアユですとか、アユのお菓子とかアユの塩焼きとか。地元ではアユが非常に生活と近い位置にあるなというのを、2年間いて思いました。

（スライド13）木曽川水系の概要ですが、流域面積は約9,100平方kmになっています。木曽川上流河川事務所は岐阜市内、赤い丸印のところにあります。

● スライド12

3. 河道の二極化対策の取り組み事例～国土交通省中部地方整備局木曽川上流河川事務所の試行事例～ (1) 木曽川水系の概要



©岐阜県

<https://www.pref.gifu.lg.jp/uploaded/attachment/255535.pdf>

12

● スライド13



図3.1 木曽川水系の概要

13

(スライド14) 後からお話する木曽川の今回の試行区間の概要としては、扇状地河川になります。白い線が木曽川の流れているところでして、犬山から笠松へ、笠松から左に折れるという形になっていて、犬山から笠松までの区間がセグメント1の扇状地区間で、これが今回の主なターゲット区間になります。

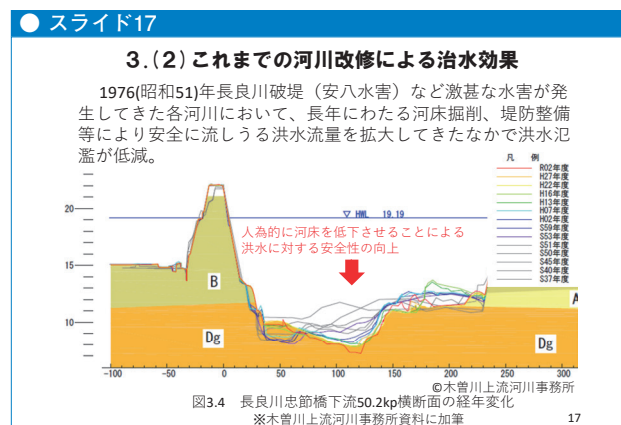
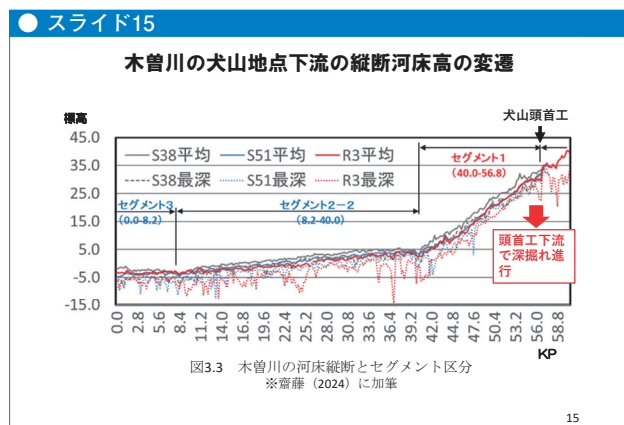
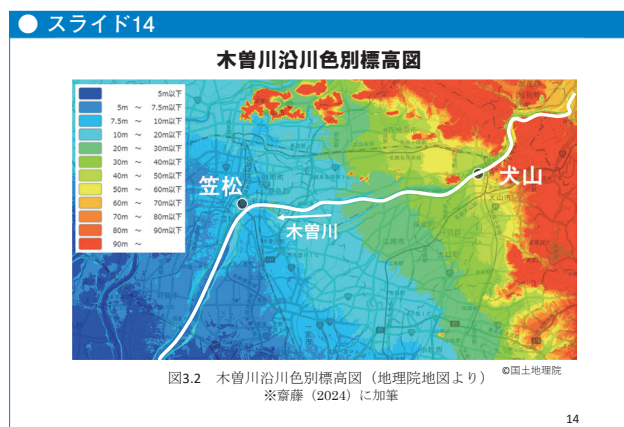
(スライド15) 縦断河床高の変遷ですが、犬山頭首工が右上にあります。この地点で、その辺りがずっと下流までセグメント1で、最深河床高を見ていただくと、ぐっと下がっているのがわかると思います。犬山頭首工の直下流が、漁協さんいわく8mぐらい下がっている部分があるということです。どんどん下がっているわけです。

総合土砂管理の観点から行くと、犬山頭首工より上流からは玉石が供給されなくて、インがゼロでアウトが一定量ありますから、どんどん下がっていくということになります。

(スライド16) 木曽川水系は令和2年に河川整備計画を一部変更しましたが、戦後最大洪水（と同じ規模の洪水）を対象として治水対策を進めている。念のために申し上げますが、木曽川水系というのは、安八水害などで激甚な水害を何度も受けてきて、河床高を下げるとか堤防を造るとか、そういうことをずっとやってきたわけです。

(スライド17) この図にあるように、長良川の忠節橋の下流の地点ですが、経年変化をご覧くださいと、どんどん河床高が下がっている。というか、下げてきている。これによって大雨になっても水位が上がりにくくなったので、安全性が上がってきたというのが現状です。

(スライド18) 具体例として、昭和51年の安八水害のときの忠節地点の観測最大流量は約 $6,400\text{m}^3/\text{s}$ でした。そのときの墨俣地点というもう少し下流の地点の最高水位は約7.4mでしたが、平成16年の



洪水では約7,700m³/sだったのに対して水位は約6.3m。1,300m³/s大きいのに約1.1m低いということで、水位低下効果が出ていたということです。

ここから、河道の二極化の例をいくつか挙げます。

(スライド19) まず長良川です。長良川は、ご存じのようにダムがほとんどありません。しかし、二極化は進んでいます。増水時の流れの幅を狭めるような樹林帯、緑色の破線で囲んでいるところです。これは長良川の48.6kp付近なのですが、このような樹林帯がどんどん生育していた。ここは問題があったので樹木は切りました。

(スライド20) これが先ほどの距離標48.6kpの横断面の経年比較ですが、右岸側がどんどん上がって樹林化して、左岸側がどんどん下がっているのが実際に見てとれます。

(スライド21) 1975年の航空写真ですが、ご覧いただくとおり、先ほどの(スライド19の)砂州のところは樹林化していますけれども、1975年の頃は、ほとんど樹林が見えません。

(スライド22) 2つ目の例ですが、もう少し下流の長良川です。45.6kp、伊自良川の合流点付近ですが、これは2021年の写真です。砂州上に樹木が繁茂しています。これも切りました。

● スライド18

表3.1 洪水時水位低下効果例

	忠節地点 観測最大流量 m ³ /s	墨俣地点 観測最高水位 m
1976(昭和51)年 9月洪水	約6,400	約7.4
2004(平成16)年 10月洪水	約7,700	約6.3

約1,300m³/s 大きい

約1.1m低い

洪水時水位低下効果

18

● スライド19

3. (3)河道の二極化の例① 長良川48.6kp付近

増水時の流れの幅を狭め、左岸への過度の流水の集中を促していると考えられる植生域(その後伐採を進めた)

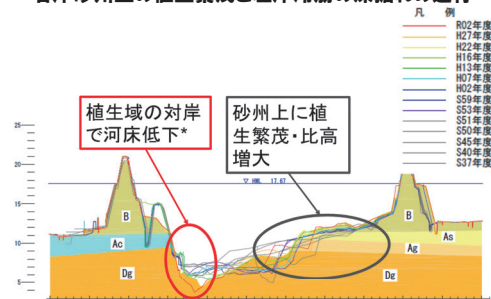


図3.5 2021(令和3)年の長良川48.6kp付近
※同年2月撮影の航空写真に加筆

19

● スライド20

右岸砂州上の植生繁茂と左岸滞筋の深掘れの進行



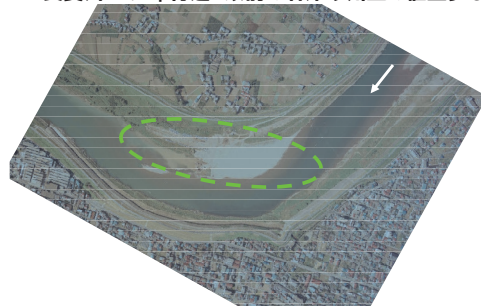
*曲線部の外岸であること、左岸水制による影響も考えられる。

図3.6 長良川48.6kp横断面の経年変化
※木曽川上流河川事務所資料に加筆

20

● スライド21

長良川48.6kp付近 以前の右岸砂州上の植生少ない



※地図・空中写真閲覧サービス(国土地理院)より

図3.7 1975(昭和50)年の長良川48.6kp付近
※同年10月撮影の航空写真に加筆

21

● スライド22

河道の二極化の例② 長良川45.6kp付近

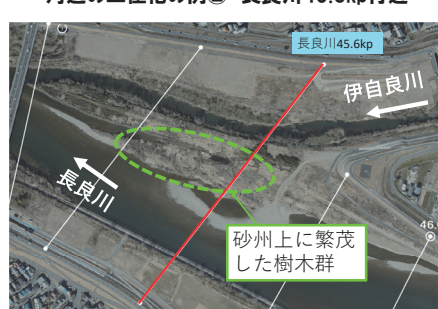


図3.8 2021(令和3)年の長良川45.6kp付近
※同年2月撮影の航空写真に加筆

22

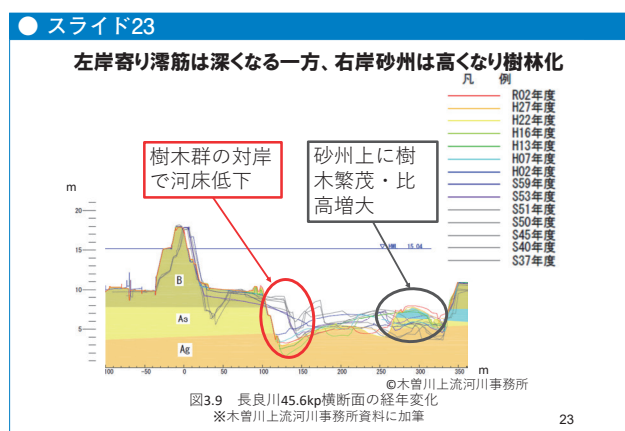
(スライド23) これは横断面の経年比較ですが、やはり右岸側がどんどん上がって樹林化して、左岸側がどんどん下がっているのが認められます。

(スライド24) 1975年の同じ箇所を見ると、砂州上に樹林は見えませんでした。

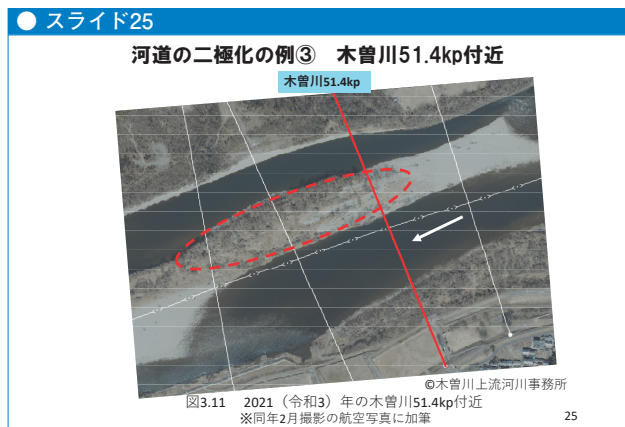
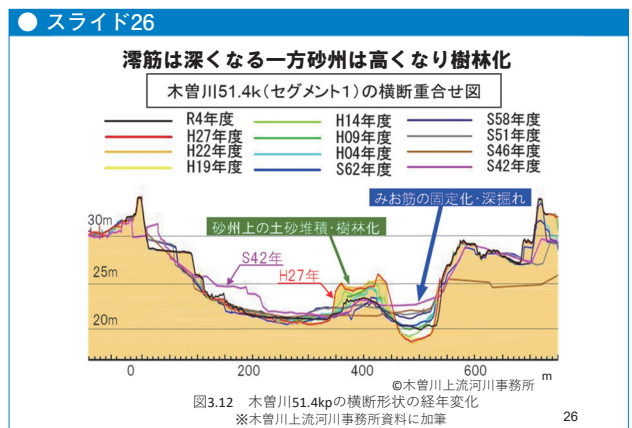
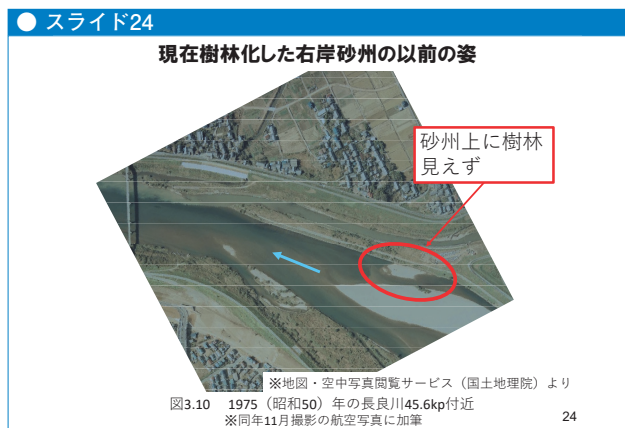
(スライド25) 続いて、木曽川に行きます。51.4kp付近ですが、2021年にはこのように砂州上に樹林が広がっています。

(スライド26) 経年変化を見ると、平成27(2015)年がいちばんピークになっていますが、砂州がうんと高くなっています。その一方で、右岸側がどんどん下がってきた。令和4(2022)年はちょっと緩和しているのですが、このようなことがどんどん起こっている。

(スライド27) 1969年を見ると、もう砂州自体がほとんどないというか、植生など見えないような状況でした。



(スライド28) 現状は、これはGoogle画像から取ってきたものですが、いつ撮影したのか、多分ちょっと前だと思います。なぜかという、後でお話するように、こちらで対策工事をしましたので。ちょっと変なところが青い破線の囲みにあると思いますが、これを拡大すると、こうなっています。



(スライド29) 水制群が赤い破線で囲んだところにありまして、そのそばで深掘れが進んで、それが上流に伝播しているような、変な状況が見えています。

(スライド30) この水制群のところは補修しました。これは去年(2024年)の5月撮影のものなのですが、補修が終わりまして、周りに根固め代わりの玉石をたくさん入れました。この玉石は、木曽川上流の多治見砂防国道事務所の砂防ダムにたまった玉



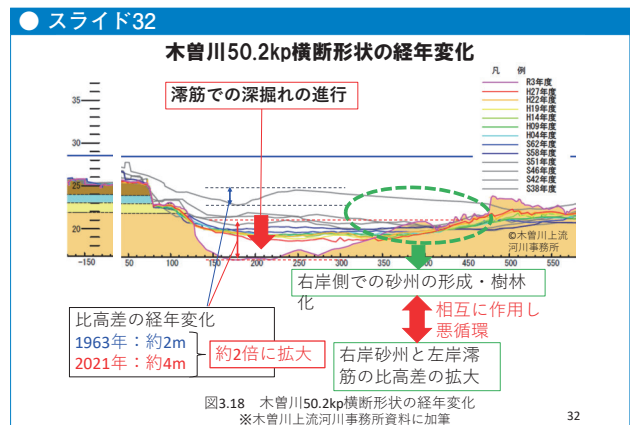
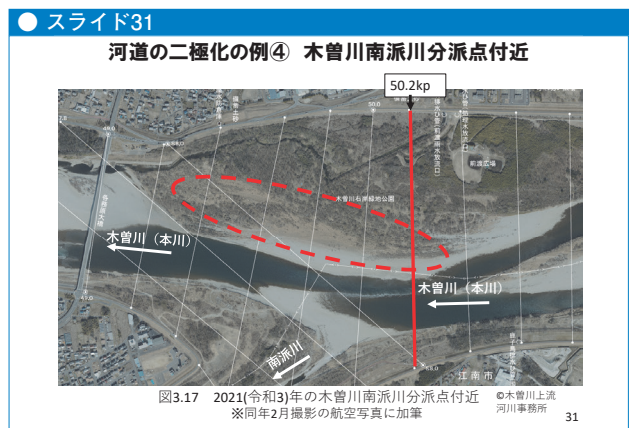
石で、捨てるのに困っているのをもらってきまして、ここに入れました。

(スライド31) それから4番目の例として、木曽川の南派川分派点付近、50.2kp付近です。右岸側に樹木群がうっそうとしているのが分かると思います、赤い破線のところ です。

(スライド32) これをご覧いただくと、右岸側はどんどん上がって、左岸側がどんどん下がっている。特にここで著しいのは、平成27(2015)から令和3(2021)年で一気に下がっています。

比高差の経年変化を見ると、左下に書いてありますように、1963年には、滞筋の底と砂州の一番高いところで約2mの比高差。それが令和3(2021)年には約4m、約2倍に拡大したということです。

(スライド33) 1961年の航空写真を見ると、右岸側には樹林も何もない。そもそも滞筋が右岸を走っ



ているというような、このような状況だったわけです。それが今（スライド31）は、右岸側がこのようなになっている。

（スライド34）これがあるために、先ほどお話しした南派川への分派量がどんどん減少しているのです。

表の一番上を見ると、以前は平水時も南派川に分派して、中小洪水時はもちろん南派川にも分かれていたのです。それが、近年は平水時に流れなくなりました。中小洪水時は辛うじて流れていたのです。それが今現在は平水時も流れないし、中小洪水時でもまず流れません。

大雨のときに現地に行かれると、南派川の中に水面が見えると思います。そうすると、ああ、流れているじゃないかと誤解するのですが、その水は下流の合流点から逆流したものと、地盤を浸透してきたものだけで、分派点は一切越流していません。実際、こうなると環境上の問題もあるし、利水上の問

題もあって、南派川のそばから浅層地下水を取っているところは、どんどん取れなくなっています。

（スライド35）南派川の過去の航空写真、1961年のものをご覧いただくと、白い砂州が広がって、連続した水面も見えるのですが…

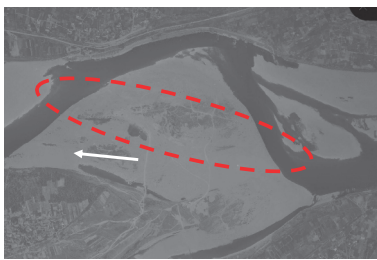
（スライド36）…2021年のものを見ると、植生帯がもう広範に広がって、細長く裸地が見える程度で、連続する水面は見えない。漁協さんいわく、アユの産卵場がもうなくなってしまったと。そういうことになっています。

（スライド37）それから、先ほどの分派点付近の右岸砂州で樹木がどんどん繁茂すると、滞筋が狭まり過ぎる以外にも問題があるということをお話しします。

まず1番、増水時に、右岸の樹木により流れが左岸寄りに押しやられます。そうすると、水当たり位

● スライド33

以前の南派川分派点付近 右岸砂州に植生少ない



※地図・空中写真閲覧サービス（国土地理院）より

図3.19 1961(昭和36)年の木曽川南派川分派点付近
※同年4月撮影の航空写真に加筆

33

● スライド35

1961(昭和36)年5月の南派川 白い砂州が広がり
連続した水面も見える



※地図・空中写真閲覧サービス（国土地理院）より

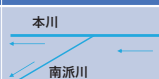
図3.20 1961(昭和36)年の木曽川南派川
※同年5月撮影の航空写真に加筆

35

● スライド34

本川滞筋の過度な低下による南派川への分派量の減少

表3.2 木曽川南派川への平水時・中小洪水時の分派状況の変化

	平水時	中小洪水時
以前		
近年		
現状		

34

● スライド36

2021(令和3)年2月の南派川 植生帯の間に細長く裸地が見える・連続する水面は見えない→鮎の産卵場の減少



©木曽川上流河川事務所

図3.21 2021(令和3)年の木曽川南派川
※同年2月撮影の航空写真に加筆

36

置が変わって、②の赤い破線のところですが、水当たりによって河岸浸食がどんどん進みます。

右下に拡大写真を示しましたが、高水敷上の道が途中で崖に突き当たるような形で切れています。つまり昔はもっと伸びていたのです。

さらに、それだけではなくて、③にあるように、その直下流に砂礫が置いていかれてしまうのです。そうすると新たな砂州が形成されて、漁船が退避する高台から水辺までの距離が延びてしまうのです。そうすると、今は高齢化がどこでも進んでいますので、漁船を水に下ろす労力が非常に増してしまって、とても困っているというところです。

(スライド38) これはGoogleの画像を持ってきたのですが、赤い破線の囲んだところに、2021年にはなかった新たな砂州が出現しています。これが漁船をずっと引きずっていかねばならなくて大変だという原因です。

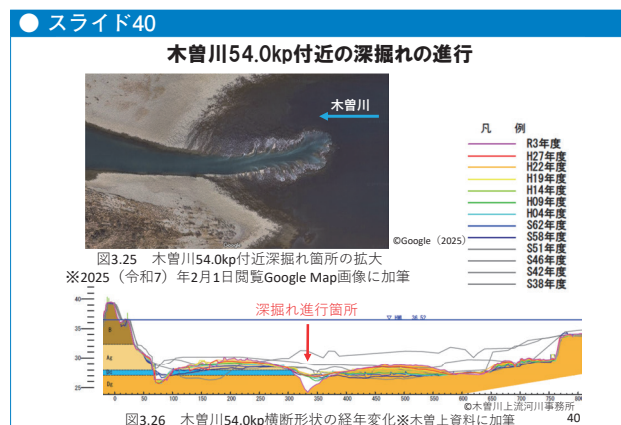
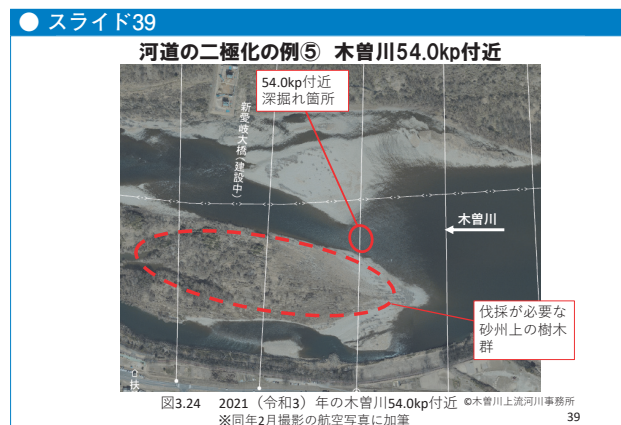
(スライド39) あともう一つ、木曽川の54kp付近で、砂州上に樹林帯が広がったために、川の中ほどがどんどん深掘れしている例です。

(スライド40) 拡大すると、左上にあるのはGoogleマップからで、今でもご覧いただけますが、このような形で、変な形がどんどん上流に進展しています。漁協さんも、これはどうなるんだとおっしゃっています。

下に横断面の経年変化がありますが、令和3(2021)年にぐっと、この部分が下がっています。

(スライド41) 河道の二極化の進行の仕組みは皆さん、もうご存じでしょうから省略します。

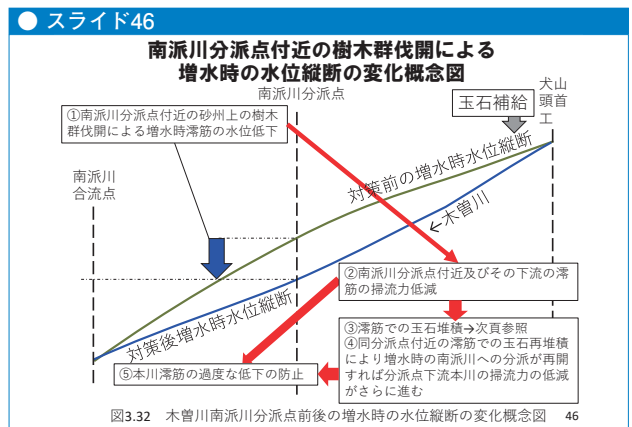
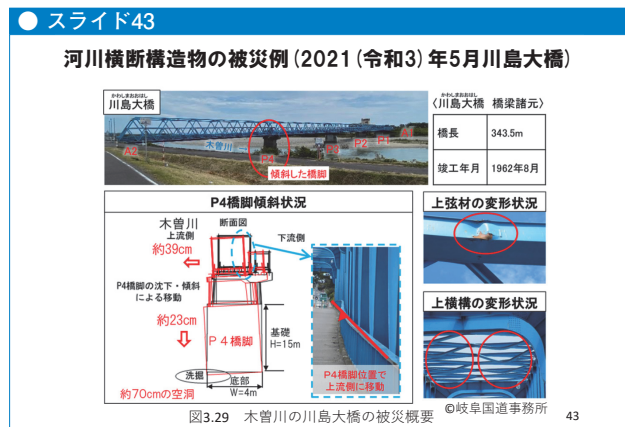
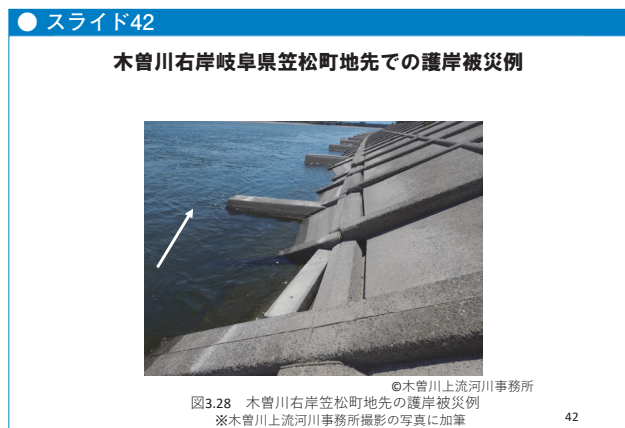
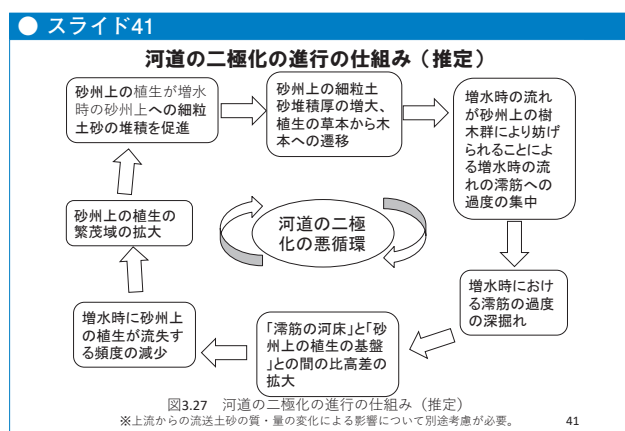
(スライド42) そうすると何が起こるかという、例えば木曽川の右岸の笠松町地先で護岸が被災したり…



(スライド43、44) …あと、この橋ですね。岐阜県が管理していた川島大橋が傾いた。今は撤去されて、直轄代行で岐阜国道事務所がかけ直していますが、夕方は周辺が大渋滞です。

(スライド45) 木曽川上流河川事務所で、二極化対策の試行ということでやっているのですが、こちらは細かくなっていますけれども、不自然な樹木を伐採するとか玉石の投入などをやっております。

(スライド46) どうして樹木群を伐採するかというと、こちらに犬山頭首工から南派川分派点・南派川合流点までの、水面縦断、水面勾配をちょっと模擬的に書いていますが、緑の線が対策前の水面縦断でして、①南派川分派点付近の砂州上の樹木群伐開によって増水時の滞筋の水位を低下させます。つまり水面幅が広がり、水位が低下する。そうすると、青線のような水位縦断になりますので、南派川分派点付近及びその下流の滞筋の掃流力が低減します。そうすると、同分派点付近での滞筋の玉石堆積によ



り、増水時の南派川への分派が再開すれば、分派点下流本川の掃流力の低減がさらに進んで、本川滞筋の過度な低下の防止につながると考えているためです。

(スライド47) 玉石を上流でどんどん補給してはいますが、単に補給するだけでは、このように二極化した場合には通過してしまう場合があると思います。そのため、樹木の伐採などによって滞筋の掃流力を下げてやって、増水待ちで増水ごとに玉石がたまっていった、たまるとその直上流の水面勾配が緩くなるので、だんだん上流に伸びていくだろうという目論みです。

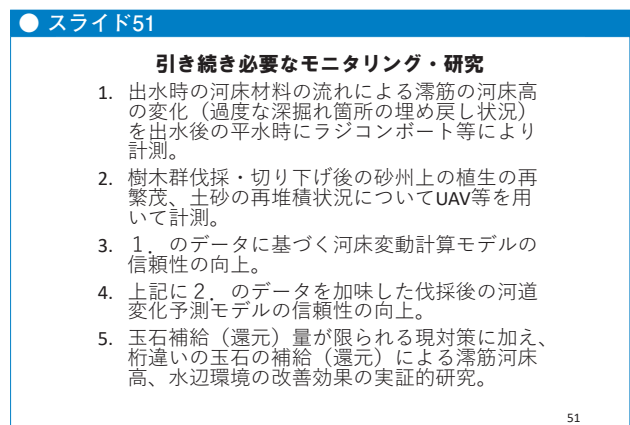
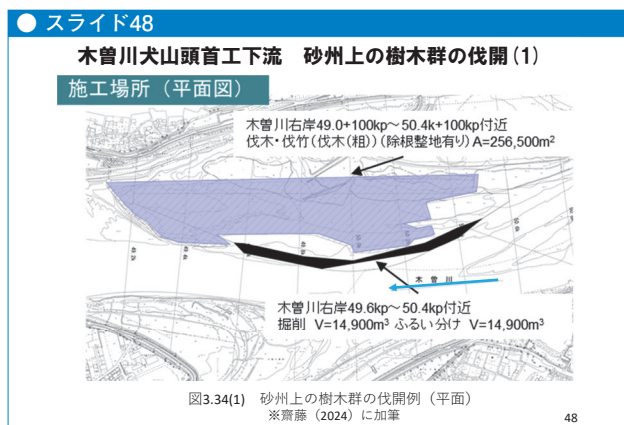
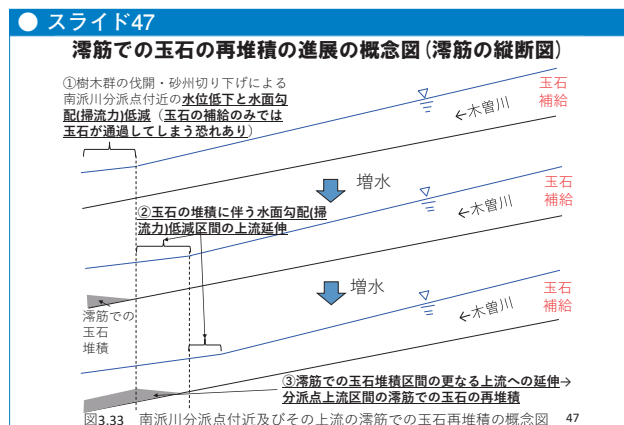
(スライド48) 実際にこれが樹木群を切っている例ですが、先ほどの右岸側の樹木をこのような面積で伐採しまして…

(スライド49) …左と右にあります、伐採前後

はこのような状況です。上の図は伐採した範囲の横断面です。

(スライド50) そのときに砂州上も多少、頭をはねまして、出てきた玉石は上流の木曽川に入れています。

(スライド51) 引き続き、このようなことで増水待ちですけれども、埋め戻し効果などをラジコンボートなどで計測する。



それから、砂州で樹木を伐採した後、どのくらい再繁茂するかということもUAVなどを用いて計測しなければいけません。

これらのデータによって、河床変動計算モデルの信頼性の向上ですとか、伐採後の河道変化予測モデルの信頼性の向上を、国総研とか大学の先生と連携してやっていきたいと思います。

5番なのですが、現在、玉石補給量がちょっと桁違いに少ないと思っています。なので、桁違いに多くしないと、効果があまり発現しませんので、その実証的研究については、現在、調整を進めています。

(スライド52) おわりに、先ほどもお話ししましたが、ダムや堰などの資産があるからこそ現代社会というのは成り立っているわけですが、それらを最大限活用しながら、河道保全上の課題を解決する技術の開発をしています。

近年、レーザーですとか、いろいろな装置がどんどん研究開発されていますので、以前は困難だった対策の研究開発が可能となってきています。関係各位と一層連携しながら、それらを具体化していきたいと思います。

特に現場の予算の制約などを考えると、一部を人間が行って、残りは河川自身の営力でやるしかないというのが現状だと思います。そのほうがよりよいものになる場合が多いかと思いますが、PDCAサイクルで、理想としては従来の対症療法から——つま

り壊れたから直すのではなく、抜本療法で、全体をよくするようなことをやったら災害が起きないというかたちに移行するような研究を、今後ともやっていきたいと思います。

御清聴ありがとうございました。

司会 質疑については、最後の総合討議の時間にまとめてとなりますが、どうしても今お聞きしたいという方がいれば受け付けます。いらっしゃいますでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、板垣さま、どうもありがとうございました。

続きまして、国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ 上席研究員 猪股広典さまよりご講演いただきます。それでは猪股さま、どうぞよろしくお願いいたします。

● スライド52

4. おわりに

- ・先人による治水・利水事業等の積み重ねによる資産があるからこそ、以前に比べ安全で便利な生活を現代社会は享受することができている。
- ・これらの資産を活用しつつ、現場の制約条件のなかで、河道の二極化を始めとする総合土砂管理に係る課題を緩和・解決する技術開発が急がれる。
- ・近年のコンピューターの計算能力の向上、水面下を含むレーザー測量の汎用化、降雨予測精度の向上等により、以前は困難であった対策技術の研究開発が可能となってきている。
- ・治水、利水、環境目的を同時に追求しうる河道保全技術の確立に向けた研究が求められ関係各位との一層の連携をお願いしたい。
- ・自然現象である降雨の不確定性、水・土砂の流れ、植物の繁茂による影響の複雑さ等を踏まえると、人が一部を行い残りを河川自身が作り出す対策が実際のと考えられる。
- ・現場と連携した実証実験を組み合わせたPDCAサイクルによる研究を進め、対処療法から抜本療法への進展を目指してまいりたい。

52

河道特性から見た近年の橋梁洗掘被災の特徴と予防保全に向けて

国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ 猪股 広典 氏

ただいまご紹介にあずかりました、土木研究所の猪股と申します。

(スライド1) 私は「河道特性から見た近年の橋梁洗掘被災の特徴と予防保全に向けて」というタイトルでお話しします。よろしくお願いします。

(スライド2) 最初に、橋梁の被災要因です。
毎年のように、橋梁の被災が起こっています。
ニュースを見ていると、地震が起こったときに橋が大きく被災するような印象をどうしても持ちますが、このグラフでは、黄色で塗られているところが



地震で起こった被災の件数を示しています。

平成23（2011）年は東日本大震災、平成28（2016）年は熊本地震と、このような大地震が発生した時はやはり地震による被災件数が大きくなりますが、大地震発生以外の年は毎年のように洪水とか台風というカテゴリーで被災が起こっており、件数としては地震よりも風水害による被災が圧倒的に多いのが実態です。

(スライド3) 土木研究所の前理事長である西川

● スライド1

河道特性から見た近年の橋梁洗掘被災の特徴と予防保全に向けて



1. 近年の被災事例の調査
2. 洗掘点検の現状

令和6年度 河川研究セミナー
令和7年2月4日
国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ
上席研究員 猪股広典

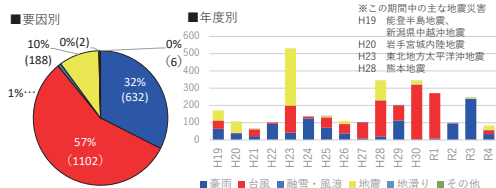
1

● スライド2

橋梁の被災要因 (H19-R4年度)

・橋梁の被災原因の約9割近くが台風や豪雨による

⇒この要因の一つとして大きいと考えられる洗掘への対応は橋の維持管理における重要事項



橋梁の被災要因 (H19-R4年度)

出典：災害統計 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&dataset=00600910&start=000001024237>

2

● スライド3

今日の発表で対象とする被災形態

西川（2023）による洪水による橋脚被災の分類

1. 圧倒的な超過外力による災害
2. 時間をかけて洗掘が進んだ結果として生じる劣化・損傷の一種

→今日の話題は、後者に該当するもの

- 近年の被災事例調査
- 道路管理者の実施する点検の現状



1. 圧倒的な超過外力 (西瀬橋、日経クロステックHP)



2. 時間をかけて洗掘が進んだもの (三郎丸橋)

3

(和廣)さんが、洪水による橋梁被災について分類しています。

その一つは圧倒的な超過外力による災害です。スライド左下の写真は球磨川の大水害の時のものです。ものすごい出水が起こって、橋桁まで水がかかるような出水で、上部の桁が流れてしまったというような、そういうパターンの被災です。

もう一つは、時間をかけて徐々に洗掘が進んだというカテゴリーのものをスライド右下の写真に挙げています。

今日の私の話は、この2番目のほうの、徐々に洗掘が進行するものについてお話しします。これについて、被災事例の調査と、現在どういう点検が行われているかということをお話しします。私は河道保全グループですが、道路のグループと協力して研究をしまして、道路のほうともいろいろ情報交換しながらやっていますので、そのあたりの情報を交えながらお話しします。

(スライド4) 最初に、被災事例調査です。橋梁の被災は昔から知られています。1970年代にはかなり橋脚に関する被災があったようで、構造令を読むと、砂利採取に伴う河床低下が一つの要因だと書いてありました。砂利採取はご存じのとおり、もう規制されているのですが、依然として被災は起きているので、なにか現代的な被災メカニズムがあるのではないかとということで、まずは被災事例調査を行いました。

(スライド5) 2019年から2024年の間に発生した、あまり水位は上がらずに橋脚が沈下被災した9つの事例をピックアップして、現地調査等により被災要因を定性的に調べました。

A橋からI橋、全9事例について、基礎形式だとか、竣工年といった諸元をまとめました。いちばん重要なことは表の一番右側。河床低下（二極化を含む）の有無で、先ほど二極化について板垣さんのから説明がありましたが、二極化を含む河床低下に伴って生じる事例が非常に多く、全体の半分以上が該当すると考えています。

(スライド6) これは二極化が一つの要因として起こった事例の一つです。この橋は1960年ぐらいに架けられた橋です。左側は航空写真で河道の変遷を見ているものです。

もともと右岸側に滯筋が通っていました。時間の経過とともに、徐々に滯筋が右岸側から左岸側に変遷していきます。2005年の航空写真を見ると、滯筋

● スライド5

河床低下（二極化含む）が生じている場所で被災が多い

- 2019年から2024年の間に、被災時において上部工までの水位上昇は生じずに橋脚の沈下に至った9事例について事例調査を実施
- 基礎形式、竣工年、航空写真による河道平面形変遷の調査、縦断勾配、橋梁架設近傍の河道横断データ、河床材料構成等の情報を可能な範囲で入手し、これらの情報を基に定性的に検討
- 河道横断データが入ってきた事例（B、C、F橋）については横断形状の変遷から水域部と陸域部における比高差拡大が確認された場合、河道横断データが入らなかった事例（A、D、E、G橋）については航空写真から樹林化を伴って経年的な主流路固定が確認される場合に二極化が生じていると判定

調査対象とした橋の諸元（※黄色マーカーを施した6橋梁は、現地調査を実施）（継続2023に追加）

橋梁	路線	基礎形式	竣工年	被災年	橋長	橋間長	河床勾配	主な河床材料	セグメント	河床低下（二極化含む）の有無
A橋	国	直接基礎	1959	2019	約60m	約8m	1/60	砂利	1	○
B橋	県	ケーソン	1962	2021	約340m	約15m	1/300	$D_{50} = 26.2 \text{ mm}$	1	○
C橋	県	ケーソン	1953	2021	約80m	約15m	1/230	砂利	1	×
D橋	市	直接基礎	1987	2021	約110m	—	1/40	$D_{50} = 19 \text{ mm}$ より大きい粗礫多数	1	×
E橋	鉄道	直接基礎	1904	2022	約500m	約25m	1/150	$D_{50} = 19 \text{ mm}$ より大きい粗礫多数	1	○
F橋	県	ケーソン	1957	2022	約340m	約25m	1/570	$D_{50} = 9.5 \text{ mm}$	2-1	○
G橋	県	直接基礎	1932	2023	約450m	約20m	1/800	砂利	2-1	○
H橋	県	直接基礎	1962	2023	約40m	約20m	1/110	砂利	1	×
I橋	県	直接基礎	1966	2024	約70m	約20m	1/130	砂利	1	×

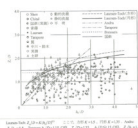
● スライド4

被災事例調査

- 1970年代頃、橋脚の洗掘に関する研究多数。当時の社会的背景を詳細に記す文献はあまり多くはないが、砂利採取に伴う河床低下が一つの要因（構造令）であったと推測
- 砂利採取が制限されている現在も被害は発生 → 別の被災メカニズムの存在を示唆
- 西川の分類「圧倒的な超過外力による災害」及び「時間をかけて洗掘が進んだ結果として生じる劣化・損壊の一種」の後者に該当すると考えられる被災事例調査を通じ、メカニズム特定、被害軽減に向けた考察を実施



法雲寺橋の沈下（1969年）図説研究資料



水理公式集
 $Z=1.5D$
Z: 局所洗掘深
D: 橋脚の躯体幅



局所洗掘
橋脚近辺が対象

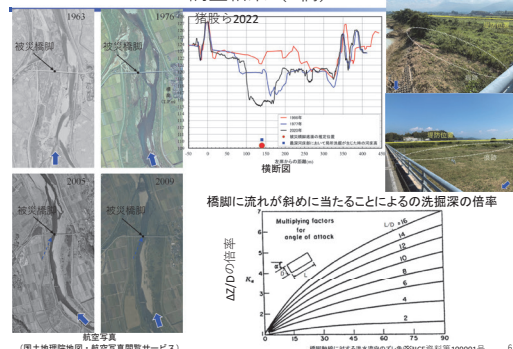


富山大橋の沈下（1969年）
（河川施設等構造令）

4

● スライド6

調査結果（F橋）



航空写真
（国土地理院地図・航空写真閲覧サービス）

6

のところに被災する橋脚が位置しています。2005年から2009年、あとは直近の2022年、被災する直前まで、滯筋の位置は一切変わることなく、さらには砂州上に樹林化も伴うという、いわゆる典型的な二極化症状が出ています。

横断データを見ますと、先ほど申し上げた通り、最初は右岸側に滯筋が通っていたのが、徐々に左岸側に滯筋がシフトしていった、その位置で河床がどんどん低下していることが分かります。赤丸は被災橋脚がある位置です。竣工当時はかなり根入れがありました、二極化による河床低下によって、被災直前には大体6、7mぐらい根入れが減っていました。その状態で洪水を迎えて被災に至った。そういう事例になります。

河床低下に加え、平面的な河道の変化がこの橋脚に悪影響を与えた点がもう一つあります。もともと橋脚というのは川の流れに対して真っすぐに造るものです。そうすることで、洗掘を最小限に抑える仕組みになっています。しかしこの事例では、この写真だと分かりにくいのですが、川の位置が変化するにつれて、橋脚に対して流れが斜めに当たるようになってしまいました。右下は既存の資料ですが、橋脚に流れが斜めに当たることで洗掘深の倍率がどんどん大きくなりますので、平面的に見た河道の位置の変化は、橋脚にとっては厳しい方向に河道が変化していったことを表しているのも本事例の一つの観点になります。

(スライド7) 続きまして、法雲寺橋。この事例も先ほどと同じで、竣工当時、周辺河道にはきれいな礫河原がありましたが、被災直前になると樹林化を伴って滯筋が固定化しているため、これについても河床低下が進んでいたのではないかと考えられます。

(スライド8) こちらのB橋についても同様に滯筋の固定化、河床低下が要因であったと考えています。

この事例も先ほどの事例と同じで、建設当時と比べると、被災前までに河床がおおよそ6、7m下がっていました。

この橋を架け替えるには、何百億円という費用がかかるということでした。橋は一度調子が悪くなってしまうと、相当甚大な影響が出るということを痛感した事例でした。

(スライド9) 被災事例に共通した特徴として、先ほど河床低下について申し上げましたが、それ以

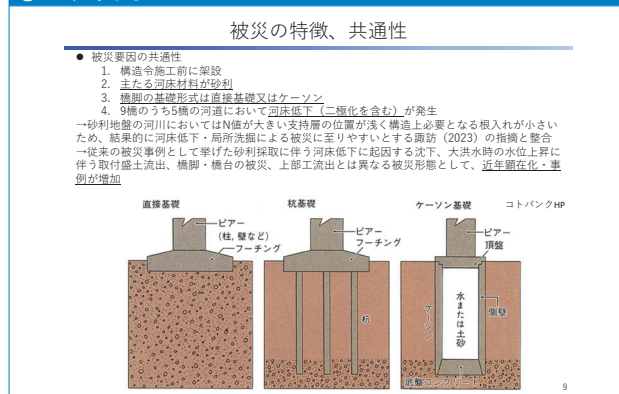
● スライド7



● スライド8



● スライド9



外には、被災は全て河床材料が砂礫、砂利の区間で発生していることが挙げられます。

あとは橋脚の基礎形式について「直接基礎又はケーソン」としました。項目2と3は関係があります。左端の図ですが、砂利河川というのは橋脚の根入れが少なくても、地盤の浅いところでも支持力が確保できます。経済性を考えると、それほど深く根入れを取る必要がありません。それに対し、砂河川になってくると、表面の砂では支持力を確保できないので、必然的に、支持力が確保できる深部にまで杭を伸ばすことが必要になります。

そうすると、直接基礎（左端図）と杭基礎（中央図）を比較すると、直接基礎は表面の砂利が洗われてしまうと一気に基礎が倒れる。それに対して、杭基礎の場合だと、表面の砂が多少洗われても支持自体は深いところで取られているので沈下しにくいことになります。このようなメカニズムで、必然的に砂利河川で被災が多くなると言えます。

（スライド10）調査した被災事例には共通の明瞭な特徴があるので、同様の特徴を持つ橋がどれくらいあるのかを調べました。

県管理の道路橋が全国に全部で約14万橋あります。このうち川に架かっている橋はおよそ3分の1にあたる5万2,000橋ありました。5万2,000橋の中から、先ほど申し上げた構造令前に竣工した古い橋だったり、直接基礎だったりという特徴を有する橋梁をピックアップすると、大体また10分の1に絞ら

れて、5,500橋くらいまで減ります。

（スライド11）二極化している河道に架かる橋梁はやはりリスクが高いということで、航空写真から樹林化している場所をピックアップして、いったいそれがどれくらいあるかを調べました。

すると5,500橋のうち、およそ3,300橋の周辺河道が樹林化ありと判断されて、さらにそれを直轄河川にかかっている橋に限ってみると約580橋で、全体の約1%になります。

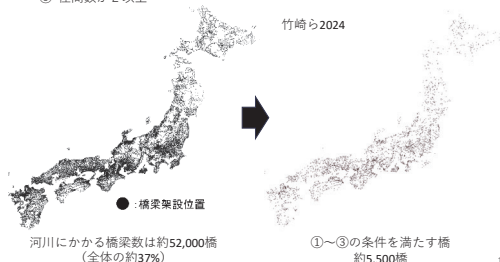
このように洗掘のリスクがある橋梁は数を絞ることができるので、点検について対象橋梁を絞るといった合理化が可能ではないかと考えています。

（スライド12）現代的な橋脚の洗掘被災、これを予防しようと思ったら、これまでたくさん研究が行われてきた局所洗掘だけではなくて、この図でいうと ΔH の河床低下部分、これをしっかり把握することが、予防保全において一番重要なことになります。

● スライド10

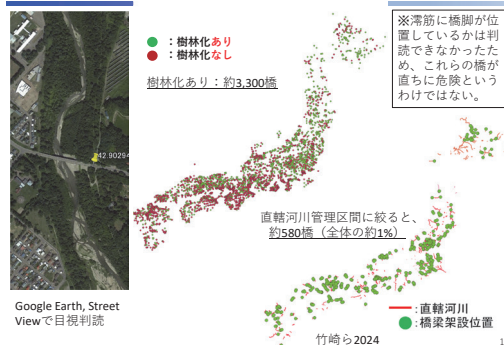
「被災の特徴、共通性」を持った橋梁の概略数把握

- 「全国道路施設点検データベース」に情報がある全ての県管理道路橋（約140,000橋）を対象として、下記条件に合致する橋梁を抽出
 - ① 構造令施行前に架設
 - ② 直接基礎・ケーソン基礎・不明基礎
 - ③ 径間数が2以上



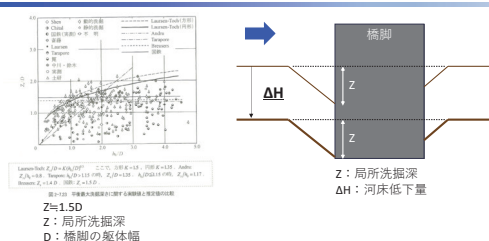
● スライド11

「被災の特徴、共通性」を持った橋梁の概略数把握



● スライド12

予防保全のためには河床低下の把握が重要



従来、橋脚の洗掘は局所洗掘深（Z）に主眼があったが、今日的には局所洗掘よりも大きなスケールで見た河床低下（ ΔH ）を考えることが予防保全において非常に重要

(スライド13) そのためのツールとして『河道管理基本シート』が挙げられます。『河道管理基本シート』は、縦断形のデータだけではなく、どこに樹木が繁茂しているか、平均・最深河床高の経年変化、あとは河床の最深部の平面位置。これで滞筋の固定化も分かります。既にある『河道管理基本シート』を使うことで、かなりの情報が得られると個人的には考えています。

橋脚の根入れをこの図に入れて、さらに局所洗掘がどれくらい発生するかということを把握すれば、危ない橋は事前に分かるのではないかと考えています。

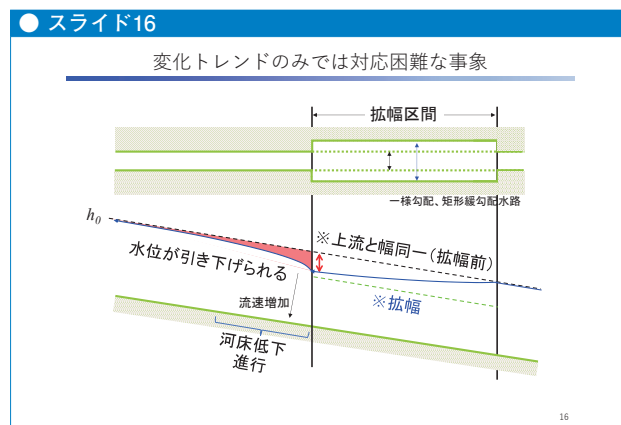
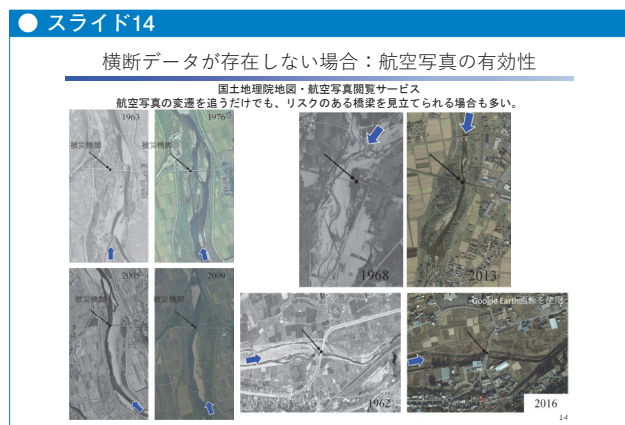
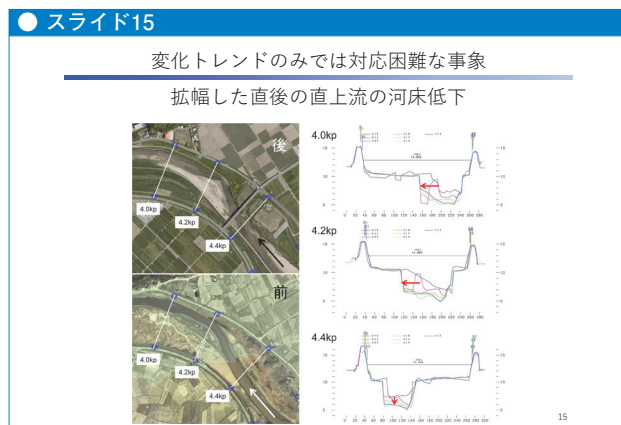
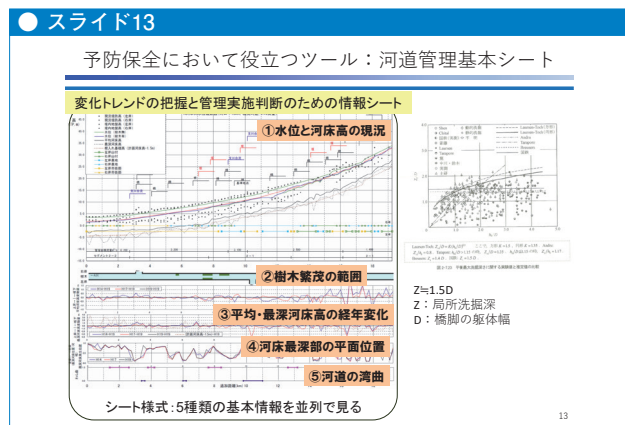
(スライド14) 仮に河川の直轄区間外でも、先ほどからご覧にいられているような、航空写真を見るだけでもなんらかの情報は捉えることができます。

(スライド15) ここまでは主に河床低下、二極化というような河床低下に関するお話でしたが、長期

間かかって河床が低下すること以外に考えなければいけないのが人工的な拡幅のような場合です。

この事例は、左下の航空写真が拡幅前で、その上の写真が拡幅した後になります。この4.0kpから4.2kpぐらいまでが人工的に掘削されました。この4.0kp、4.2kpぐらいをぐっと拡幅すると、その結果、その直上の4.4kpのところ滞筋がぐっと下がるということが起こったという、実際の事例です。

(スライド16) これをポンチ絵で示すとこの図になります。もともと河川が、ある一定の川幅で流れていた。そうすると、ある流量に対して、水位が決まります。ある区間を拡幅すると、同じ流量を流したときに拡幅区間だけ水位が下がることになります。ここの水位が下がると、その水位にすりあわせるように、上流側の水位が引き下げられることになるので、低下背水が起こるわけです。ここでは水面勾配がついて流速が上がるので河床低下が進行するという、極めて当たり前の事例になります。



(スライド17) 先ほどの4.0kpと4.2kpで拡幅したら、上流にある4.4kpが下がってしまったというものです。このメカニズムとしては、先ほども申し上げた通り、もともと一定の川幅で流れていたようなところではある流量に対して水位が決まるわけですが、ある区間を拡幅すると、同じ流量に対して拡幅した区間で水位が低下するので、低下した水位に対して上流側の水位も引き下げられます。その水位の引き下げに伴って流速が増加するので、ここの部分の河床が下がるというようなことが起こる。そういう簡単なメカニズムです。

これに伴って被災した堰の事例があります。固定堰を改築して可動堰にし、併せて拡幅も行ったものです。スライド下の図は縦断形状を見たものですが、この赤の点線があるとところが拡幅した区間、水色に対して紫の線は拡幅に伴って下がった水位を示しています。そうすると、この工事を実施した区間よりもちょっと上流のところでは水面勾配が当然大きくなり（赤い破線で丸く囲んだ箇所）、護岸が被災したという事例です。

これは護岸の事例ですが、仮にここに橋があったというような場合を考えると、橋も当然同じようなリスクを負うことになります。

(スライド18) 今後、気候変動を考慮した基本方針・整備計画が策定されます。そうすると、流量が1.1倍とか1.2倍とかになるわけですが、当然、拡幅・掘削が流下能力向上のための手段の一候補に

なってくると思うので、そのときに、橋に対するケアというものが今後ますます必要になってくるだろうと考えています。

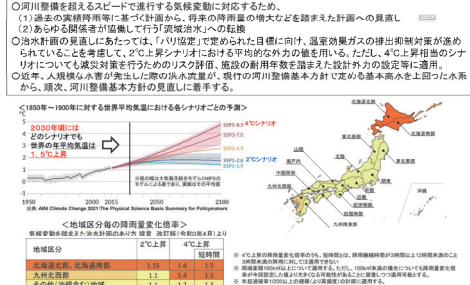
(スライド19～21) これはちょっと飛ばします。

(スライド22) 今まで申し上げたとおり、被災事例を見てみると、被災前に予兆をつかむことはある程度可能であると考えています。それに対して道路側が実施している点検はいったいどういう感じなの

● スライド18

河川整備基本方針の変更の考え方 (R4.5.27)

河川整備基本方針の変更の考え方について(案)【1/3】

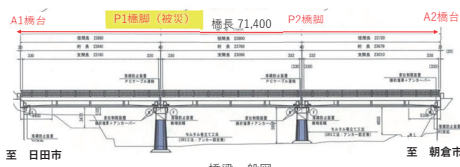


● スライド19

三郎丸橋

国道386号 三郎丸橋 (大分県日田市) 諸元

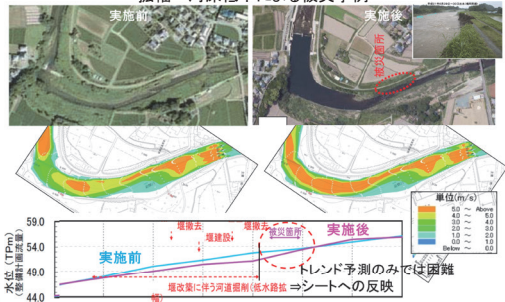
上部構造形式	PC3径間単純橋台ステンT桁橋
下部構造形式	逆T式橋台、張出し橋脚 基礎形式不明 ※橋脚は直接基礎と推定
橋 長	71.4m
架設年	1966年(昭和41年)



● スライド17

変化トレンドのみでは対応困難な事象

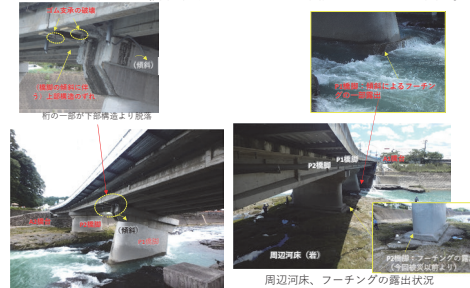
拡幅→河床低下による被災事例



● スライド20

三郎丸橋の被災状況

- P1橋脚で上流側への傾斜・沈下、フーチング上面の一部露出及びこの位置での橋軸直角方向への上部構造のずれを確認。



かを、ちょっとご説明したいと思います。

(スライド23) 道路のほうの点検は『道路橋定期点検要領』に基づいて実施されます。これによると、健全性の診断の根拠となる状態把握は近接目視で行うことと書かれています。

水中の洗掘に対する点検を行おうと考えたときに、どうしても水中なので、目視したところでよく分からないというのが正直なところですよ。

(スライド24) 最近の令和6（2024）年3月に改定された要領ですと、やはり最近は被災事例が増えてきているので、特定事象の一つとして「洗掘」が明示的に挙げられるようになり、「洪水時など定期点検時点の確認だけでは把握が困難な状態の変化が生じる可能性がある現象」と書かれています。「洪水後は必要に応じて、その状態を確認することも場合によっては必要ですよ。そういう現象ですよ」ということが明示的に記載されたということで、これは大事な一歩になっているところですよ。

● スライド21

三郎丸橋 支持地盤となっている岩



ポットホール

流下土砂により削られた痕

21

● スライド22

点検の現状



22

● スライド23

道路橋定期点検要領



表-5.1 状態区分	
区分	状態
Ⅰ 健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
Ⅱ 予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から注意を要することが多い状態。
Ⅲ 早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態。
Ⅳ 緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態。

道路橋定期点検要領は、定期点検について、道路管理者が遵守すべき事項や法令を運用するにあたり最低限配慮すべき事項を記したものである。

道路橋定期点検要領の抜粋

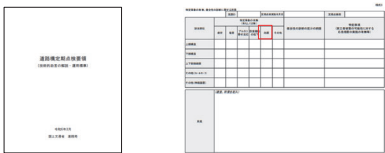
- ・本要領は、道路法（昭和27年法律第180号）第2条第1項に規定する道路における橋長2.0m以上の橋、高架の道路等（以下「道路橋」という）の定期点検に適用する。
- ・定期点検は、6年に1回の頻度で実施することを基本とする。
- ・健全性の診断の根拠となる状態の把握は、近接目視により行うことを基本とする。
- ・外観から把握できる範囲の情報では状態の把握として不足するとき……、適切に状態を把握するための方法を検討するのがよい。
- ⇒定期点検を行う者が、道路橋の健全性の診断の一環として、道路橋の状態の把握と次回定期点検までの間の措置の必要性について総合的な診断を行う。

23

● スライド24

橋の機能に影響を及ぼす洗掘の状況把握の重要性

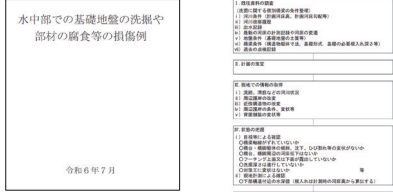
- ・令和6年3月に改定された道路橋定期点検要領において、健全性の診断の区分にあたって考慮される予防保全の必要性の観点等から記録しておくのがよい「特定事象」の一つとして「洗掘」が挙げられている。
- ・洗掘については、「洪水時など定期点検時点の確認だけでは把握が困難な状態の変化が生じる可能性がある現象であり、そのような危険性がある場合には、洪水後は必要に応じて状態の確認を行ったり、洗掘の状態によらず予防的な措置の検討が行われることもある現象」と記載。



24

● スライド25

水中部での基礎地盤の洗掘や部材の腐食等の損傷例



水中部の状態把握に関する参考資料は、橋梁基礎の洗掘やバイルメント橋脚の腐食に対する状態把握を行うにあたっての基本的事項を記したものである。

25

目視するポイントは、橋梁の軸線がずれていないか、躯体が傾斜していないか。あとは河床低下がないかといったことが書いてありますが、どういう方法を使って、こうやって点検してくださいという具体的なところまではあまり書かれていないので、道路管理者各々の裁量に委ねられているところが多いと、個人的には思っています。

実際に道路管理者の方とお話しさせていただいても、洗掘に関する点検は現状では手探りでやっているという印象を受けます。

(スライド26) そんな中、先日、大分県が管理している三郎丸橋という橋が沈下被災を起こし、その後、県が、管理している全ての橋を緊急的に点検したというニュースがありました。私の知る限りではこれはかなり先進的です。

ちょっと見にくいかもしれませんが、この写真では、点検する人が、赤白棒で局所洗掘の部分をつんつんとつついて点検していることが分かります。これでもかなり先進的な取り組みだと思います。

(スライド27) そのほかの道路管理者の方とお話ししていても、「これから洗掘の点検をやろうと思っています」という話はよく聞きます。

レッドロープといって、ロープの先に重りを垂らし、ロープについている目盛を読んで洗掘深を測るという手法を使うと推測されます。

私は先ほど、縦断形状を見て、平面形状を見て点

検することが大事という話をしましたが、道路橋でこれからやろうとしている点検というのは、まだ一足飛びにそこまではいきません。使える予算も限られているということなので、まずはこういったところからスタートしていくというのが実情です。

(スライド28) まとめです。

近年の被災事例の調査を最初に申し上げました。河床低下を一因とする事例が非常に多かったというのが実態です。

ある程度、事前に予兆をつかもうと思ったら、直轄管理区間であれば『河道管理基本シート』や横断データ、あとは直轄管理区間外であっても航空写真を使えばある程度、把握することができると考えています。

これに対して、道路管理者の点検はまさにこれから始まる場所です。洗掘に関する健康診断はまだまだこれから事例が蓄積されていく、そういうフェーズだと考えています。今後に期待したいと

● スライド27

橋の上からできる簡易な河床計測法

- 重錘（レッドロープ）による調査
先端に重錘がついたロープで水深を計測する方法

作業手順（計測イメージ図を参考）

- ① 水面から高欄までの距離を計測【レッドロープ】
- ② 高欄の高さを計測【コンベックス等】
- ③ 水深を計測【レッドロープ】



レッドロープ

レッドロープによる計測状況

計測イメージ図

27

● スライド26

水中部での基礎地盤の洗掘や部材の腐食等の損傷例

河床の沈下

洪水等が下流側河床に堆積している場合や下流側河床に付着物があふれる場合は、堆積物により河床が沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。河床が沈下すると、下部構造の基礎やフーチングが沈下する可能性がある。

点検における大分県の取り組み

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

大分県は、河床の沈下や基礎の腐食等の損傷を防ぐために、点検を行う。

● スライド28

まとめ

1. 近年の被災事例調査
 - a. 河床低下（二極化含む）を一因とする事例が散見
 - ・ 直轄管理区間であれば河道管理基本シートが有効。直轄管理区間外で横断データが無い場合でも、航空写真の変遷から沈下の予兆を捉えられる可能性あり。
 - b. 気候変動対応として基本方針流量、計画高水流量が引き上げられる見込み。流下能力向上の手段として掘削が行われる可能性があり、掘削対象区間の付近にある橋梁は注意が必要。
2. 洗掘点検の現状
 - a. 道路管理者による点検事例が今後増えていく見込み
 - b. 点検方法は、まずはレッドロープをはじめとした簡易的な方法が中心
 - ・ 道路管理者に、横断測量データを使うよう積極的に伝えることも非常に有効

28

思っています。

手法としては、レッドロープを使った簡易的な方法が中心になっていくと考えられますので、私が思っている点検と、これから道路管理者が行う点検は、まだちょっと乖離があるような印象を受けます。

そんな中で、道路管理者の方と意見交換していると、やはり横断測量データのようなものの存在すら知らない方が結構いらっしゃるように感じます。河川の方が道路の方と接する機会があったら、「あの橋は危ないよ。この橋は危ないよ」というのは、なかなか難しいとは思いますが、基礎的な横断測量データなど、こういったものが使えるのではないかと、いうことを、積極的に道路管理者に伝えるだけでも大きな一歩になると思っています。

それは道路管理者の管理の話ですが、河川管理者としてケアすべきこととして、これからやはり基本方針流量だとか整備計画流量というものはどんどん上がっていく。その中で、流下能力向上の手段として掘削・拡幅のようなことが行われる可能性が当然ある。そのため、これまで以上に対象区間の付近にある橋梁に対する注意が改めて必要な時代に入っていくだろうと思っています。

(スライド29) 最後に今後の展望ですが、先ほど申し上げたとおり、洗掘の点検というものがまだまだこれから充実されていくレベルだと思っていますので、今後これから健康診断がどんどん増えていく

と、疑わしい事例が出てくると思います。今はまだ疑わしい事例が表出していないだけで、これから出てくるのだと思います。

そのときに、今、本当に対策が必要なのか、どのような対策が本当に有効なのか、こういう問いに向き合うことになると思っています。本当に対策が必要なのかを考えるにあたっては、次の出水にちゃんと耐えられるかどうかを定量的に評価することが必要になってくると思います。対策が必要だということになると予算が必要になってくるので、やはり洗掘の発生を定量的に予見するための技術開発が今後は必要だと考えています。

次に、対策が必要だと判断された場合、どのような対策が必要なのか。病気で言うと、早い段階で見つかったらこういうやり方でいいけれど、ちょっと状態が進んだときはこういう方法で、というようなものは全く確立していません。

道路の人に聞いた事例ですと、スライド右下の鮎沢橋の例ですが、あるとき気づいたら、橋脚の基礎の周りで4分の3ぐらい材料が抜けてしまって、4分の1だけで何とか持っている状態だったそうです。隙間にコンクリートを充填したのですが、このときは通行止めしてやらざるを得なかった。ここまでの状態にしたいくないというのが道路管理者の願いで、通行止めをしないで対策可能な範囲で見つけたいということをおっしゃっています。

一つの要件として、具体的にどれくらいの洗掘のタイミングで、どういう対策を打っていくかという事例を積み重ねていくことが、これから必要な技術開発だと考えています。

以上で私の発表を終わります。どうもありがとうございました。

司会 ありがとうございました。

先ほどと同じように、ここだけはどうしてもこの場で聞いておきたいという質問がある方がいらっしゃればお受けいたします。よろしいでしょうか。

それでは、いったん休憩に入らせていただきます。皆さん時間どおりですので、14時45分まで、10

● スライド29

今後の展望

点検事例が増えてくると、疑わしい事例が今後出てくることが予想される。その時には「対策は必要なのか」、「どのような対策が有効なのか」という問いに向き合うことになる。

- 対策は本当に必要なのか
➢ 次の出水に耐えられるかどうかを定量的に予見できるのか?
- 対策が必要と判断された場合、どのような対策が必要なのか
➢ 洗掘の進行度合いに応じた対策を実施するタイミング、方法の具体化（沈下が発生する前に予防保全の対策、通行止めを要しないこと）



河床変動計算による河床低下量の計算（竹嶋ら2024）
左：鮎沢橋 右：洗掘状況
全面通行止めでの復旧を実施（土木技術資料53-1）

分間の休憩を取りたいと思います。次の開始時間は14時45分となりますので、それまでにお席にお戻りください。それでは休憩とさせていただきます。

(休憩)

司会 お時間になりましたので、再開させていただきます。

続きまして、国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ 上席研究員の水草浩一さまよりご講演いただきます。それでは水草さま、どうぞよろしくお願いします。

流砂系と協働したダム堆砂対策技術の開発

国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ 水工チーム 水草 浩一 氏

ただいまご紹介いただきました、土木研究所 水工チームの水草と申します。よろしくお願いします。

水工チームは、いわゆる水利系、ダムの水回りを取り扱っている部署になります。水回りの中には土砂も含んでおり、その中にはダムの堆砂も対象としていまして、今回、直接的には河道の二極化の話題ではないのですが、河道保全ということで、ダムの堆砂と河道保全というテーマの研究を今日はご紹介したいと考えています。

（スライド1）まず「流砂系」ということで、これは国交省のホームページから抜いてきたポンチ絵です。「最上流部の山腹斜面から海岸の漂砂域までの、いわゆる流域全体で土砂が移動する場合全体のことをいう」とされています。

上流にダムが1個できると、ダムに土砂が堆積し、そこから下流に土砂が流下しなくなります。ダムが建設される前、土砂は川を伝って、最後、日本の場合は海に到達し、海に到達した先は海岸沿いの海流に乗って、流れ着いた先で砂丘や砂浜を形成し



ていたものが、ダムができてしまうとそれらの地形が浸食される、海岸の後退が全国的に問題になっているかと思います。

（スライド2）本日は河川財団主催なので、ダムよりは河川関係者が多いかと思いますが、少しダムの知識をお伝えします。

ダムというのは、その容量を決めるに当たって、いろいろな容量設定を検討します。当然、利水ダムであれば利水容量、洪水調節が必要ならば洪水調節

● スライド0

国立研究開発法人 土木研究所
PWRI PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE

流砂系と協働したダム堆砂対策技術の開発

土木研究所 水工チーム 水草 浩一

● スライド1

流砂系とは 国土交通省総合的な土砂管理説明WEBページ抜粋

「流砂系」とは

最上流部の山腹斜面から海岸の漂砂域までの土砂が移動する場合全体をいう

(1)

容量といろいろありますが、その中に堆砂容量というものを設定します。堆砂容量とは何かというと、ダム の寿命を想定して、その寿命までの間にダムに堆積するであろう土砂を全て捕捉しようということで設定します。今、日本で造っているダムの寿命は基本的に100年となっていますので、ダムに流れ込んでくる土砂を100年分ためようというコンセプトで堆砂容量を決めています。

ただしダムに流れ込んでくる土砂が100%堆積するわけではありません。ダムに流れ込んでくるのは、土砂混じりのふわふわとしたウォッシュロードというものを含んでいて、それらのうちダムに貯留されている期間中に沈降するものを100年間ためようということです。沈降しない、いわゆるふわふわ漂い続けているものは、沈降せずにそのうちダムの洪水吐きや放流設備から下流に向かって流れ出ていくので、ダムに流入してくる土砂量とためる量はイコールではなく、ダムに流入してくる土砂量のうち、ダムに沈降するであろう量をため切るよう設定されていると理解してください。

いちばん下に記載していますが、ダムから堆砂は出さない、もしくは出ていかないという想定でダムの設計がされているということです。つまり、ウォッシュロード以外は堆積するという前提ということになるので、結果的に何が生じるかというと、ダム建設される前は全ての土砂が上流から下流まで流れていたのが、ダム完成後は、上流から流れてきた土砂のうちの、ダムの放流設備までの間で沈降し

てしまう粒径の土砂について全て、ダム貯水池で捕捉され堆砂になってしまうということです。これをダムの堤体地点で見えてみると、ダムは必ず上流からの土砂量をマイナスにしてしまう設備になっているということです。

では、この100年間にたまと想定する土砂の量をどのように求めているのかというと、近隣のダムの状況を見ながら、ここにダムを建設したらこの程度土砂がたまるだろうというものを、推測や経験則をもとに算出して堆砂量を求めるということになっています。そのとき当然、洪水のボリュームによって流れてくる土砂の量が変わりますから、100年間の流入土砂量の算出にあたっては、100年間の洪水を与える計算をしています。ただしそうはいつでも将来のことは分かりませんので、過去の洪水のデータを繰り返し使いながら、100年間の計算を回して、実績値のある近隣のダムと見比べて、大体当たらずとも遠からずであることを確認しながら決めるのですが、当然想定外の事象が起きます。

その場合、想定堆砂量、要するに計画で位置づけている堆砂量を上回るような堆砂が生じることもあり得ます。ダムの堆砂容量は、貯水池の底にたまるとの想定に基づき決めているので、堆砂容量内に土砂がたまる分にはダムの機能に対して一切問題が生じないのですが、堆砂量が堆砂容量を超えてしまうと、計画において堆砂の上の空間に積み上げるかたちで容量を確保する利水容量や、さらにその上に積み上げる洪水調節容量が食われていくことになります。つまり、本来水をためなければいけない容量が土砂で埋まるということになるわけで、利水もしくは洪水をためられない状態、ダムに求められる機能が下回り、所定のダム機能を発現できない状態になるということを意味します。

ダムの堆砂対策はダムの管理期間にわたる長期的な課題となるのですが、ダム貯水池内の水は、ダム上流の土砂を運んできたような水の勢いがあるため、堆砂は再度巻き上げられてダム下流に流出するということが起きません。一度堆積した土砂は

● スライド2

流域の流砂系に対するダムの認識 河川防砂技術基準解説抜粋転記

2.3.7 堆砂容量
堆砂容量は、100年間の推定堆砂量をとることを標準とするが、洪水吐きより土砂を流下させる構造としたもの、貯水池への流入土砂を計画的に排除するもの等、特別の対策を講じたものについては、計画堆砂量を減らすことができるものとする。

解説
貯水池の堆砂量は、類似地域における既設の貯水池の堆砂量から推定することが望ましく、上流の砂防計画、流域の広狭、地質、林相などを考慮し、推定堆砂量の計算結果等も参照し、総合的に決定する必要がある。しかし、洪水吐きより土砂を流下させる構造としたもの、貯水池への流入土砂を計画的に排除するもの等、特別の対策を講じたものについては、堆砂容量として100年間の推定堆砂量を減らすことができる。

ダム放流設備から流出しない土砂は全て貯水池内に堆積する

ウォッシュロード以外は堆積する前提
・ダム下流域でのアーマータ
・海岸域での砂浜の減退・喪失

想定堆砂量を上回る際の堆砂対策
・放っておいて減ることはない
・ダムの管理期間に渡る長期的課題

ダムから堆砂は出さない（出ていかない）

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (2)

放っておいても絶対減ることがないという点が問題になります。

(スライド3) これは、相模川水系の流砂系総合土砂管理計画です。これを見ると、昭和30年代、60年代、それから現在まで、相模ダム、道志ダム、城山ダム、宮ヶ瀬ダムなど、流域にいろいろなダムが建設されてきたことがわかります。ここで土砂がどのように動く想定しているのか計画を見てみると、例えば、土砂が1年間に11万 m^3 生産され、ダムによって捕捉される量が11万 m^3 と記載されています。

下側の「なし」との記載は、ダムから流出する土砂量を示しているのですが、粒径の非常に小さなふわふわした土砂成分は全て海に到達してしまい、一方で河道を構成する粒径の大きな土砂成分は、昔から今まで100%ダムで捕捉されてしまうことが見て分かると思います。

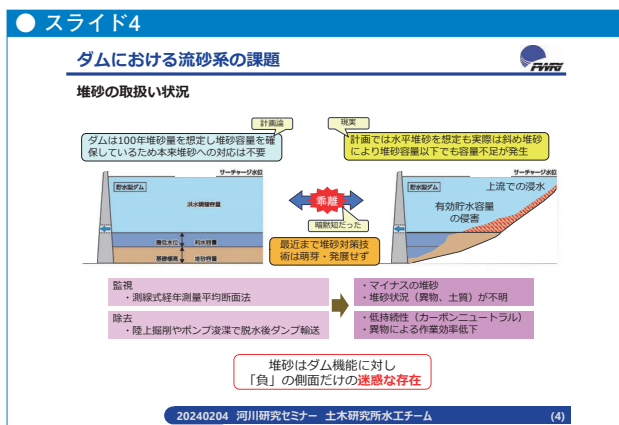
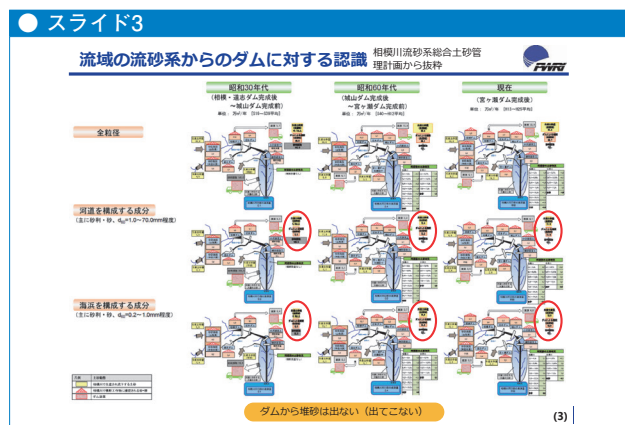
全粒径で見ると、例えば宮ヶ瀬ダムの最新の計画値で見ると、年間91万 m^3 が流入しますが、そのうちふわふわした土砂成分は海まで行ってしまうのでダムに捕捉されず、ダムに捕捉される量が86.7万 m^3 とされているところ、河床を構成する材料となる粒径の土砂は、全て100%ダムにたまってしまうと計画でも位置づけられています。

その意味で、河道を構成する土砂成分の堆砂はダムから流出しない点について、河道視点だと、河道を構成する土砂成分の堆砂はダムから出てこない

認識されている、とおっておいください。

(スライド4) ダムは100年間堆砂を堆積させる想定で、貯水池の下の方の標高から順番に堆砂容量、利水容量、洪水調節容量と積み上げてその大きさが決められていくのですが、複雑な計算ができなかった昔からこの考え方に基づいているので、堆砂容量は設定した計画堆砂位まで水平に土砂がたまらうと仮定して計画をします。ただし、実際の洪水は上流からダム貯水池に流入した途端、急速に流速が落ちますから、流速が落ちると同時に掃流力が落ちて、洪水に含まれる土砂が沈降を始めます。従って、ダム貯水池の上流側から粒径の大きいものがどんどん積み重なっていくというのが堆砂で実際に起きている現象となります。

そうすると、理論上はダム貯水池の標高の一番低い場所、つまり下流端のダムの堤体から順番に底のほうから水平に堆砂は始まるという仮定での計画に反し、実態としては、ダムの上流部分から堆砂が進んでいくということになります。いわゆる斜め堆砂という状況が起きます。ただし、沈降に時間がかかる粒径の非常に小さなふわふわした土砂成分は沖の方にもたまっていくので、全体に平均的に堆砂します。これを断面で見ると、有効貯水容量を侵してしまい、貯水しなければいけない容量が土砂で埋まっていくということになります。同時にこれは、河床が上昇するのと同じ現象になるので、ダム貯水池よりも上流側で浸水を引き起こす、背水、バック



ウォーターを生じさせる場合があるということです。計画で想定する水平堆砂であれば、当然バックウォーターは生じないのですが、理論と現実が違う状況が暗黙知のようにになっている状況です。計画論と現実と乖離があると広く認識されてないことが、堆砂対策が研究対象としてなかなか萌芽しない一因かと何となく感じています。

具体の堆砂対策を講じる前に、まず堆砂の状況を監視する必要があります。監視体制については、国交省の管理ダムであれば、毎年堆砂測量を実施しています。都道府県管理では毎年実施かどうかは少し怪しいですが。堆砂測量の方法としては、経年的な堆砂の推移の傾向、つまり計画に対して合っているのか、それとも上回っているのかを、管理者として判断しなければいけないので、経年的に測り続けることが大切ですから、旧来の手法を長らく採用し続けている場合が多くあります。例えば平均断面法の場合は、川の定期横断と同じようにダム湖全体を何百mピッチかの横断測線で切って、断面と断面の間は内挿する形で堆砂形状を把握します。

ダム貯水池の流速は小さいので、基本的に堆砂は激しく動きませんが、それでも横断側線の間にあった堆砂の凸凹が、ある年に横断側線をまたいだりすると、前年度と今年度の差分で、今年度の堆砂がマイナスになるマイナス堆砂という現象が生じます。ただしマイナス堆砂が生じたとしても、ダム管理者は100年間という長い目で、計画から外れているかどうかを判断するので、ある年がマイナスになっても、全体傾向から誤差の範囲という感じで軽く捉えても問題はなく、そのような意味ではマイナス堆砂の発生をもって計測方法の厳密化にインセンティブが働くということがない場合があります。また計測対象が、深さ方向のダムの堆砂面の高さの情報ですから、ダムの堆砂の中身、つまり粒径などの情報は、管理上関心がなくても大きな問題とならないというのが、監視に関する研究が進まない背景とも考えられます。

続いて、計画を上回るような堆砂が判明したり見

込まれるときは、堆砂の除去を検討し始めます。100年間のダムの寿命に対して十分な機能が確保できなくなるということなので、何とか堆砂を除去しようという話になります。堆砂は水混じりの土砂なので、移動にはかなりの費用がかかります。ダムの場合は、貯水池水位を上げ下げすることが人為的にできるのと、堆砂の除去は水中より陸上のほうが早くて安いということで、基本的には水位の低い時期に陸上掘削を行います。ただし例えば取水口や放流設備周りが埋まるような、機能損失リスクが高いときは、高額にはなりますがポンプ浚渫のような水中浚渫技術を採用します。いずれの場合も、陸上掘削や水中浚渫で除去した堆砂は、脱水した後にダンプカーで貯水池外に運び出す事例が大多数です。当然内燃機関を使う機械なので、カーボンニュートラルの観点で持続性の課題があります。またダム貯水池には、堆砂以外にも流木や巨石が含まれていたりするので、そういうものが掘削や浚渫の際に機械に引っかかると、作業効率が非常に悪くなるということも課題となります。これらを踏まえると、ダム管理の視点では、ダムの堆砂には負の側面しかありません。

(スライド5) ダム貯水池は人為的に水位を上げ下げできるといっても、季節変動があり作業期間が制限されるので、陸上掘削は安価ですが作業が効率的なわけではありません。

ダムの立地がそもそも中山間地なので、マンパ

● スライド5

堆砂に対するダム管理面の課題

除去作業の課題

- ・コストや技術面の制約により従来の主なダム堆砂対策となっている陸上掘削は施工時間が限定され低作業効率
- ・ダムの多くが僻地に立地しており担い手不足もあって熟練作業員・建機オペレータの老齢化や不足が深刻化

コストと柔軟性の両面から多用されている陸上掘削とダンプ輸送

堆砂が堤体や放流・取水設備周辺まで迫って機能不全リスクが高いダム

コスト面から従来の陸上掘削が主体

時期や対象場所が非出水期に作業可能な範囲と限定されるため治水機能の回復に長期間

放流設備の閉塞・致命的損傷リスク回避の緊急性から浚渫工法

高コストのため低持続性および放流設備の近接作業による環境の可能性

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (5)

ワーを使うような作業が、少子高齢化の中で実際に今後も100年間持続できるのかという課題があります。

堆砂がダムの堤体まで近づき過ぎてしまって、ダムの放流設備のところを目詰まりさせている事象が実際もう起きています。

(スライド6) この状況を見てみると、堆砂面がかなりダムの堤体のところに近づいていて、ダムの放流設備の前面に、放流設備が生じさせた流水によってすり鉢状のくぼ地が形成されていることがわかります。このすり鉢状のくぼ地がちょうど安息角で安定しているのですが、そこが少しでも崩れたり、沈木が滑り落ちたり、しばらく放流の機会がないうちに埋まってしまい、しばらくぶりの放流の際には詰まって開かないというようなりスクが十分あり得ます。従って、このようなすり鉢状の形も含めて、堤体付近での堆砂の監視体制の構築も課題となっています。

(スライド7) ここまでが背景で、ここから我々の研究のご紹介です。

SIP (Strategic Innovation Promotion Program) という内閣府の競争的資金があります。全14課題で構成される3期が一昨年度から始まっており、国交省関係で言うと、2つ研究課題があって、1つ目が「スマート防災」で、これは1期から続いています。今期は新しく「スマートインフラ」が国交省関

係の2つ目の研究課題として立ち上がりました。このスマートインフラはA～Eと5つの小さなテーマで構成されており、その中の1番目、「革新的建設生産プロセス」という課題があります。

(スライド8) さらに「革新的生産プロセス」の中でも、人が立ち入らなければいけない場所の省力化や安全に資する技術開発を目的とする項の、ダム堆砂対策技術の開発に、今回、土木研究所が参画しているところです。

(スライド9) ダムの堆砂対策は国交省のホームページに表形式で記載があります。一般的には、入ってくる土砂量を抑える上流側での対策。ダム貯水池に入ってきてしまった土砂を堆積させないようにする対策。それから、そもそも堆積している土砂の対策という、大きく分けて3種類あります。

このうち、入ってくる土砂量を抑制する対策としては、上流側で待ち受けをする、例えば貯砂ダムと

● スライド6

堆砂に対するダム管理面の課題

堆砂監視の課題

- ・現状の堆砂量計測では取水施設や放流設備などダムの重要な設備の機能不全リスクの把握および予見に対して定期堆砂測量データでは情報不足
- ・新たな機能を付すのであれば新たな計測内容や手法の確立が必要

堤体ゲート近傍のH30測量結果

重要設備周辺の詳細な堆砂状況をシングルビーム(SB)で把握することは不可能

そもそも定期測量だけでは監視体制としては不十分な可能性

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (6)

● スライド8

サブ課題A(革新的建設生産プロセス)の全体概要

遠隔地より現場のモニタリングと動作指示

①-1: 施工プロセス全体を自動化する技術

①-2: 人力で実施困難箇所の施工・計測

②: 人力で実施困難箇所の施工・計測

③: トンネル掘削の自動化・無人化

機械の「自動化・自律化」により建設現場の飛躍的な生産性・安全性を向上

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (8)

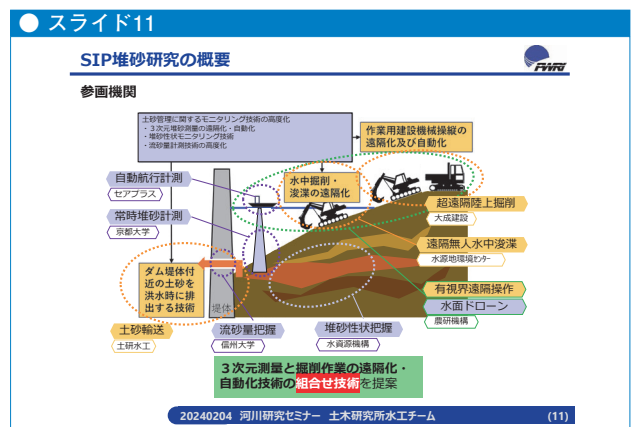
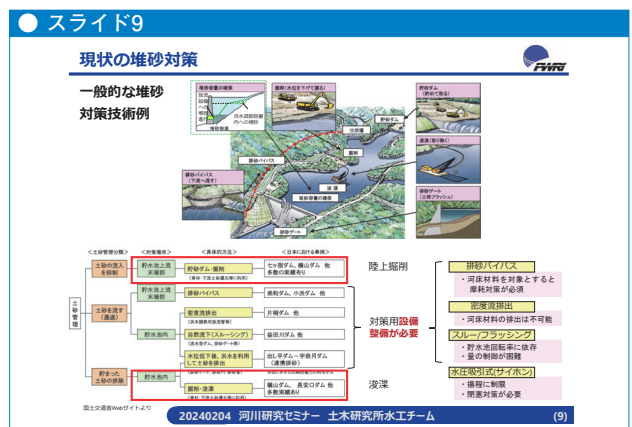
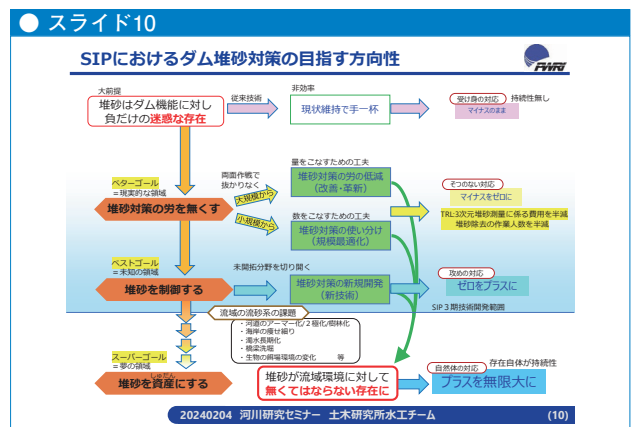
いう小さなダムをダム貯水池の上流端に造り、そこで陸上掘削をする方法があります。もともと堆積している土砂を除去する対策としては、水中浚渫のような方法があります。ダム貯水池への堆積を抑制する対策にはいろいろな種類があって、例えばトンネルを掘って上流からの土砂を、ダムの堤体を通過させて下流に放流する土砂バイパストンネルや、洪水時にダム貯水池の水位を極端に下げて川のような状態にして、そもそもたまらない状態とするスルーシングなどの方法がありますが、この貯水池への堆砂を抑制する対策については、どれも専用の設備が必要となります。例として、土砂バイパストンネルは、高低差を使ってトンネルの中に土砂を流すため、運搬エネルギーはゼロであることを利点として最近全国で採用例が増えていますが、土砂混じりの水が流れると磨耗を生じさせます。例えば長野県内にある、国交省が管理する小渋ダムでは、トンネルが摩耗で削れてしまって土砂を流すたびに補修が必要という感じになっており、運搬エネルギーは不要でも補修に費用と時間がかかることから一長一短といったところです。

一方、流入土砂量を抑制する対策や、堆積している土砂を除去する対策は、基本的に掘削や浚渫して運ぶという作業なので、バックホウもしくは浚渫船とダンプトラックという安価な組み合わせで実現できてしまうことから、この方法が日本の大多数のダムの堆砂対策として採用されているところです。SIPでは、この方法に対して何かイノベーションできな

いかとの研究課題を設定しています。

(スライド10) SIPのダム堆砂対策研究の方向性としては、ダム管理において無駄な存在とされている堆砂を、まずは除去や運搬の労をなくしてゼロにすること。次に、できることならばこれらをうまくコントロールして、堆砂を下流に対するプラスの材料にしたいと考えています。ここまでのSIPの5年間の中で行う目標としていて、SIP後の最終的なアウトカムとしては、流域全体の流砂系の課題解決につなげる、堆砂を資産にする、流域として無限大の資産にしてみよう、との目標で研究開発を行っています。

(スライド11) 研究実施体制は、計測技術の開発をする4機関と、除去や運搬などの物理的作業の技術開発をする4機関の全8機関で構成しており、各技術を組合わせた堆砂対策も構築します。



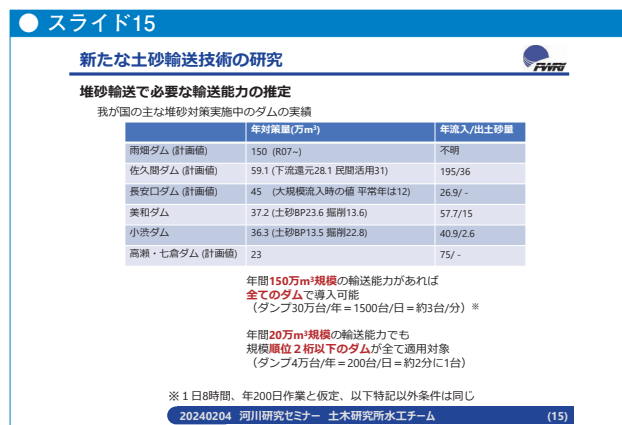
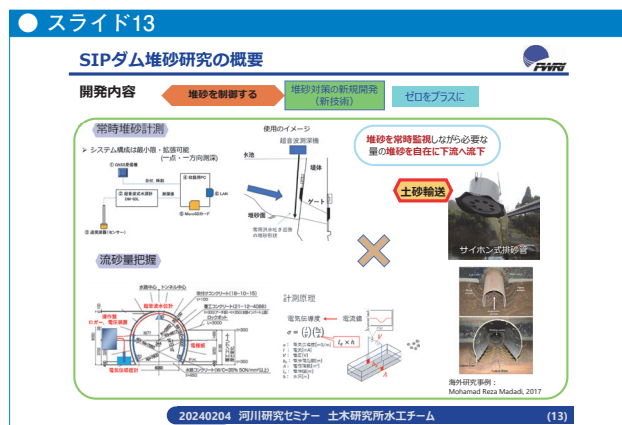
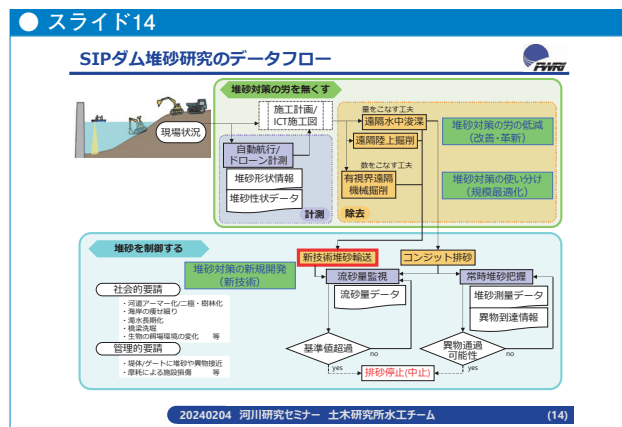
(スライド12) 具体的には、例えば水資源機構の開発技術ですが、堆砂の中の沈木のような異物や、粒径が変化する層がどこにあるかということを音波を使って把握する方法を研究しています。大成建設の開発技術ですが、ダムの上り立地が基本的に中山間地であるとの前提で、超ハイテク技術ではなくて若干ローテクな、遠隔といっても、例えば横浜から長野のダムをというような100kmぐらいの単位の遠隔で操作するような、重機の操作方法を研究しています。水源地環境センターですが、水中浚渫機の研究をしています。

あと土木研究所ですが、サイホン式の無動力で砂を浚渫する装置の研究をしています。

(スライド13、14) 土木研究所の担当は、土砂を運搬する装置の研究と、コンジットゲートからの排砂に関する研究ですが、今日は、土砂を運搬する技術の開発内容をご紹介します。

(スライド15) 日本で主な堆砂対策を実施中のダム、いわゆる、日本で上位10に入るような堆砂が多いダムを並べてみました。佐久間ダムは年間195万 m^3 の土砂が流入してきて、36万 m^3 が出ていき、その差がダムに堆積していくということになります。なお、堆積する量を100%除去し続ければ、ダムの堆砂に対する寿命は無尽大になるのですが、他の構造物の寿命との兼ね合いもあり、あまり意味がないので、実態としては若干ダムに堆積させつつ除去を適切に行っていくとの前提で延命を図っていて、例えば佐久間ダムの場合の除去量は、年間59万 m^3 になっています。この値を見ると、年間150万 m^3 ぐらいの輸送能力があれば、日本の全てのダムで対処ができ、また年間20万 m^3 ぐらいであれば、大体日本の上位10ぐらいのダムまでの堆砂除去に対処できる輸送能力を有しているというのが分かります。

ここからの計算は、1日8時間、年間200日で計算したものとします。



(スライド16) まず輸送条件として、ダム の 立地 場所は急な山地で、豪雪地が多く、道路が狭く、という地形条件を考えると、スキーで使っている索道——索道は空中に渡したロープに搬器を渡す装置ですが、この技術を使ったらうまく運べないだろうかと考えたところです。昔は紀伊半島や飛騨地方でも貨物輸送手段として索道が多数使われていて、実際ダムの現場でも、骨材輸送に使っていました。日本はバブル景気の頃にスキーが流行し、日本中にスキー場ができましたが、バブル景気の崩壊とともにスキーブームが去り、今の日本ではスキーリフトを架ける需要がほとんどなくなりました。

(スライド17) 従って、現在の索道業界の世界最先端技術は日本ではなくて海外が本場となります。海外では今8人乗りのリフトというものが架けられ始めています。

欧米なので、大人1人70kg、スキーの道具が15kgと仮定して計算すると、1時間あたり大体306tを運

んでいます。土砂は1m³当たり約2tですので、先ほどの計算式に当てはめると年間24万m³ぐらいをこの技術で運べるのが試算できるため、リフトの椅子に土砂を乗せて運搬する可能性について検討しているところです。

(スライド18) 索道にはいろいろな種類があって、スキーをする人はご存じかと思いますが、搬器がロープに常時固定されており、座席とロープの速度が同じで、乗るときもそのスピードに合わせて乗るのが「固定式」というタイプです。一方、ロープがとても速く回り、乗り降りする駅舎では搬器がロープから離れて、人が安全に乗り降りできる速度まで遅くなる「自動式」というものがあります。また、ロープが1本で、ぶら下がる荷重と、牽引する力の伝達を兼用している「単線」と、ぶら下がる荷重専用のロープと牽引専用のロープで分かれている「複線」があります。日本のスキー場の索道は、ほぼ全てが単線式です。バブル景気の頃は資金的な余裕があったので、高速リフトと言われる自動式がたくさんできました。

建設費用については、速度が遅い、ただ単にぐるぐる回っている単線固定式だと、少し前までは1億円台だったと伺っていますが、昨今は物価高ということもあって大体1kmあたり3～5億円と言われています。高速リフトのような単線自動式となると、ロープのつかみ離し装置などに費用がかかるので、桁が一つ上がって1kmあたり10億円ぐらいすると思

● スライド16

新たな土砂輸送技術の研究

堆砂輸送能力を有する代替輸送技術の検索

技術適用条件としてダム立地を考慮

中山間地	影響
急峻な地形や脆弱な地質	工法選択や施工条件に影響
地域により豪雪地帯	施工条件や工期、輸送時の安全性に影響
貧弱・脆弱な道路網	工法選択や施工条件、輸送時の安全性に影響
過疎化（担い手不足）	運用の持続性に影響

↓

ダム現場は索道技術との親和性が高いのではないかな？

- ・道路網が未熟な昔（明治期）は中山間地の人荷輸送を担っていた（特に紀伊半島や飛騨地方で盛ん）
- ・ダム建設でも主に骨材輸送で活用（桐生川ダムや長安口ダムなど）

索道(Wikipedia)
空中に渡したロープに吊り下げた輸送用搬器に人や貨物を乗せ、輸送を行う交通機関である。ロープウェイ、ゴンドラリフト、スキー場などのリフトなどが索道に含まれる。

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (16)

● スライド17

新たな土砂輸送技術の研究

索道の輸送能力を机上試算

- ・日本の索道の多くはスキー場の旅客輸送（リフト、ゴンドラ、ロープウェイが大半）
- ・日本ではバブル崩壊とともにスキーブームが去り、索道の新設が激減するとともに新技術開発が停滞

技術先進地域の欧州技術を参照し最も一般的なスキー用リフト（特殊索道）技術のうち最大の8人乗りで試算

試算条件

- ・欧米人体重70kg + スキー用具15kg[※]
- ・搬器出発間隔8秒（乗車定員2 + 4秒）

680kg/器 = 306t/時 = 49t/分 = 24.5万m³

※乗客上の欧米での設計条件としてはスキー用具込みで60kg/人
この場合680kg/器 = 216t/時 = 33t/分 = 17万m³

市販のスキー用リフトの椅子を改造し積載するだけでも十分な輸送量を期待可能

ちなみに・・・日本でも最後の貨物索道（日立セメント）＝155t/時＝24.8万m³/年＝12.4万m³/年
<https://www.youtube.com/watch?v=Q9twnONqOE>

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (17)

● スライド18

新たな土砂輸送技術の研究

旅客索道の技術特性と守備範囲

写真提供: Doppelmayr Seilbahn GmbH 日本ケーブル事業部

技術特性	守備範囲
自動	4～12m/秒くらい
固定	10～15億円/kmくらい 日本の主流
単線	最大200mくらい
複線	50～100億円/kmくらい 欧米を主に技術革新（3S）（ロープウェイ）
変圧が少ない	最大2.5km以上 ダム貯水池の短時間搬送を想定すると変換長は大きい方が有利
変圧が多い	3～5億円/kmくらい 日本の主流

運転速度が速いと
・時間当たり輸送能力が増加
・原動機と支柱規模を減

旅客と貨物（堆砂）の違い
・速度が遅くても支柱を置かない
・速度が遅くても乗り損はない

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (18)

われます。それから、複線式はロープが多数必要なので、1km当たり50億円から80億円ぐらいかかると言われています。ただし、荷物は運搬速度が遅くても文句を言わないので、旅客輸送としては需要がないということで開発されていなかった固定式を新たな視点で開発したら、ちょうど土砂を運ぶには安くても良い技術にならないかと考え、現在、索道会社と複線固定式の技術開発の可能性について協議しているところです。

(スライド19) 実現性については、例えば、ケーブルが1本で固定、速度が変化しない、単線固定式の回っている箇所です土砂を乗せるという技術が、桐生川ダムという栃木県が建設したダムの骨材輸送で使われていました。先程の計算条件でいうと年間20万m³ぐらいの輸送能力があったとのことで、「安全索道」という日本で2番目に大きな索道会社の技術ですが、発注すれば今でも造れますと言ってくれています。

そこで、先ほど例示した小渋ダムですが、小渋ダムの土砂バイパストンネルの真上にこの索道を架設したらどうかたちになるのか、図面を引いてもらいました。全長5kmですが、支柱が全部で19か所に44本必要とのことで、今は費用を算定してもらっています。

(スライド20) それから複線自動式は、ケーブルの機能を荷重用と牽引用で分けるので、支柱間のス

パンを2.5から3km飛ばすことができます。先ほどの単線式の場合は、支柱がいっぱい必要でしたが、大スパンが確保できるようになると、ダム貯水池の真上を縦断的に敷設できます。3-S、スリーストリングスの意味ですが、3本ケーブルのロープウェイが今、世界中で、東南アジアでも多数架けられ始めています。この技術だと年間37万m³ぐらい運搬できそうなのですが、今円安が進んでいるので、大体1kmあたり100億円弱と言われています。これはちょっと日本のダムの堆砂対策として設置するには高額すぎると考えていたところ、去年Tri-Lineという新しい索道システムが登場したとのことで、これは年間54万m³ぐらい運搬できそうです。このTri-Lineは3-Sの進化版とされていて、3-Sより搬器を少し小さくしたようです。耐風強度が30m/秒ということなので、日本の台風の時でも運転可能です。

(スライド21) 次に索道系ベルトコンベヤです。これはケーブルにベルトコンベヤを這わせたもの

● スライド19

新たな土砂輸送技術の検索

単線固定循環式貨物索道

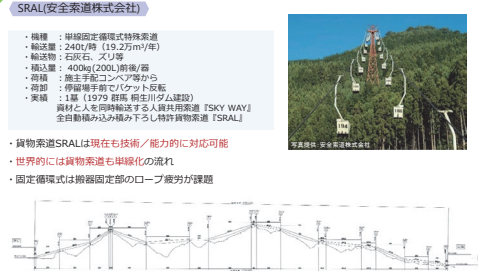
SRAL(安全索道株式会社)

- ・機種：単線固定循環式特殊索道
- ・輸送量：240t/時 (19.2万m³/年)
- ・輸送物：石炭、スリ等
- ・積込量：400kg (200L)前後/器
- ・荷役：機手配コンベヤ等から
- ・特徴：半自動運転でバケット回転
- ・実績：1号 (1979 群馬 桐生川ダム建設) 貨物と人を同時輸送する人貨共用索道「SKY WAY」全自動積み込み積み下ろし特許貨物索道「SRAL」

・貨物索道SRALは現在も技術/能力的に対応可能

・世界的には貨物索道も単線化の流れ

・固定循環式は搬器固定部のロープ疲労が課題



実在Kダムを対象とした場合の路線想定図 (全長5km 支柱19か所44本)

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (19)

● スライド21

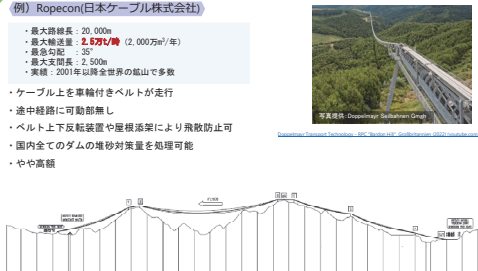
新たな土砂輸送技術の検索

索道系ベルトコンベヤ

例) Ropecon(日本ケーブル株式会社)

- ・最大路線長：20,000m
- ・最大輸送量：2,520t/時 (2,000万m³/年)
- ・最大勾配：35°
- ・最大支間長：2,500m
- ・実績：2001年以降世界の鉱山で多数

- ・ケーブル上を車輪付きベルトが走行
- ・途中経路に可動部無し
- ・ベルト上下反転装置や屋根塗装により飛散防止可
- ・国内全てのダムの堆砂対策量を処理可能
- ・やや高価



実在Kダムを対象とした場合の路線想定図 (全長5km 支柱7か所)

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (21)

で、ベルトコンベヤに車輪がついていて、その車輪がケーブル上を走る「Ropecon」という技術です。

ケーブルを這わせるので、複線式索道と同じように支柱間スパンを2.5から3km飛ばすことができるのですが、海外の露天掘りを対象とした技術なので、1時間に2万5,000t、土砂で換算すると年間2,000万m³となります。日本のダムを空っぽにできるくらいの輸送能力があるのですが、こちらも結構高額になるとのことでした。

(スライド22) それからもう一つ、これは索道と全然違う技術ですが、住友大阪セメントの栃木工場に「カプセルライナー」という輸送装置があります。これは車輪のついた浴槽のようなものに土砂を詰めて、圧縮空気で送る構造です。写真のとおり、おおよそ下水管ぐらいの直径1mの管を2本並べて、乗り込み地点で土砂を乗せたあと、上り下りを振り分ける出発地点に移動させ、圧縮空気で送り出すと、途中動力ゼロの空気力だけで終点まで行ってしまうシステムです。

これは旧ソ連で発明されたシステムで、いわゆるローテクで壊れにくく、もう40年以上も稼動していることから、これも堆砂輸送に使えるのではないかと考えているところです。

(スライド23) ここまで堆砂輸送技術の紹介だけになっていましたが、ダムの堆砂の排出先については、立地的に、ダムの周りではコンクリート工場用

や骨材としての需要がそれほど多くないので、ダムの下流に置土し、ダムの洪水調節の際に洪水と一緒に下流に供給するという土砂還元を行っている事例が多数あります。しかし、還元する量が運任せに近いのと、置土場まで運搬していく途中はダム貯水池周辺の幅員の狭い付け替え道路を、ダンプカーが多数往復するという方法がとられているため、ここにも課題があります。そこでSIPの研究が目指す「堆砂対策の労をなくす」「制御する」技術でもって、例えば先ほどご紹介した索道やカプセル輸送は、能力的には少なくともダンプカーの代わりになるのではないかと考え、ダンプカーが通行することによる環境の悪化をゼロに抑えるためにも、現在km単価を算出しています。

「労をなくす」だけでは夢がないので「制御する」技術を考えると、下流還元用の土砂の仮置場をあさっての場所に配置するとともに、そこまで粛々と毎日運搬し、いざ洪水の際には洪水のピークに対してピンポイントで、先ほどご紹介したRopeconのような多量の土砂を運搬する技術で直接洪水のど真ん中に投入することができれば、好きなときに好きな量の土砂を下流に還元することが期待できます。この技術がうまく実現できれば、国交省の堆砂対策の手引き等に掲載させてもらえる可能性があるため、これらの技術が一体どれぐらいダンプカーや通常のベルトコンベヤと価格的に太刀打ちできるのか、単価の算定を研究しているところです。

● スライド22

新たな土砂輸送技術の検査

空気カプセル輸送

例) カプセルライナー(住友大阪セメント栃木工場)

- 路線長 : 3.3km(管径1m鋼管)
- 輸送量 : 100万m³/年(1.6t/32編成を50秒間隔)
- 最急勾配 : 10%
- 最急半径 : R10m
- 実用 : 1部内唯一も運用44年
- 実績 : (200年前から旧ソ連を中心に多数)

- 国内ほぼ全てのダムの堆砂対策を処理可能
- 管路は管径1mで地上/地下問わず敷設可能
- 管路途中はセンサやブレーキなどの機器不要
- プロフの電力量とタイヤの摩耗が大

カプセル(上)と管路(下)

全体構成

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (22)

● スライド23

新たな土砂輸送技術を活用した新たな下流還元方法

堆砂はダム機能に対し
食だけの速激な存在
マイナスイメージ

堆砂対策の労をなくす
マイナスイメージ

堆砂を制御する
ゼロをプラスに
マイナスイメージ

従来の置土による還元方法

索道やカプセルによる輸送

仮置き索道ベルトコン直接投入

- 初期投資がほぼ不要
変遷が多い
- 環境性能や持続性
道路交通に影響
置土空間に制約
還元量が試行錯誤の運任せ

- 初期投資が必要
市場性や価格はこれから
環境性能や持続性向上
道路交通に影響
置土空間に制約
還元量が試行錯誤の運任せ

- 初期投資が必要
市場性や価格はこれから
環境性能や持続性向上
道路交通に影響
置土空間に不要
還元量やタイミングが自由

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (23)

(スライド24) ほかにはコンジットゲート排砂を研究していますが、時間の都合で割愛します。

(スライド25) まとめとして、当チームでは内閣府のSIP予算を用いて、堆砂輸送に関する新規性のある技術開発の研究を実施しているところですが、現在は量を運ぶことだけに着目しています。

「制御する」技術によりタイミングの調節もできるようにはなりますが、大切なのは還元する土砂の質を含めた、質と量とタイミングのバランスの最適値がいったいいくらなのかということなのです。当然まだこの点は分からない状況です。

ただしこの技術が実現することになれば、流域の、特に下流の河川の関係者にとっては、ダムから土砂は流下してこないと思っていた常識がくつがえり、今後は流下してくるようになることを意味します。

そのとき、土砂がどのような条件や状態で流下してくるのが流域にとって最適なのかということ、

ダム管理者にフィードバックしてもらうとともに、ダム堆砂を資源として流域の土砂管理全体の中でうまく回しながら活用するためにも、SIP開発技術として社会実装の早期実現を目指したいと思っているところです。

ダム管理者はダムの延命ができ、河川管理者は河道の二極化を含めて、局所洗掘対策として土砂が上流から永久的に供給され、海岸管理者は砂浜の後退対策ができるといった、流域全てのウィンウィンの資源として堆砂をうまく回すことで、同時に予算の有効活用も図れるような輸送技術を実現させたく、研究を引き続き進めていきたいと考えているところです。

以上でございます。ありがとうございます。

司会 水草さま、ありがとうございました。

いつものとおり、今この場でどうしてもお聞きしておきたいということがあれば、お受けしますけれど、よろしいでしょうか。

どうもありがとうございました。続きまして、最後の講演者となりますが、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 主任研究官の田端幸輔さまよりご講演いただきます。

それでは、田端さま、どうぞよろしくお願いいたします。

● スライド24

その他最新の土砂輸送技術の研究のご紹介

コンジットゲート排砂

- ・コンジットゲートから排砂する可能性を試算
- ・ゲートに対する開塞や摩擦に対する安全性と管理面の経済性に着目
- ・安定的な排砂を維持するための前底部堆砂形状やその維持方法を検討
- ・WECの堆砂面維持浸深、京都大学の堆砂面監視、信州大学の流砂量監視と協調

堆砂容量の考え方を根本から変革する可能性に期待

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (24)

● スライド25

まとめ

- ・内閣府のSIP予算を活用して新たな堆砂輸送技術を検討中
- ・参画機関による開発技術と組合せることで全く新しい下流還元方法が実現
- ・今後はダムから下流に量とタイミングを完全に制御した還元が可能

↓

- ・量とタイミングが制御できただけで最適解が不明
- ・量とタイミングに加え本来は質の制御も必要

↓

流域の流砂系が望む量・タイミング・質の土砂がダムから還元される社会が実現できれば…

「一石多鳥」「無駄の有価値価値化」で資源の有効活用

堆砂容量の消費が減り
ダム機能を延命・長寿命化

住民・国民

協働

上流からの適切な土砂供給により河道維持が容易に

河川管理者 海岸管理者

汀線維持・確保による高潮や津波に対する脆弱性解消

流砂系との協働で流域の課題解決の一助に

・流域の流砂系の観点では今後ダムから積極的に還元される前提での議論とそれを踏まえたダムへの注文内容(量・タイミング・質)の合意形成が必要

20240204 河川研究セミナー 土木研究所水工チーム (25)

持続可能な河道の実現に資する数値解析技術の開発・実装の好循環形成のための基盤整備

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 田端 幸輔 氏

国総研の田端と申します。今日お集まりの皆さまは、おおむねコンサルタントの方と聞いておりますが、この繁忙期の真ただ中にも関わらず足を運んでいただき、非常に感謝しております。

私は、河道計画と河道設計を担当していますが、まずはそれらと、今日のセミナーのタイトルにある「河道管理」の関係について、自分なりの認識を共有させていただきたいと思います。

(スライド2)「河道計画」「河道設計」、あとその先に「河道管理」「維持管理」があるかなと思います。おそらく河道計画とか河道設計という言葉



が、定義をあまり明確にされずにごちゃごちゃに使われていると思います。よく「私の研究は河道計画、河道設計に使えます」といった論文を目にしますが、よくよく見たら結局どこに使うのかというような疑問を持ったりします。

誰もあまりこの辺のことをしっかりと定義づけしてこなかったという気がしていますが、現状の一般的な見解を統合すると、おそらく概ねこの(スライド2)のような整理になるのではないかと思います。出来は不十分だと思っていますが、あえてお示しして、河道計画、河道設計の技術は、河道管理とも非常に密接に関わっているのだということをお伝えできればと思います。

河道計画というのは、管理者が管理する全ての区間に対して立案すべきものであると思います。定める事項としては、まずはHWLであり、それが決まれば堤防の高さが決まってくる。その中で、河川計画から決まる目標流量を流下させるために、どの程度の掘削量が必要とか、どういう治水事業をしないといけないかというような事業投資計画を管理区

● スライド0

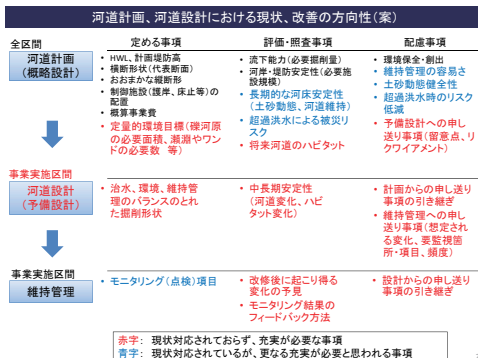
令和6年度河川研究セミナー
(於 TKP秋葉原ガーデンシティPREMIUM)

持続可能な河道の実現に資する数値解析技術の
開発・実装の好循環形成のための基盤整備

令和7年2月4日

国総研河川研究部河川研究室 田端幸輔

● スライド2



間全体にわたって立案することが大きな目的になるかと思います。その先、いざ事業をしていくというときに、一気に全部をやれないので、まずはこの区間からやりましょうと。特定の事業実施区間において、例えば掘削をしましょうとなったときに、そこで本来初めて河道設計というものがなされるのだらうと思います。そこでは、計画で決めたいろいろな制約条件を守りながら設計をしていく。もちろん、設計し整備した後は、それを維持していく必要があります。

この表では、私なりに、各検討段階で定める事項とか照査項目、配慮事項の案を整理してみました。実は『河川砂防技術基準 設計編』の中で「河道設計」というものが位置づけられていないということがそもそもの課題で、(表中の)赤字で書いているものは、現状としては対応が十分になされていないところと認識しています。ただ、河道計画の中でも、予備設計的な考え方でそれに近い検討がされることもあるので、現状としては何となく計画と設計がごっちゃになった感じだと思います。

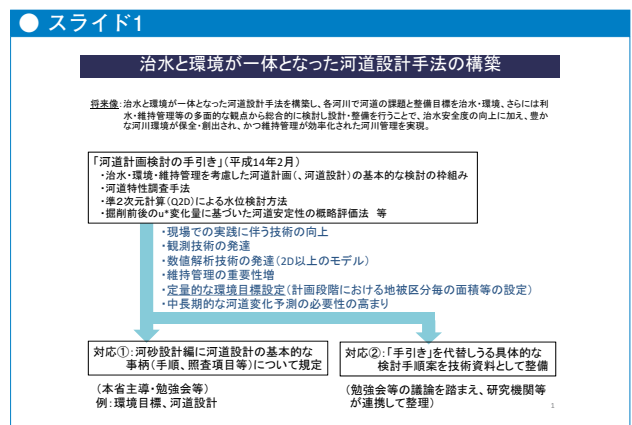
『河道計画検討の手引き』というものが20年前に作られまして、それを今、我々はお手本にしているわけですが、その中にもやはり設計のニュアンスのことも書かれていて、割と混ぜこぜになっている印象を受けます。例えば道路分野のように、計画・設計での決定事項を明確に決めておくと、実務上必要とされるアウトプットと、そのための検討事項やプロセスが見えやすくなります。そういった情報について共通認識を持った上で、学の人やコンサルの人でもそうですが、どの部分について何を改善すればよいのかについての、より建設的な議論が可能になり、目的やニーズが明確で実務に使える技術開発が、より一層進むようになるのではないかと思います。

例えば河道計画であれば、最近、定量的な環境目標を決めましょうということが議論されていて、具体には、礫河原の面積が何ヘクタール必要かというようなことを、リクワイアメントとして計画

の中で決めてやろうというようなイメージです。そうすると、設計での照査項目としては、やはり今後、将来的な礫河原の面積の変化や、ハビタットがどうなるかという予測検討も付随してくるだろうと思います。「配慮事項」として書いていますが、それぞれ計画から設計、設計から維持管理に進むにあたっては、申し送り事項のようなものが大事です。要はリクワイアメントをちゃんと受け渡すということです。

もう一つ申し上げておきたいのが、青字で書いたことについては、現状、対応されてはいるのですが、さらなる充実が必要だと思っています。例えば維持管理であれば、モニタリングということが必ず仕事になるわけですが、改修後に起こり得る変化の予見を踏まえた上で——つまり今回のセミナーの根本テーマにある「河道は変化する」ことを取り入れて、モニタリングとして何をすべきかを設定することが重要だと思います。しかし、このような議論はおそらくまだ十分になされていないと思っています。個人的には、河道設計とか河道計画の中で、将来どういう物理環境の変化・変動が生じるかを予見するための、長期的な予測が1本入ることで、この辺りがつながってくると考えています。

(スライド1) 以上のような状況を踏まえて、要は20年前に作られた『河道計画検討の手引き』を改定したいというのが私どもの思いです。現場ではもう準2次元ではなくてさらに高度なモデルが使われ



ていますし、観測技術も発達しています。さらに、先ほど申しましたような維持管理の重要性が明確になっています。そういった背景を踏まえると、やはり今までの『手引き』だけではなかなか対応できない、ということです。

方向性として2つの方法があると考えています。1つは河道設計に関する基本的な事柄、手順とか照査項目、考え方を、『河川砂防技術基準』等で規定することです。もう1つは、具体的にコンサルタント技術者が具体の検討を行うにあたって、参考となる情報、つまり数値解析技術の適用手法を整備することです。

(スライド3) 本件に関する産官学の連携方針案を示します。「官(国総研)」が、「学」の開発するモデルの有用性を見いだしていかないといけないだろうということと、「学」に、実はこういうことをもっとやってほしいという、ニーズやリクワイアメントを自信を持って言えるようにしなければいけないということをすごく感じます。あとは「官」と、「民」つまりコンサルタント技術者が、一緒になって現場実装のための具体の方法を検討して、体系的に整理する。あとは現場です。現場で適用してみていると課題が出たならば、それをフィードバックして改善するというような流れが健全に行われるようにしていきたいと思っています。

(スライド4) これが、その一つの姿として今私

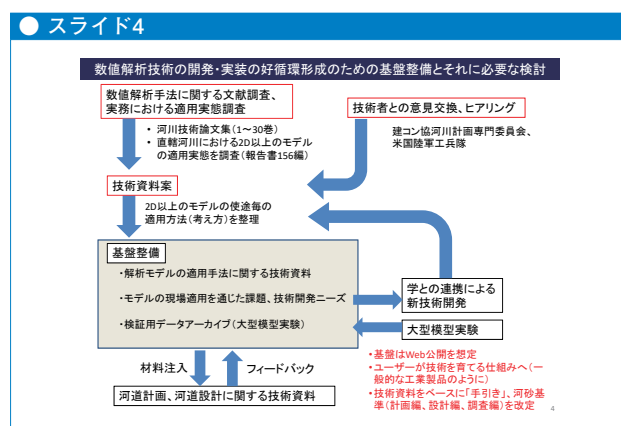
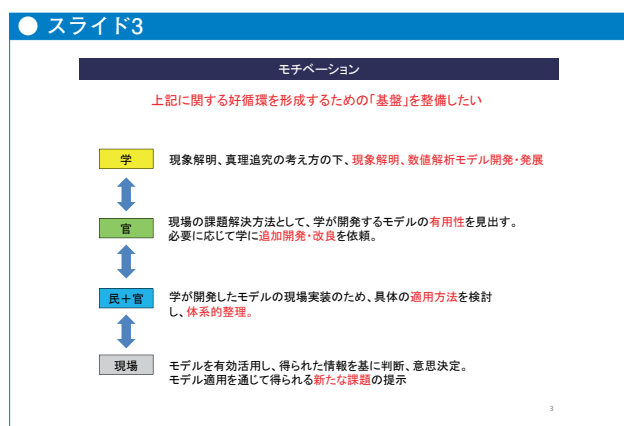
どもが考えているもので、「基盤」と呼んでいるものです。基盤の構成としては、解析モデルの適用手法に関する技術資料、課題や技術開発について現場から出てくるニーズ集、さらに、検証用の模型実験のデータのアーカイブ化を想定しています。

この3つを、例えば私たちの河川研のホームページに常に上げておくことを想定しています。まだホームページは作られていないのですが、これに向けた取り組みをやっています。ただ、これだけでは「手引き」にならないので、河道計画とか設計に関する手引きのようなものを作るときには、ここでの知見を使って材料を注入するわけです。

あとはニーズをさらすことで、「学」にも協力を促し、開発・改善された技術を還元していくというイメージです。

また、模型実験データのアーカイブ用に、データ格納用フォーマットを整備していきまして、国総研の敷地を使って大型の模型実験をやられている方に提出してもらうよう働きかけています。もちろん河川研が実施する移動床実験等は全てアーカイブ化する方向ですので、数値解析モデルの検証材料に使ってもらえるようにしていきたい。現地と違い模型実験は境界条件がはっきりしていますので、良質なデータを使ったより厳密な検証ができるのではないかと考えています。

基盤整備に関して検討したことを一部紹介させていただければと思います。



河川砂防技術基準（スライド8）まず、過去5年間の報告書を集めて、どんなことがやられているかを整理してみたところです。156編の河道計画、河道設計に関する報告書を治水課に号令をかけてもらい、過去5年間、全国のものを全部集めて、300編ぐらい集まったのですが、精査をして今150編ぐらいを見ている状況です。全て平面2次元以上のモデルを使った例です。

（スライド9）円グラフの外側の円、右が計画系の検討をやっているものです。流況予測とか合流部処理とか何とかというものです。それが大体この半分ぐらいです。左側が設計に関するものになります。上下流や本支川で異なる河川事務所で分担して管理している場合、1河川として集計すると、直轄河川では全部で135河川になるのですが、今のところそのうちの85河川のデータが集まっています。そのうちの55河川で流況予測の平面2次元計算が実施されていました。

内側の円が河床変動計算をやっている割合です。河道の掘削形状の設計に関しては、割合としては非常に多い。その中で、半分ぐらいが平面2次元でかつ河床変動を入れて検討されている。適用という意味では、もう結構普及しているということです。

（スライド12）ただし、よくよく見てみると、土砂の境界条件の設定方法などは、結構アバウトな記載になっているようでした。報告書に十分書き切れ

ていないというものもあるのかもしれませんが、ちゃんとルールを決めてやらないといけないのではないかと考えています。

検証の方法も、痕跡と重ねて概ね合っていることが確認されていますが、その「概ね」にかなり主観が入っている場合もありました。例えば、「この河川の場合は、過去のとある整備の結果、こんな現象が起きている」というファクトをちゃんと突き詰めておき、それら現象をどの程度再現できたのかを示した方が説得力があると思います。検証方法や判断事項、基準等についてはもう少し具体的な考え方を決めておいた方が良いでしょう。

（スライド13）現場がいちばん欲しいのは予測結果。これに尽きますが、予測のときの、例えば波形をどうやって与えるのがよいかというようなことは、おそらく技術者の皆さんからすると、知恵の出どころだと思うのですが、これも結構根拠が不明なものが多いです。「平均年最大を10回与えた」と

● スライド8

直轄河川の河道計画・河道設計関係業務における数値解析手法の適用実態

調査方法

- 全国の直轄河川事務所を対象に、「令和3年度から過去5年間に20以上のモデルを用いた数値解析」を実施した業務報告書を集集し、記載された内容の整理を試みた。
- 同一水系であっても上下流あるいは本支川を異なる河川事務所で分担して管理している河川は区別。一方で、同一事務所が一連で管理している本支川は1河川とカウント。この区別方法での「河川」数は全国で135で、このうち55河川から報告書を提供いただいた。
- 収集できた報告書数は267編。そのうち関連性を精査し、現時点の集計対象は156編

● スライド12

直轄河川の河道計画・河道設計関係業務における数値解析手法の適用実態

調査結果：条件設定の内容

- 河床変動計算の初期条件（粒度分布）、境界条件（供給土砂の量、質）の設定が不十分。条件設定等の考え方を、実例を交えて整理していく必要がある。

項目	調査結果	対応、課題
メッシュサイズ	「縦断断面」で20m以下、横断断面の流況深評価の取り扱いが指定される「河道計画設計」で2m～5mメッシュの採用が多い。	メッシュサイズの設定としては概ね適切
初期地盤高データ	定期横断が154件、ALBが9件	二時期以上のALBデータ登録が適当と、ALB適用頻度が更に上がると期待。20以上のデータも取得の取組は進んでいる
初期粒度分布	家洲等を全区域一律「セグメント毎」に設定されているものがほとんど。砂分形成状況等に即した平面平均の考慮等は事例なし	初期粒度は事業年度毎に更新を要する。適切な粒度データや考え方が、実例を交えて整理されるべき
土砂境界条件	平面結砂を与えたものが20件。そのうち、河床変動を再現するように調整がなれたものが1件。一方、報告書に条件の記載がないものも15件見られた。	初期粒度と同様、河道計画設計結果に影響を及ぼす（影響大）調整の考え方が、実例を交えて整理されるべき

いうのが多くあり、この辺もちゃんと根拠や位置付けを説明できるようにしていけないと思います。実態を踏まえて適用されているのはよく分かったのですが、条件設定の面で弱そうなところが多々見られたので、この辺をちゃんと詰めていけないといけないなと思いました。

(スライド14) 掘削をした後に河道がどう応答していくかという話で、先ほど来、二極化に関する話題提供がありましたが、そのような特性について何も触れずに、何となく掘削形状を設定して河床変動計算を実施し「再堆積傾向がやや認められるが概ね安定傾向で、流下能力は満足できるだろう」というような報告書も結構あります。

ただ、河床材料よりも1オーダーから2オーダー小さい粒径の土砂が河岸に堆積するという水理的機構がまずあり、さらにはそこから植生が繁茂し、さらに堆積を助長するわけですので、数値計算上、この一連の現象を再現するのは確かに難しいとは思いま

す。この辺の検証は、やはりいいデータが取れた現場を検証フィールドとしていく必要があるのではないかと考えています。

(スライド17) ただし、セグメント1だと、実は植生の中を見ても砂は大してたまっていません。

(スライド16) いわゆる植生の中にトラップされるというのは、矢作川等のセグメント2では顕著なのですが、急勾配河川だと、沈降する前にほとんどが下流に流下してしまっているのだと思います。つまり、セグメントによって、個別の応答が違うのだということを、設計でも前提として据えることも大事だと思います。

(スライド18) 過去の先進的な検討で、遠賀川の例があります。小流量も含めた位況特性を考慮して、高水敷切下げ、低水路掘削をした後、細粒分がどこに堆積して、植生が繁茂するかどうかという

● スライド13

直轄河川の河道計画・河道設計関係業務における数値解析手法の適用実態

調査結果：検証の内容

- ・妥当性の検証については、各業務でかなり苦勞されており、主観的、定性的な表現にとどまるものが多い。(マニュアル等では、これらの設定がポイントになるものと推察)
- ・予測計算については、外力やモデルの詳細等の計算条件の設定によって結果が大きく変わる可能性があり、そのほか状況等について現在、整理中であるが河床変動計算の土砂供給条件や足切り流量等、解析結果に大きな影響を与える条件が記載されていないものも散見

[illegible]

● スライド16

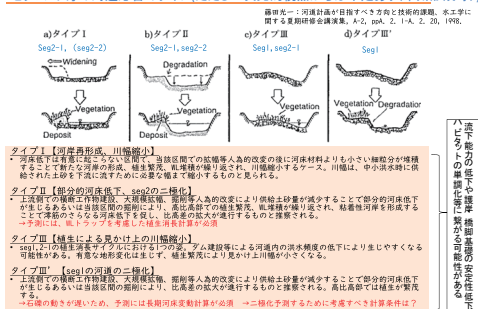
矢作川水系矢作川の二極化の事例



16

● スライド14

河道設計で考慮すべきと考えられること
セグメント毎の河道応答のタイプ(ただし三次元的視点からは不足あり(中州形成等))



流下能力の低下や護岸・橋脚基礎の安定性低下、

● スライド17

天神川水系小鴨川の二極化の事例



47

ようなことも一応予測としてされています。

(スライド19) こういうことをやって、結局何を出しているかというのがこちらです。

掘削したらまず河積が上がりますが、その後10年かけてだんだん河積が下がっていく。つまり再堆積と植生繁茂が進んで、徐々に流下能力が下がっていくというようなことが予測されています。

また、掘削直後は当然、一時的に浅場ができますが、1年で消失しています。おそらく再堆積したのでしょう。実は浅場はほぼ維持できないという結果となっています。このような丁寧な長期予測をしながら、治水、環境の両面から河道掘削形状の設計を試みているという好例でして、15年ほど前の研究なのですが、今の技術をもってすれば、さらにより検討ができるのではないかと思います次第です。

(スライド21) このような状況を踏まえて、技術者の方と意見交換をする機会をつくりました。まず

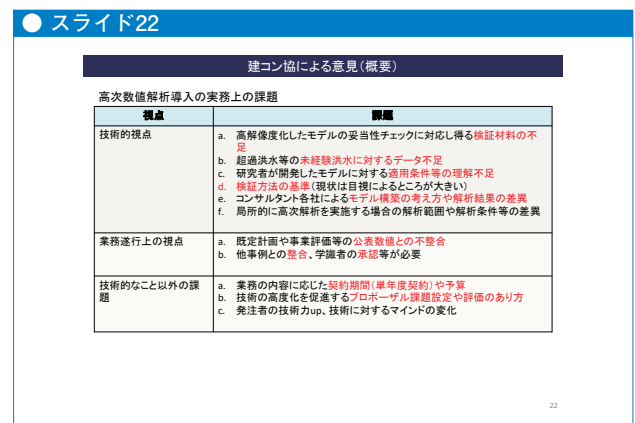
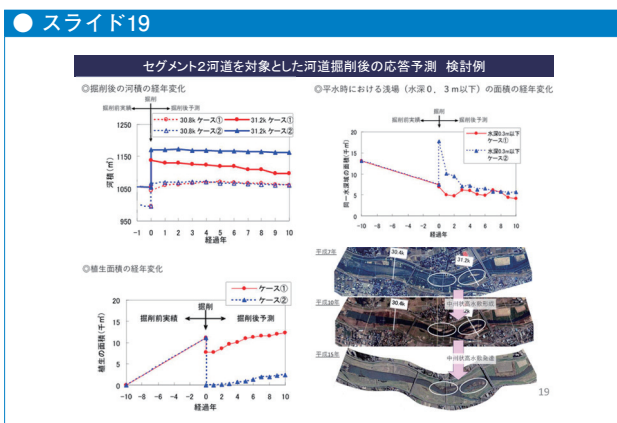
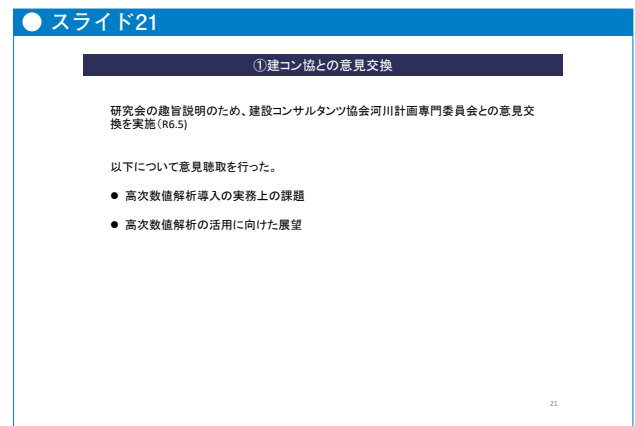
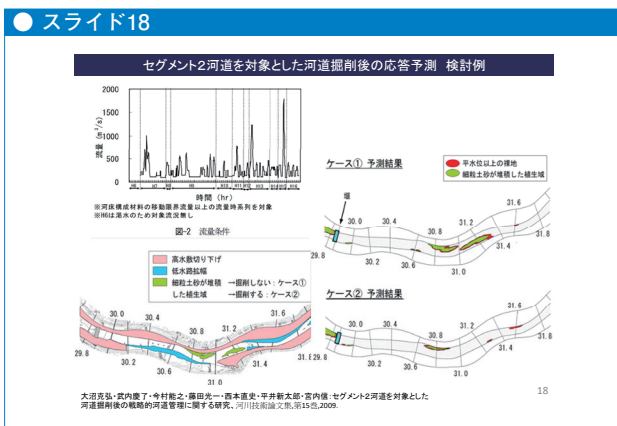
建コン協（建設コンサルタンツ協会）の河川計画専門委員会と意見交換をして、数値計算技術を導入するにあたっての留意点をいろいろお聞きしました。

(スライド22) そこでは検証材料が不足しているとか、条件設定には決まりが必要だ等、いろいろなご意見があったわけですが、特にこの検証方法の基準等については、やはり先ほど申し上げたようなことをコンサルの方も認識されていました。

(スライド23) あとは数値計算技術に対して、認証委員会をやって、このモデルはいい・悪いというようなことを客観的にやることも、実は必要ではないかという話も出ていました。

(スライド24) あと、米国陸軍工兵隊とも議論する機会をいただきました。

(スライド25) 米国陸軍工兵隊では、自分たちの



管理河川の河道計画を100%直営で検討しています。河道設計は半分コンサルタントに委託していますが、あとは全部自分たちで検討しているようです。そのときに使うHEC-RASというモデルも、自分たちで開発、運用、管理しているわけです。現地適用を通じて出てきた課題を、テクニカルレターとかたちで配信することで世の中にさらし、その課題解決を大学やコンサルに委託してモデル改善をするというサイクルができています。役割分担が非常に明確だし、すごく合理的な仕組みであると感じ

ました。

(スライド26) また、河道計画を作成するときには、最大3年間かけて徹底的にフィージビリティスタディを実施するということでした。

(スライド27) その中で参照するためのモデル選定等に関するガイドブックが作成されています。冒頭に、数値計算のモデルというのは、実現象を簡易化したものであり、誤差は当然あるということを十分認識すべきであるということ。ただし、適切に使えば、河川の振る舞いや応答を知る上で有用で、使い道は多い、ということが書かれています。

(スライド28) 1次元なのか2次元なのか等、モデル仕様を選択することがまず大事であり、そのためには、関連するさまざまな現象のうちどの局面が最も重要かを、今解くべき問題の中で理解することが重要であると書かれています。もう1つ印象に残っ

● スライド23

建コン協による意見(概要)	
高次数値解析の活用に向けた展望	
対象	取組内容
官学産一体の取り組み	a. 解析モデル等の妥当性を検証する「検証委員会(仮称)」の立ち上げ b. 解析モデルの開発や適用を促進するコンペの開催 c. 「河道計画検討の手引き」更新や、河道設計手法の構築 d. 計画論見直し手法の確立 e. 詳細な現地観測及び調査の実施 f. 業界の活性化と将来の担い手の確保
コンサルタントとして取り組むべきこと	a. 河道計画や河道設計に関する技術力の向上 b. 解析モデル等の開発と「検証委員会(仮称)」へのチャレンジ c. 流域治水を推進するための技術開発 d. 水理模型実験と数値解析の相互補完による解析 e. 観測と数値解析の相互補完による解析 f. 施工や維持管理までを想定した河道計画
河川管理者(国総研含む)への期待	a. 大型水理模型実験の実施と結果等のオープン化 b. 詳細な観測データや各種データのオープン化 c. 養正者が簡易的に評価可能な基準の作成 d. 計画手法や設計手法の抜本的な見直し
学識者の方への期待	a. 現手法と数値解析をつなぐ解析モデル開発 b. 高次元解析モデルの実用化 c. 観測と数値解析の相互補完による解析 d. 大型水理模型実験と数値解析による現象の定式化 e. その他モデル開発とソースコードのオープン化

● スライド24

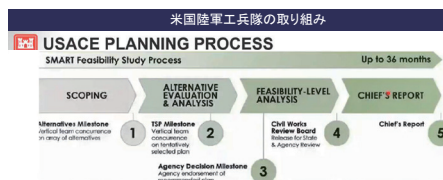
②米国陸軍工兵隊へのヒアリング

陸軍工兵隊で使用しているHEC-RASモデルの運用事例、適用方法に関して聞き取りを実施(R6.4, R6.7)

- 工兵隊での数値解析モデルHEC-RASの運用方法

24

● スライド26



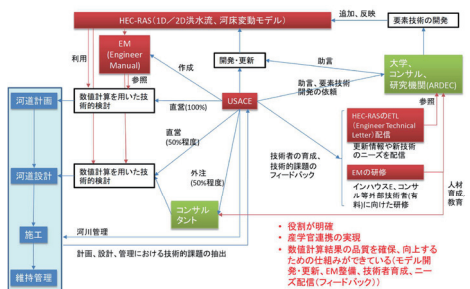
- ・ **フィージビリティスタディ**: プロジェクトの実現可能性を事前に調査・検討すること(具体性、評価可能性、達成可能性、リスクベース、タイムリー)を重視
- ・ 対象とするプロジェクトに対して、**費用便益比**が最も高い代替案を提示するところまでが目的。その後、国費投資の是非が議論され、採択後、詳細設計、施工へと順次進む。
- ・ **スコーピング**: 問題をよく理解した上で、既存の状況を再現するために、いくつかの代替案を除外できるモデルを選択。
- ・ **代替案の評価と分析**: スコーピングで選んだモデルで不十分か、あるいは、より簡単なモデルでも十分かなど、総合的に判断し代替案を選定。(計画検討の要の部分)
- ・ 検討着手からレポート完成までに最大 36 か月をかける。

25

● スライド25

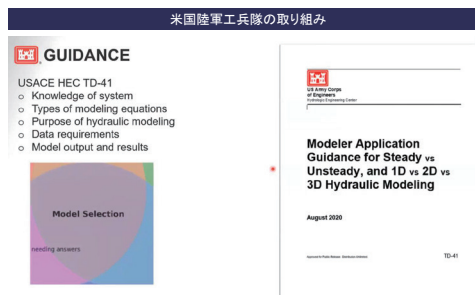
河道計画、設計に用いる洪水流・河床変動解析技術の高度化に向けた取り組み方針

米国における河道計画、設計の検討の枠組みと各者の役割(USACE管理河川)



「米陸軍工兵隊「河川水理学」エンジニアリングマニュアルについて」(H16, 河川環境管理財団)及びUSACEとの意見交換を基に作成

● スライド27



- ・ 検討期間は長く3年と思っても、問題は非常に複雑な場合が多い。作業のリスクは非常に高い(見込みが甘く、手戻りがあって3年で終わらないといった事態を避ける必要がある)。数値解析の適用に関するガイドブックを作成。

27

たことは、河床変動計算については、よほど調査して確実な検証データが得られない限りは頼ることはあまりなく、多くの場合、流れの計算だけを実施する、ということが言われていました。かなり合理的で、ある種割り切りなのですが、それで勝負できるということが、彼らは蓄積としてあるわけです。

(スライド31) このような意見交換を踏まえて、この度、12社26名のコンサルの方と研究会を立ち上げまして、平面2次元以上の数値計算技術の適用手法を、各自の成功・失敗経験や、現状の技術に対する自己評価などを踏まえ、一度整理してみました。

(スライド32) また、「学」に研究してほしい基礎的研究の他、技術基準を作る上で「官」側が合理的に判断し決めておくべきもの、あと、観測技術といった観点から、リクワイアメントを抽出し整理を試みました。

(スライド35) 整理の骨格として、解析フレームを設定しました。例えば河道計画の流れの検討とか河床変動の検討、あと河道設計の中で、対象とする区間、洪水の期間、あとは河床変動までやるのか、植生消長までやるのか、というようなモデル仕様についてグルーピングしたものを解析フレームと定義しました。例えばこの解析フレームであれば、どんな境界条件を設定して、どんな検証をやるべきか、というようなことを整理していったということです。

(スライド37) また、各解析フレームにおいて、連関図というものを作っています。これは二極化の例ですが、二極化に至るにあたってどういうルートをたどるかという現象の連鎖を整理したものです。これを見て、現場で起きている現象は、このルートが特に大事なのだと分かれば、それを再現できるモデル仕様にする。また、検証計算で再現するときに特に重視する、といったことを組み立てていくイ

● スライド28

米国陸軍工兵隊の取り組み

GUIDANCEのIntroduction部分の要約

数値計算モデルの前提条件

- 全てのモデル(数値、模型)は、実現象を簡易化して表現したもの。
- 最近の多くの数値解析モデルは、正しく適用すれば、基礎的な保存式(エネルギー、質量、運動量)のかなり正確な解が得られる。
- 基礎式で扱えない複雑な物理過程を表現するには、パラメータ化や経験的アプローチが別途必要。(例: マニングの粗度係数)

モデル適用における基本的スタンス

- 簡易化しているとは言え、河川の振る舞いや応答を説明する上で有用な場合が多く、扱える問題は多い。
- モデル使用者にとっての課題は、各種モデルが完璧でないことを踏まえた上で、着目する問題に対して如何に適切なモデルを選択するかどうか。(→基礎式で扱えないもののモデル化も含む)
- モデル選択は、今解くべき問題に対し、複雑な実現象のどの局面が最も重要かを理解することから始まる。

Q:

河床変動計算の境界条件の与え方について、合理的な方法はありますか?

A (USACE技術者):

河床変動計算は、与える条件によって得られる解が大きく変わり、不確実性が高い。よほど信頼できる現地データが取得されない限り、河床変動計算に頼ることは少ない。

● スライド32

研究会技術資料の機能等(案)

ツール単位でのとりまとめ

研究資料

材料注入

フィードバック

材料注入

フィードバック

検討単位でのとりまとめ

河道計画に関する技術資料

河道設計に関する技術資料

【役割イメージ】

- 河砂基準調査編の詳細
- 水理公式集の数値解析詳細版

【役割イメージ】

- 河砂基準計画編、設計編の詳細
- 河道計画検討の手引き更新版
- 数値解析だけでなく、調査やデータ整理を含めた手法の整理

● 実務視点からの解析技術の評価

● 技術基準へのリクワイアメント

● 解析研究へのリクワイアメント

● 観測技術へのリクワイアメント

主に民と連携

学と連携

● スライド31

ユーザーである建設コンサルタントとの連携

・令和6年10月に「河道計画・河道設計に係る数値解析技術の高度化と有効活用」の好循環形成研究会」を発足。

・メンバーは、建設コンサルタンツ協会河川計画専門委員会を通して募集。直轄河川の計画や設計業務の経験のある12社26名のベテラン技術者、土研自然共生研究C、国総研河川研で構成。

・①現在、業務で主にしている平面2次元解析の標準的な手法及び②今後必要となる解析の手法について、議論を行い、「研究会技術資料(案)」を整理。

・整理過程で、技術の信頼性に関する自己評価と産学官への研究開発リクワイアメントも整理予定。整理結果は、来年度の河川シンポジウム(R7.6)の場や国総研HP等で公表予定。

全体会議の様子

専門部会の様子

● スライド35

解析フレーム(案)一覧

フレーム	河道計画・河道設計における目的	対象区間	解析対象	解析範囲
G1 計画・設計	① 河道計画のための洪水流解析	全川/特定区間	流れ	1洪水
② リスク評価のための洪水流解析	全川	流れ	1洪水	
③ 適切な分合流処理	分合流区間	流れ、河床変動	1洪水/長期間	
G2 計画・設計	① 河道計画、土砂管理のための河床変動解析	全川/特定区間	流れ、河床変動	1洪水/長期間
G3 構造物設計	① 水制の設計	水制周辺部	流れ、河床変動	1洪水/長期間
② 床止め工・堰の設計	床止・堰周辺部	流れ、河床変動	1洪水/長期間	
③ 橋脚等周辺の河床低下・局所流速予測と対策	橋脚周辺部	流れ、河床変動	1洪水/長期間	
G4 河道設計	① 定量的な環境目標設定に資する自然環境数値解析のための河道の物理環境予測	長区間	流れ(低水含む)	長期間
② 治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道断面形状の設計	短区間	流れ、河床変動、植生消長	1洪水/長期間	
③ 河口、経湾域、汽水域における治水・環境・維持管理のバランスのとれた河道断面形状の設計	短区間	流れ、河床変動	1洪水/長期間	
G5 河口	① 河口特異や河口干渉のある河口部の地形の予測	河口部	流れ、河床変動	1洪水/長期間
② 塩水遡上区間の水質予測(観測機あり)	感潮区間	流れ(低水)、密度流	非洪水時/非洪水時	

特定区間: 著しい高低・蛇行区間等、数km程度の区間をイメージ(G2では中規模河床形状発達区間やダム下流区間等も想定)

長期間: 数年~数十年程度をイメージ

総合討議

■パネリスト

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

国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ 上席研究員

国立研究開発法人 土木研究所 河道保全研究グループ 水工チーム 上席研究員

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 主任研究官

板垣 修
猪股 広典
水草 浩一
田端 幸輔

●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
(敬称略)



天野 河川総合研究所の天野と申します。

それでは、これから約1時間。5時前まで総合討議ということで、今日ご発表いただきました4名の研究者の皆さんと会場の皆さんとで、いろいろな討議をしたいと思っています。

今日、本来であれば発表の後にご質問を受けられればよかったのですが、やはりさっと質問するというのもなかなかやりにくいので、まず最初に、4名の方がそろった段階で、まず会場の皆さんから今日の発表についてご質問等がありましたら、それをお受けしたいと思いますが、いかがでしょうか。どなたに対してでも結構ですし、4名の皆さんに対して、いろいろなこういう課題とか認識があるけれど

も、皆さんどう思われるかというようなご意見でも結構です。

なかなか口火を切りにくいと思いますが、せっかくいらっしゃったので、疑問など持たずにお帰りいただきたいと思いますので、よろしくお願いします。いかがでしょうか。

小俣（理事長） 4人の皆さん、どうもありがとうございました。

今日のお話で共通して——最後の田端さんの話は少し仕組み的なお話でしたけれど、上流から下流まで含めて、日本の川ってどういう川なのだろうということを、改めて考え直さなければいけないと考えさせられました。



例えば、板垣さんのお話も猪股さんのお話も、樹林化とか二極化が悪いものとしてあった。何か悪者感があったと思うのですが、なぜ自然に起きることなのに悪いことなのかということを、この10年ぐらいずっと私は思っています。自然に起きてしまうことを、都合の悪いと思うことはありますが、それが本当に川にとって悪いことなのかと思うことがあります。あるいは、水草さんのお話のように、ダムから土砂を出していくときに、下流の川はどうあるべきなのかというように考えてしまいます。

例えば板垣さんのお話では、木曽川の直轄上流端の辺で礫がなくなるというように、そもそもセグメント1の区間の扇状地のところでは、主成分が礫で、2のところになると砂になって、3になるとシルトっぽくなるというように、地形形成上、セグメント2のところには礫はもともとないものと考えたときに、砂だけが出てくるということを、将来の川としてどう考えていくのでしょうか。いずれにしても、我々は一体どういう川を自然だと思うのかというところを、今すごく悩んでいます。

板垣さん、猪股さん、あるいは水草さんなりに、言ってみれば目標像というようなことになると思うのですが、ずっと語られてきて、なかなか答えが出ない話であるかもしれませんが、環境目標という話もありましたので、お3人、あるいは田端さんも含めて4名の方なりに、どういう川を目指して、皆さんの技術を実現されようとしているのかについてお考えがあればお願いします。

天野 それでは、板垣さんからよろしいでしょうか。

板垣 非常に興味深いご質問をありがとうございます。

私はまず、今ある川、今ある川といっても、左右岸ともに堤防が築堤された川を念頭にお話しますが、それは自然ではないと思います。箱庭のようなものだと思います。つまり人間が勝手に左右岸に堤防を造って、その河川区域というのを勝手に造って、その中でだけ流れなさいという制約状況の中

で、副作用として川が反応したのが二極化だとか、そういうものだと思っています。

なので、今おっしゃった自然に樹林化したというのは、私はそうではないと思っていて、人間が流路をある範囲に固定するという制約条件下で、川が反作用として出したのがそうではないかと思っています。なので、あれは自然ではなくて不自然であるというふうに考えています。

その中で、あるべき川の姿がどうかというのは、その箱庭をいかにしてましなものにするかというのが現状の河川管理ではないかと、私は考えていました。従って、人間にとって、最初にお話しした河道保全とは何かということですが、結局人間にとってなるべく有害ではないものにして——なるべく有害ではないものというのは、当然自然も豊かであるということも含まれますけれども、その自然というのは過去の歴史がありますので、例えば、魚などの種がだんだん地球温暖化の中で変わる運命にあるということはあるかもしれませんが、その変化速度が速過ぎるといろんな問題が起こりますので、その変化速度を速くし過ぎないようなかたちで、先ほどおっしゃった礫が足りない部分も、礫をある程度入れることによって変化速度を緩和してやる。

ただ、未来永劫、1万年後もそれがいいのかどうかは私には分かりません。ただ、箱庭をなるべくましなものに維持管理するのが、今の河川管理ではないかと思って仕事をしていました。

水草 私はダムの担当という立場で、お話いたします。

今、箱庭という表現を板垣グループ長がしましたが、いわゆる流域で見た場合は、箱庭の設計図というのが基本方針や整備計画ということになるかと思っています。縦割りと思われてしまうかも知れませんが、ダムというものは、設計図である整備計画基本方針の中に位置づけられている施設のうちのひとつとダム側では認識していますので、残念ながら、ダムが流域に対して何か影響を与えてやろうと、流域の設計図がある中でダムが勝手な振る舞いをするこ



はあり得ない話だと思っています。

逆に言えば、今まではダムというのは流域において土砂を排出しない装置との認識だったところが、土砂を自由に還元させる装置になり得るということ、設計図の中のプレーヤーである、河川、河道、遊水地、海岸など流域全体に対してメッセージを送るとともに、土砂の還元が実現できるのであれば、流域全体の関係者の中で、新しい設計図を作ってみよう、という認識が生まれることを期待しています。そして流域でダムからの土砂の排出の合意が得られ、整備計画基本方針や総合土砂管理で位置づけられた際には、その期待に応えられる能力、つまりダムから還元する土砂の量とタイミング、それから質を還元させるために必要な応用力を、技術としてどこまで高めることができるかというのが、流域の土砂管理の観点で1プレーヤーであるダムとしての将来の在り方なのかなと思っています。逆に言えば、今のご質問への回答としては、流域をどう考えるのかということは、ダムからすれば、流域の関係者で考えていただいた上で、ダムは土砂還元という新たな役割を含めてプレーヤーとして求められる役割を担う、ということになると考えています。

猪股 私も板垣グループ長がおっしゃったこととほぼ同じ感覚を持っています、上流にダムがある、左右岸にはもう堤防があるということ自体、もともとの自然をベースとするのであれば、もう自然という状態ではないのだろうと考えています。ダム等に

より上流からの土砂供給が影響を受けていて、あとは堤防なり低水護岸なりで、左右方向にも平面的にも、ある程度河道を拘束しているという状態の中で起こっている一つの現象が二極化だと思っているので、ある程度は致し方ない現象だと考えています。

橋の観点で言うと、この二極化とどう向き合っていくのかということは、もう避けて通れない問題だと思っています。

田端 板垣グループ長と猪股上席とほとんど同じ意見なのですが、やはり人間活動がある中で川を整備しないといけないので、堤防を作ったりと、ある意味、都合のいいように川を触っているとは思いますが、なので治水という概念も、守るべき人命や資産があつてだと思っています。そこに環境と維持管理ということが配慮事項として入っていますが、それはもともと築堤されていない自然河川だったからその辺にも配慮しようという話なのかなと思います。

人が都合のいいようにしていく上で、より都合よくするために「維持」という観念が入っていると思いますが、もう一つ重要なのは、危機管理への配慮が今の時代は必要かと思っています。最後は自然とは関係のない話になってしまいましたが、そのように私は思いました。

天野 いかがですか、小俣さん。

小俣 すみません。入口からちょっと変な話をしてしまったかもしれませんが、「人の暮らしと環境を両立させる」という板垣さんのお話の題名からし



て、4人の方のお話しになった方向であることは、おそらく間違いないと私も思います。一方で、その川の捉え方という意味で、例えばまさに樹林化することというのは、堤防で川を仕切ったからなのかということが正しいかどうかを、科学的に突き詰めていただくとありがたいと思っています。例えば北海道と西南諸島には、いわゆる原始河川に相当するような川が沖積平野にも一部あって、そこは間違いなく森の中を川が流れています。蛇行しながら。だから、自然河川は樹林化しないというのは本当に正しい命題なのかということから始めないと、持続的な管理ができるような河道の——田端さんの的には河道設計が可能なのかということ、私自身、今すごく悩んでいるところです。ぜひ皆さん方もご検討いただけるとありがたいということで、入口でお話をさせていただきました。

板垣 ごめんなさい。お言葉なのですが、樹林があるのを樹林化とは呼ばないと思います。今まで礫河原だったのが樹林に変化するから樹林化であって、昔からずっと原始河川から、樹林の中を川が流れているのは、別にそれはあり得ると思います。

小俣 とすると、今樹林化と言っているものは、ただ単に元に戻ろうとしているだけという、そういう評価はないのかということです。

板垣 それは、例えば左右の堤防を作らない、できていなかった……

小俣 いや、堤防があっても。

板垣 あっても、ですか。

ごめんなさい。あるという境界条件は昔とは違っていますので、その中で生じた変化というのが、その境界条件の変化とリンクしているのではないのかというのが私の申し上げたことで。もともと左右岸の堤防がない時代というのは、先ほどの薪を使うとか、別の条件も違っていたので、それが混然一体となっていますので、左右の堤防だけの効果というものを出すのは、なかなか難しい面もあると思います。

小俣 その辺もぜひ突き詰めていただけると面白い

と思います。

天野 ありがとうございます。

今、お話を聞いていて感じたのは、結局、川というのは、もう土地ができたときからあるわけです。日本の形も、有史というか歴史がある中ではそんなには変わってはいないのかもしれませんが、それこそナウマンゾウがいた頃の日本から比べるとずいぶん変わっているし、沖積平野も河川が持ってきた土砂のデポジットでできているということを考えると、人間がどれぐらいの時間のスケールで考えるかということ、やはりどこに目標を置くのかということも関係すると思いました。

計画は大体100年とか200年ということを考えているということは、人間の都合ですけれども大前提としてその間は大きな変化はないというのがあって、堤防の中だけで川は流れてくださいねということがそこで示されていると思います。例えば1万年に1回などということが起こったら、おそらくもう堤防など潰れてしまうようなことだと思います。そうすると結局、現実的な時間スケールとしては、多分今のところ100年とかせいぜい200年ぐらいのオーダーで考えていると思いますし、そうすると、それぐらいで起こる変化に対してどう対応するのかを考えると、是非はともかくとして現実的なのかと思いました。

今日、最後の田端さんのお話しですが、予測をするとき、将来の気候とかルールなどは分からないので、入力条件というか前提条件を決めることによって、どういう評価をするのかということがずいぶん変わるというお話をされていて。水草さんのダムのお話で、どれだけ出せばいいのかというお話がありましたけれども、どんな雨が降るかも分からないというところで、それにどう対応するのかということもあると思います。そうすると、結局今いろいろ目標を立てるにしても、評価をするにしても、どれぐらいの時間のスケールで起こっていることを対象にして、それをどう料理して前提条件にするのかということが結構重要なのかなと思いました。

た。そういう議論は意外とあまりされていないと思います。

私は昔、ダム環境アセスメントをやっていて、そのときに確か10年か何年かの間の最大と最小の水温の間に入れるとか、土砂の濁水の長期化をやるときもいろいろなものがあって、近何年かのデータでやるかというのですが、近何年に数十年に1回ぐらいの大きい洪水があると何をやってももうだめとか、たまたま洪水がないダムだと濁らないというような、何をやっているのでしょうかと思いながらやっていました。

要は、変な実績主義というようなものがあって、何となく予測をしながら、何かの実績の流量でやらないといけないというようなことになっているのですが、本来だったら何か統計解析というようなことをして、モデル流量というような、モデルハイドロというようなを決めてやったほうがよっぽどいい評価になるのではないかと思ったりもしていたのですが。ごめんなさい。しょうもない話ばかりして長くなって申し訳ありません。

そういう意味で、4名の方には、先ほどの小俣さんからのご質問と関連すると思うのですが、一体、我々としては、川の姿とかを見るときに、時間スケールとしてどれぐらいの範囲で考えて、どう対応するのかというのを、教えていただけるとありがたいのですが、お考えがありましたらよろしいでしょうか。

板垣 もし答えがずれていたらご指摘いただきたいのですが、時間スケールということで、先ほど天野所長が100年から200年とかおっしゃったのですけれども、そういう時間スケールが重要な場面もあると思うのです。例えば事業の比較ですとか、B/Cを出している期間を設定しなければいけないので。

河道保全の維持管理的な面でいきますと、私が思いますのは、次に来る流量は分からない。分からない中でどんな流量が来ても、今より悪くない選択肢はどれか。なので、かちっと次に何 m^3/s 来るという計算をしても意味がなくて、例えば8パターンな

りいくつかのパターンがきて、いずれにおいてもよくなる選択肢はこれだというような選び方で、その場その場で考えていたというのが実態です。

天野 100年といっても、その中での統計的なものを当然考えないといけませんし、何が起こるか分からないというがあるので、そういういくつかの平均的な、期待値的なものとのずれのようなものを見ていくのかなと思っていたのですが。

板垣 同じようなことを申し上げているのかもしれませんが、ただ、その平均値というのは、過度の二極化においてはあまり役に立たなくて。平均値がくればという議論に終始していたら駄目で、まずは定性的に、どういうメカニズムだから、こういうのがきたらこうなるのだから、それを緩和するように、先ほどの樹木群の伐採もそうですけれども、滞筋の掃流力を落とすには、なるべくその滞筋に増水がきたとしても、水面が上がらないようなかたちを持つていくには、例えば不自然な樹木群を切るとか、砂州をカットするとか。そうすれば流量が次にくるのがどのぐらいであっても、もちろん流量が小さければ効果はないのですが、どんな流量がきても今よりはましになるという定性的な方向は分かりますので、その認識のもとで選択するとか、あとは地元からの要望とか、いろいろなものの足し算になりますので。例えばここは堤外民地があるから切れないとか、ここは切ってくれと言われているとか、それは水防活動上水面が見えないから切ってくれとか、別のいろいろな理由も全部統合して、結果的に二極化対策に役立つように組み込むわけです。

なので、純粹にこうあればいいということを検討するのは、どちらかというと80点であって、あとはその制約条件の中でその選択をする部分がやはり現場では大きいという気がします。

天野 ありがとうございます。水草さん、いかがですか。

水草 ダムは人工構造物ですので、寿命100年ということで、完成と同時に余命宣言がある施設になります。ただ、100年で寿命が尽きるわけではな

くて、100年で機能確保のための余力を使い果たす予定との意味であり、堆砂容量が埋まり堆砂率が100%を超えたとしても、有効貯水容量は目減りしていきますが、ダムの天端の高さまで堆砂で埋まる状況にはなりません。

最近ではダムの新設がとんと減っており、現在当チームでのダムの実験、つまり水理設計を行っている中で多い形式は流水型ダムという普段は水をためないダムと、再開発ダムです。再開発ダムは、再開発の完成時点から新たに100年の寿命が付与されるということになるので、再開発の時点で、例えば既に40年、50年が経過しているダムは、40年、50年経過した時点での堆砂量をベースとして、そこからさらに100年間の寿命が追加されるということになります。そうなってくると、寿命100年のつもりで堆砂の計画を立て、管理において堆砂の進行が想定以下の場合、今まで特段の対応を不要としていた認識だったところ、積極的な堆砂対策が、ダムの機能に対して100年を超える寿命を与えることを意味しているとも言えます。ダムに堆砂がたまらなくなるということは、洪水調節容量の延命にも効果があるので、ダムの寿命となる100年が経過した場合にどうなるのかを考えると、実は堆砂の多寡によらずあらかじめ堆砂対策をしっかりしておくことで、150年、200年、何なら1,000年までダムの寿命を延ばす効果があるともいえます。

そのような意味も含めて、どのような時間スケールで何を目指すのか、という今のご質問に対しては、ダムとして堆砂対策を頑張れる限界まで頑張るということが、結局流域に対して効果を発現することになるので、具体的に何かの目標を定めて狙って対応するというよりは、今、実施可能な堆砂対策はやれるだけやった方が良いということだと考えています。

従って、先ほどの佐久間ダムの話題にもありましたが、流入する土砂量に対して対策量が設定してありますが、これは事業費や事業中の周辺交通など、事業内容以外からの逆算で求められる上限や制約か

ら決められているだけであって、本音では制約さえ無ければ計画以上にもっと実施したいというところはあるところ、その辺りは頑張れる限界まで頑張ることが、結果的に、流域関係者のウィンウィンの実現に繋がるつもりで実施しているところです。

天野 ダムはなかなか大変というか、作るときは100年というので、当面こないだろうというので作っているけれど、そろそろ寿命が近づいているようなところも出てきたりして。かといって、今おっしゃったとおり堆砂の問題をクリアできれば、ダムの堤体とか、ゲートとかそういうメタルの部分は若干更新が必要なのかもしれませんが、堤体はおそらく何もないければ1,000年ぐらい軽く持ちますよね。

水草 そうですね。コンクリートダムの堤体内部は基本的に無筋ですので、コンクリートの寿命が尽きるまでは使えるということになります。特にフィルダムはコンクリートを使っていないので、構成する粘土や岩石が寿命を決めることになるかも知れません。

天野 そうすると、おそらくどこかで、入ってきたもの全部出すというのは難しいかも知れませんが、ある程度の寿命のようなものを想定して、堆砂対策のようなことをしていくというような時代がくるのかも知れません。ありがとうございます。

猪股さん、いかがでしょう。

猪股 私は今、藤田（光一 土木研究所）理事長が座長をやっている河道設計の基準をつくる勉強会に参加しているのですが、やはりその中でも、先ほど天野所長がおっしゃったような、何年先を見通した設計をするかというような話はやっていて、その中では一応20年から30年を一つの目安としようということは言っています。しかし、なんで20年から30年かというと、20年、30年ぐらいだったら工学的に真っ当なことが言えそうとか、必ずしもそういう礎の下にそういう値が設定されているわけでもないと思っていて、現状においてその点についてはかなりアバウトな印象を持っています。

そこはまさにもう本当に研究と言ってしまえば研

究なのかと思います。私は昔、水文学を主にやっていました。水文学には、雨の頻度がどれくらいとか、その規模がどれくらいかというような話が好きな人間たちが多くいます。けれども、その水文学で対象とするのは、主に年最大雨量とか、そういう大きい規模のものばかりを相手にします。一方で河川は大きい規模の洪水だけでなく、それなりに小さい洪水でも応答が出るので、中小規模の雨の確率規模がどう変わるかも大事です。

しかし、水文学ではそういう議論はあまりやっていないと思います。河川のほうは洪水の規模によってどのように応答するかというようなシミュレーション技術が、田端さんが紹介してくださったように、これから開発していかないといけないと思うのですが、水文学と河川のほうがうまく協働し、水文学のほうから、洪水の頻度とか大きさ、波形というようなところを、河川にシナリオとして与えてもらうような研究ができるといいのではないかと考えています。

ですから、設計のほうで考えていくべしというのは答えがあるわけではなく、まだ研究しなければいけない部分が多いところだと個人的には思っています。

天野 先ほどの猪股さんの発表の中で、西川（和廣）さんがまとめられた橋梁が被害を受けるパターンには2つあって、非常に大きな外力を受ける場合と、それ以外に何かじわじわと効くというものがあるということがありましたけれど、その後の猪股さんの発表の中で、下流で改修して、何か流れが変わったのではないかというようなものがあつたと思うのですが、あれなどはどちらかというと、その1、2の事象とはまた別で、何か、人のインパクトというのが結構大きい、河道にとっては大きいインパクトで、それがそういう不具合の原因になった可能性があるというような、そういうものなのかなと思ったのです。

そこでちょっとお伺いしたいのは、例えばですが、そういうときに、橋梁とかそういう比較的重要

な施設の近所でその河道の改修するときに、その改修のインパクトがどれくらい効くのだろうか。今後はおそらく何か評価をしていったほうがいいと思います。そういうときに評価をするにしても、与える流量をどれくらいにするのかとか、どんなハイドロを入れるのかというところが肝というか、大きいものを入れれば何もしなくても潰れるというような話になりますので。そういう観点からいくと、今おっしゃった、例えば水文学的な知見というようなことを、そういうインパクトアセスメントというところになにかうまく入れ込む手だてというような、ご意見とかお考えがあれば教えていただければと思います。

猪股 私が先ほど発表の中で示した被災事例ですと、いわゆる既往最大とか、計画超過というような洪水で被災しているという事例は一つもなく、大体10年確率とか20年確率の雨ぐらい。平均年最大よりは大きいだけでも、計画規模からすると圧倒的に小さいもので起きることが多いです。むしろ、一つ示した事例ですと、その被災した時の洪水の2年ぐらい前に非常に大きい洪水が来て、その洪水は耐えしのいだけれども、被災した時の洪水は2、30年確率だったという事例があります。それからすると、一概に非常に大きい洪水だけ与えれば照査外力として有効と言われると、そんなことはなくて、やはり二極化している河道というようなところだと、非常に大きいもの以外にも、もう少し中小規模というようなもののほうが、ひょっとしたら橋脚にとってはインパクトが大きい洪水があると思っていますので、照査外力をどう設定しなければいけないのかを検討しています。

そういうものが一体どれくらいの確率で起こるのかとかといったところは、まさに水文学の人たちとよくうまく話をしながら、それが極端な設定になっていないかとかというテーマは、河川と水文のいい協働ではないかと思っています。

天野 なるほど、ありがとうございます。

単なる流量だったらある程度雨量と相関関係が

あって、ほとんどリニアな関係だけかもしれないけれども、川の中の流れというのは、真っすぐな水路と違って、場所によっては最大流量よりももっと違うとき、あるいは洪水の間に河床が変わることによって、流れの向きが変わって外力としては大きくなるとか、そういうものがあるので、そこまで見つけようと思うと、面白いけれどもなかなか大変な感じですよ。

猪股 少し発表の補足をしますと、流れが橋脚に対して斜めに当たるといような事例があることを申し上げました。あの事例はまさに低水路の満杯ぐらいで斜めに橋脚に水が当たる状態でした。もっと水位が高い、要するに洪水規模が大きい場合は高水敷に水が乗って、もう少し流れの直進性が増したと想定され、そうすると、むしろ低水路満杯ぐらいの流量が少ない状態よりも、橋脚に対するインパクトが小さくなる方向に働くので、必ずしも雨が大きいイコール橋脚に対して厳しいわけではないということです。河道の形とかによっても千差万別になってくるので、個別の橋脚に対してチェックしていくことが必要になるかと思います。そのときには、非常に大きいものからそれなりに小さいものまでいろいろな外力を与えてみて、インパクトがどうなのかを見ていくことになるかと展望しています。

天野 それでは、田端さん、いかがでしょうか。主に評価という観点からお話しただけだと思いますが。

田端 土砂の動きという観点でいくと、例えばここを掘削したい、その後再堆積、再繁茂はどうだというようなことを、先ほどのご質問にあった、時間スケールをどのぐらい取るかという話と照らし合わせると、セグメント2であれば、主材料が砂であり、多分土砂の輸送形態は浮遊砂が主体となるので、一洪水での移動量は大きいと思いますが、地形変化はそれほど大きくないと思います。

そういう意味では、あまり長期にわたる予測の必要はないかもしれない。先ほど10年、20年という話がありましたけれど、それほど要らないかもしれ

ません。なので、逆に単発の洪水で、いろいろな規模でチェックすることにも意味があるかもしれません。

一方で、そのセグメント1などになると主材料が礫になるので、圧倒的に移動量が小さくなる。洪水が来ても、限界掃流力をちょっと超えるぐらいで、少し動くぐらいとなると、セグメント1での掘削がそんなにないかもしれないのですが、予測はかなりの長期間を求められるかもしれない。長期の予測になるとモデルや条件設定等による不確実性の影響をより強く受けるので、セグメント1の長期の河床変動は、かなり難しいのではなからうかとも思います。

あともう1つ、植生消長のサイクルがあります。多分セグメント1で言うと、比高の高いところに植生が入ってくるのですが、ある頻度で大きい洪水が来ると、掃流力が大きいのでフラッシュされて、1回はげて、また植生が入ってきてというような、サイクルがあると思うのですが、それが大体どれぐらいかというようなことを捉えた中で、期間を設定するのが現実的なところだとは思っています。

実態分析の中で、何か避けたいシナリオが見出せれば、では、そういう状況下でも長持ちするような河道設計とはなにかという議論になると思います。植生消長サイクルと洪水の頻度、洪水に対する地形変化、植生消失といった応答、結局全部つながっているんで、どこまでを考えるべきかを吟味した上で、外力設定をしていくというのがすごく大事ななと思いました。



天野 今おっしゃった実態の把握というか、結構日本中いろいろなところで洪水が起こるわけです。必ずしも氾濫しなくても結構な出水はあって、その度に河道が大なり小なり変化するという記録がある。ただ、河道の今の変化というのは大体5年に1回ぐらい測っている横断測量の結果が主なのですが、それ以外にも何か最近、結構ドローンを飛ばしたり、写真を撮ったりとかをたくさんやっているの、ある程度の出水に対して、どういう反応があったかというデータが結構取れてきているのではないかと思います。将来的には、何かそういう映像データとかLPのデータとか、そういうものをどんどんAIが何かに食べさせて、この川でこれくらいの洪水がくると、おおよそこういうことが起こり得るとか、こういうものはこう変化する、ということが量的にも見えてくると、結構、将来予測というのもやりやすくなったりとか、そもそもどういう河道にしたほうがいいのかということが見えてくるような気がするのですが、筑波ではそういう計画というものはあるのでしょうか。何かデータをどんどん取っていくとか。

板垣 筑波では、まず予算を確保してからの話であって、まだ確定的ではないのですが、いかに滞筋なりが出水後どのくらい埋め戻るかとか、つまり二極化対策を行った区間で、そういった計測をいちいち大変なお金をかけて測量するわけにはいきませんので、いかに安価にやるかというのをうちのグループでもやっています、今日は来ていないのですが山田（浩次）という上席のところで行っているのですが、やはり普通のラジコンボートだと、木曽川の測量をするには耐えられないのです。その中でどうやってやるかというと、手で引っ張ればいいのかとか、いろいろなことをやりながら、何とかしてそのデータを取るというのを今進めようとしています。

水草 画像生成AIがありますが、当チームではそのまねをして「河床生成AI」というようなものができないかという話を若手研究員との間でしているところです。画像生成AIは、例えば言葉で入力し

たら、それを表現した画像を生成するAIですが、当然言葉でなくもととなる絵があれば、なおさらそれが上手く表現が合った画像が生成されます。例えば普通のサラブレッドの絵を入力し、シマウマにしてくれと言葉で命令するとシマウマになるような能力があります。これを活用すれば、現況河床を入力し、そこに言葉による命令の代わりに入力データを与えたら、求める河床の形状が生成されるのではないかという、画像生成と同じような感じで河床生成を行うAIの可能性です。

画像データは、JPEGであれば2次元データにレッド、グリーン、ブルーの色の次元が加わった3次元データです。河床形状も、XY方向の平面データに河床深さ方向のデータを画像データの色の次元に相当する数値で表現すれば、AIの画像処理技術を用いて河床を生成できる世界があり得るのではないかと考えています。

厳密な物理モデルに対して、物理的には説明性がないが、狙った結果をなぜか表現できる使いやすいモデルが出現したときに、河川の技術者としては一体どちらを信じればいいのかという問題提起をすれば面白いのではないか、というような話はしているところです。

猪股 板垣さんがおっしゃっていたことの補足になりますが、私と山田上席のところで、木曽川を対象として、二極化対策として砂州の掘削だとか樹木伐採だとか、あと玉石の投入だとかいうことをやっています。中小出水でも河道の応答というのはあるはずなので、洪水に対する河道の応答を評価するためには、5年に1度の計測では時間解像度としては不十分で、中小出水後の河床計測等、計測頻度を上げることが必要だと認識しています。

なので、板垣さんが言ってくれたとおり、ラジコンボートとかを使って、中小出水が起こった後に職員が河川に駆けつけて、中小出水であってもしっかりとその応答を取るべく、河道の地形を撮るというようなことを、これから来年度以降やっていきたいなと思っています。そのデータを持って、河床変動計



算の精度評価を行って、観測とシミュレーションのスパイラルアップを来年度からやっていきたいと考えています。

天野 少しまた話が飛んでしましますが、田端さんの言われた中で、アメリカの工兵隊が、河床変動計算など要はあてにならないということを言っているわけですが。ただ、やはり河床の計算しようとしたときに、入力条件というか境界条件、上流からどれだけきているのかというところがものすごく精度が低いので、よくモデルというのはいささかであって、「Garbage In, Garbage Out」とよく言いますが、要はごみを放り込んで計算しまくっているのではないかという感じがしなくもないところがあります。そうすると、今後、河床の変化というものを評価する上で、フラックスとしての境界条件というものをもうちょっと攻めないといけないと思うのですが、私もそういうことをどうやってやるのだろうかといつも思っているのですが、何か最近いい手だてができているのでしょうか。

田端さん、どうですか。

田端 工兵隊に質問したぐらいで、私も具体的手ではない。ただ、やはり諦めたくはないですし、今日示した円グラフの中でも、河床変動が半分ぐらい使われていて。皆さん実務で使いたいのです。

考える必要がありそうなこととしては2つあります。まず、大型実験と申しましたけれども、幅3m、延長100mの混合粒径の移動床模型実験を国総

研で実施しています。初期地形や、上流端から入れる流量や粒径別給砂量は、当たり前ですけども既知です。その上で一定流量通水し、どんな河床変動や粒度変化が起きるかを計測しています。しかもセクションに区切って、区間ごとの粒径別の土砂収支も試算しています。このような質の高い実験データを使って、数値計算モデルを検証し、どこまで再現できるものなのかを評価していく必要があると思います。

実は、自分でも平面2次元河床変動計算を使って実験データとの比較をやってみました。固定床スタートで土砂を徐々に堆積させていった別の実験を対象にしたのですが、堆積範囲（堆積フロントの進行速度）が全然合いませんでした。実験と全く同じ境界条件を与えても合わないの、混合粒径の一般的な平衡流砂量式にも課題があるように思います。なので、問題は結構根深いというところで、河床変動計算を実務で使うようにするためには、良質な検証材料を使って、どんどんチェックして、流砂量式のパラメータも含め、調整方法の考え方を議論していく必要があると思います。

もう1つは、近隣ダムの堆砂量から比生産土砂量を算出し、そこから浮遊砂の供給量を見積もるという手法で、有効だと思います。

あと、そもそもの課題として、浮遊砂の観測があると思います。水面付近ではなく、なるべく河床付近の浮遊砂のデータが必要なのですが、その辺が蓄積されてこないと検証に使うのは難しい。私としては陸軍工兵隊が半ば諦めている河床変動計算を、ぜひ日本では実務で使えるようにしたいと思っていますところ。

関（克己 河川財団水管理研究所長） 河川財団の関です。

今のところはぜひコメントさせてください。陸軍工兵隊は諦めているわけではないです。私も工兵隊の皆さんと何度も議論しましたが、結局彼らは水位観測、流量観測も自分たちでやっています。要する

に、河川管理責任を果たすのに最も重要なことをどうして人に頼むのか。情報とか評価とか、それは責任を果たすために最も重要なことなので、自分でやるということなので、諦めているわけではないのです。

今の議論も皆さんは大いに研究を進めていただいて、どんどんやっていただければいいのですが、そういう意味では、どう使っていくのかと。だからむしろ陸軍工兵隊もいろいろなことをどんどん先進的にやっていますし、意思決定判断のための選択として何を用いるかということで、そこのところは諦めているとかそういうことではありません。

田端 すみません、失礼しました。ちょっと語弊がありました。申し訳ありません。

関 あえてもう一つ申し上げておくと、先ほどの時間軸の話もそうなのですが、やはり河川管理責任というようにところから考えていく時間軸と、研究としてどこまでデータを、あるいは将来を見てやるかということとは、ちょっと違う時間軸があるというようなことも考えていただけるといい。今日聞かせていただいている、皆さんがやっていることは、非常にわくわくして聞かせていただいているのですが、研究を進めるときの時間軸とこれを行政や現場で使われるときの時間軸は必ずしも同じではない。そこは割り切って研究されるのがいいのではないかと。

それは、行政が管理責任として考える時間軸は、科学とか研究とは大きく異なる。というか、離れてしまっていることが結構あるので、そこは2つあるというように考えて進めていただければと思います。

そういう意味で諦めないでほしいと思い、気になったものですからひと言、途中で申し訳ありません。

田端 訂正いたします。

天野 会場の皆さん、いかがでしょうか。今までいろいろと話をさせていただいて、応答の中から、えっと思うようなこととか、もうちょっとここは詳細に聞きたいとか、そういったご意見とかご質問はない



でしょうか。

質問者1 土研の者です。

田端さんの発表のスライドの2枚目、2ページと書いてあるところですが、これが田端さんの発表で最も重要な部分だと認識したのですけれども、この「河道計画設計における現状、改善の方向性」に黒とか赤とか青とかの文字で入っていて、その「河道設計」とか「維持管理」とかを見ると、項目としては一つずつしかなかったもので、これをぱっと見ると、「予備設計」とか「維持管理」は、それぞれ掘削形状とモニタリング項目だけを意識してやればいいという、何かそのように私は捉えてしまったのですが。これはそもそも全体の大枠がある中で、これは重要だと思った田端さんがチョイスしたものなのか、田端さんご自身が作られた表なのかという、その確認させていただきたいと思います。

田端 自分が作った表です。この真ん中の「河道設計」ではいろんなことを考えないといけないと思うのですが、代表例として1つだけ入れています。あと、もちろん河道制御施設や構造物の設計なども別途あると思うのですが、その辺と組み合わせて設計する場合もあると思います。

維持管理も、結局、定める項目がモニタリングだけになっていますが、整備計画見直しの説明資料などを見ましても、今のところこれが代表なのかなと思って記載しています。多分もっといろいろあるべきで、抜けがあると思います。

質問者1 その中のうちの一つということですか。

田端 そう捉えていただければありがたいです。すみません。不十分であることはご指摘のとおりでございます。

水草 かぶせるような話題となり申し訳ありません。冒頭で小俣さんから、河川を放っておくと二極化しようとする状態というのは、それが自然なのか不自然なのかというような話題がありましたが、これは河川の本来のあるべき姿論であると思います。私見として、維持管理とは、流域の関係者があるべき姿を思い描いた上で、まずは計画の専門家が計画し、それを設計の専門家が設計し、施工業者が設計に基づいて建設することで構造物ができたり維持管理が実現するものと考えています。ダム視点では、ダム構造物については完成時がいちばん完璧な状態であり、そこから維持管理の段階に移行することを想定するに、構造物が完成時点からどれだけ劣化したかという差分で維持管理の項目が見えてきますが、河川の場合は、護岸のようなコンクリート構造物以外は、維持管理担当者による監視や点検だけではなく、監視や点検しながらあるべき姿から現状がどれだけずれているのか把握してもらうことが大切だと思っているところ、ずれのもととなる基準のあるべき姿というのが、最初に登場した計画の中で設計への申し送り事項として思いが込められている、と思っています。

ただ、同じく小俣さんの冒頭の話で、厳しいご質問だと思ったのが、いったい正しいあるべき姿とは何かという、PDCAでいうところのCheckを、維持管理の専門家に実施してもらうのか、計画の専門家が自己反省として計画を練り直すのかなど、維持管理の場面にどの立場の専門家をどのように位置づけるのかということが、曖昧であると思ったところでした。

小俣 この2ページの表は、これからすごく大事になってくると思っています。私の経験的な事実を言うと、そもそも手引きが河道計画しかなかった。どうしてなのかということは今さらながら考えてみ

ると、そもそも河川というものはいつも完成しないので、河道計画の見直しをずっとやり続けてきていることになっているのです。我々が河道計画と言ってきたということは、ある意味では、モニタリングの結果のフィードバックを河道計画という名前でやっていたということにしか過ぎないのだろうと思います。だから計画の手引きしかない。

というのは、川はずっと完成しないのです。基本方針が達成しない限りは、ずっと整備計画ですというようなことになっているから、結局、整備計画というのは、名前は計画と言っていますが、その見直し行為というのは、まさにモニタリングとフィードバックの繰り返しというようなことになっています。だから5年後に河道計画を見直すときというのは、まさにその5年間の蓄積の結果から振り返りをして、さらに先を見るというようなことになっているということです。言ってみれば、そういう過渡的な状態をずっと繰り返す川の中で、この河道設計とか管理とかを行ってきたのです。その目標をどう考えるかということが難しいので、冒頭、私が挨拶で申し上げたように、河川財団としては、今、そういう管理という目で技術をどう見るかということを考えているということになっています。

板垣さんが、天野さんの時間スケールの回答の際に、いろいろなニーズの中から、どうやってその先の答えを出すかというようなことをおっしゃったと思いますが、ある意味、ニーズに対してインパクトを想定して、決定論的にどういう目標を立てるかということをおっしゃったと思います。当然そういう管理上の目標の立て方というものもあるでしょうけれど、それだとさらにその先どうなるのかということに対して、なかなか答えが見えないということもあります。そういうことを、これからぜひ皆さん方の技術を結集して考えていかなければいけないと思っています。

多分なかなかすぐに答えが出ないような話を、みんなで悩んでいるということではないかということでお話しました。

天野 今の田端さんの表からの発展系の議論になったと思うのですが、やはり計画とか設計とか維持管理というところで、維持管理のところになってくると、現物を相手にしているので、計画のときはおそらくそれほど川の詳細まで見ない、というか見られない。例えばどこで何t流すとか、そういうものは計画で出せるのでしょうけれど、実態となってくるとまだ分からないし、水草さんが言われましたが、人工構造物であれば最初が100点で逓減曲線というようなもので悪くなっていくという話ですが、河道の場合は別に悪いものもなく常に変化していて、その変化が一方方向になってしまったりすると、ちょっとまずいのではないかなというところだと思います。一方方向の変化に見えるものだとしても、また別の外力があったら、またぼんと戻ってしまうとか、いろいろな変化があると思うので、その変化の特性というものをどう見極めるかというのが重要だと思いました。

そういう意味で、特に板垣さんにお伺いしたいのですが、板垣さんの木曾川のお話で、砂が異様に堆積しているというお話がありました。普通、ダムがあると砂がたまるとするのは、どこか支川か何かから入ってこない限りはたまりようがないと思ったりもしたのですが、そういう意味で、この河道保全上の課題例というところを一つの例にとりていただくとはいばん分かりやすいと思うのですが、おおよそその河道の変化というもののの中で、どれぐらいの変動特性があるのか。要は、例えば大きな出水がくるとがばっとたまって、ちょろちょろ減っていくとか。あるいは、常に人が触った後は一方向に動いていくとか。いろいろな変化特性があると思います。こういう変化特性の見方というか、実証と比較したときにどう見るのがあるのか、何かの例でも結構です。お話しいただけるとありがたいと思います。

板垣 私の資料の8ページのところに今、天野所長からありました「砂が異様に堆積」と書いてあるのですが、この令和2（2020）年ぐらいから砂が異様に

に堆積するようになったという事例については、現地で私が判断しましたのは、下流側の左岸がすごい樹林化していました。砂はダムからはこないはずだという前提でいくと、飛騨川という支川が今渡ダムの付近に右岸から入ってしまっていて、そこは結構流域面積が大きくて、そこから砂が入ってくると考えました。そうでないと説明ができないわけです。

一方で、なんで今までたまらなかったものが異様にたまったのかということ、過去と比較をしてみると、左岸側に樹林がどんどん繁茂してしまっている、おそらく出水時にそれによる堰上げがあって、その上流で砂が堆積しやすい状況になったのだろうなと思いました。

天野 今、板垣グループ長がおっしゃったように、やはり何らかを想定する仮説というのがあると、その後の対策もしやすいと思います。いろいろな変化が起こっているというときに、何がそれを生んでいるのかを見極めるのと、将来どうなるだろうかという話です。もし樹林化して、その堰上げだということであれば、堰上げが解決されない限り、平衡のところまでたまってそのままになるのか。あるいは何か大きな出水がきたらまた飛んでしまうのかとか、そんなところの見方になるのかなと思います。ありがとうございました。

板垣 補足しますが、砂が異様に堆積したのは竹林の中なのです。竹林を地元の方々が一生懸命世話していて、白いきれいな砂がかなりわっとたまってし



まったので、竹が窒息するのではないかと地元の方がおっしゃって、何とか撤去してくれと言われたのですが、竹林の中にバックホウを入れることは難しいので、これは取れません。結局2年間いたのですが、別に竹は元気がなくなることなく育っていたので何とか耐えました。一方で、その樹林は一部伐採を始めました。なので今後改善する可能性があります。

天野 ちょっと細かい話になってすみませんでした。ありがとうございます。

時間ももうほぼ終わりつつあるのですが、最後にお一方。

質問者2 東京建設コンサルタントの者です。今日はどうもありがとうございました。

ちょっと自分の頭の中がごちゃごちゃになったので質問させてもらいますが、先ほど時間軸の話が出てきたので、やっと何となく理解できた気がしています。長期的なスパンで見る河道保全と、短期で僕らがコンサル業務でやる、今後砂州がこう移動するからとか、ここは局所洗掘されているから何とかしろというその話が、聞いていて頭の中で何かうまく合わなかったのです。最初の質問のところで、いちばんわからなくなったのですが、今日の話は要素技術のいろいろな話をいっぱいしていただいて勉強になったのですが、日本の川の河道保全を何か全国一律でやるという、そんなセオリーをつくるとか、そういう話ではないのですね。そこがちょっと分からなくて。確に対処療法的にやられているから、そうではなくて、何かもっと大きい話をちゃんと意識しなければいけないよというのは分かるのですが、だからといって、全国一緒にやるのが目的で、今この議論をしているという、そういうわけでもないですよ、というところだけ確認したかったのです。

天野 もちろん違います。冒頭で私、少しお話ししたと思うのですが、川は川によって全然違いますし、おそらく時期によっても、例えば山の状態とかによっても変わってきますので、その場その場であ

るべき姿というのはちょっと難しいと思うのですが、大体このようなものだというのがあってと思います。板垣さんも強調されていましたが、人がその川と付き合っていて、これは困るとなれば何かしらしないといけないし、その流域の人とか皆が思っている川の姿とそんなに変わりもしないし、今のところ、それなら生活にも困らないというようなものを何か見つけていくということかと私は思いました。

それは当然、その場所場所で、それぞれにおいて考えないといけない。ただ、考えるにあたって、基本となる考え方の何か整理方法というか、そういうものはある程度共通のものがあるのではなかろうかというような意識で私はお話しました。

よろしいでしょうか。

質問者2 分かりました。ありがとうございます。

それを考えるところで、やはり通常の要素技術の組合せで維持管理をしていくのですが、水草さんの資料23ページの「ゼロをプラスに」の、この話が非常に気になって。堆砂をダムの直下流にどーんと置いておくだけではなしに、出したいときに出す。すごい雨がきそうなときにモデル計算して、今はすごい流量がくるから、今ここに積んでおけばこうなるとかという。この川の特長上、ここに堆砂させたいからこういうのを狙おうとかという、一般的な話ではなく、そういうすごさという理解でいいんですか。

水草 はい、そのとおりです。狙った場所に、狙った量を、狙ったタイミングで送り込むというのが「制御する」ということだと思っています。今回のご説明は運搬の要素技術のご紹介だけだったのですが、今回のセミナーの話題となる「河道の二極化」ということであれば、当然異常堆砂も生じ得ますから、還元した土砂を海まで届ける、還元した土砂が途中で変なカタチで捕捉されたり、届けたつもりの場所に留まらずにそのまま下流に流出してしまうようなことにならないようにするには、還元するタイミングを自由に制御する装置があって初めて実現します。そこで、今回の研究では先に装置の開発をし

ているのですが、今後はソフト的な制御方法に関する技術開発を行う予定になっています。

関 今日は本当にありがとうございました。いろんな考え方、見方、研究があると思うのですが、私は一つ、管理あるいは管理責任ということ、一つのキーワードとして考えていただくとありがたいと思います。あるいは管理できるのかを。

『河川砂防技術基準』もそうですが、調査・計画・設計・施工管理という流れで、管理は全部を受け入れるしかないということなのですが、八潮（道路陥没事故）の話を持ち出すとよくないかもしれませんが、最後は管理が全部問われるわけです。だからそういう意味で、管理できるかどうかということ、一つの、ある種の物差しというか、目指すものとして考えていただくと、工兵隊の管理責任の話と一緒に、結構いろいろなものが整理できていくのではないかと思います。ここまでできる、ここまで予測できる、これは無理だというようなことが管理責任との関係で進んでくるといことで、そういう目で見たときに、時間軸の話とか、このモデルはこういうことが特徴でいい、だけどここは難しいというような。多分先ほどおっしゃっていた土砂の話なども、目的によって違います。だからそういう意味でのプラスマイナス、白黒グレーと私は言うのですが、そんな整理をしていただくと、すごく前に進むのではないかと。

それからあえて言うと、管理という観点から調査が足りない、設計が悪い、計画が悪いというような形でフィードバックできると、別に責めるわけではなくて、明らかにそういう時代に入ってきている。八潮の話もですが、おそらくあれも結局管理できるのかということで、もう一回フィードバックするし、笹子（トンネル天井板落下事故）もそうでした。河川も、鬼怒川の（水害）訴訟とか野村ダム（緊急放流水害訴訟）もそうですが、いろいろなところで管理責任というものが問われている。そこからいろいろなものの組立が変わってきている。

ぜひ皆さんがやっていることを基本に、いいな

と、やりたかったなと思うことをどんどんやっておられるので、ぜひ今の時代がそんなふうにつくる時代から大分変化してきている。というようなことはぜひ進めていただきたいなと。

それから、もう一つ余計なことを言うのですが、ダムの70年、100年というのは、あれはぜひ変えていただきたい。なぜかという、もう20年近く前になるんですが、ダムの耐用年数を実評価すると、堆砂にもっと投資できるのです。

というようなことがあって、ものすごく変わっていくので、そういう意味でもシミュレーションとか技術から見て、もう一回、行政がやっている時間軸を変えさせるというようなことも十分やらなければいけないことだと思いますので、稼働のほうも何か時間軸を、行政とか管理責任のところの時間軸を変えるような研究に是非していただければと、こんなふうに思います。

天野 ありがとうございました。まとめていただいたような感じですが。

先ほど日本中でそんなことをやるつもりなのかというようなご質問をいただきましたけれども、そういうつもりはもちろんないのですけれども、今日のお話としましては、なかなかまとめるのが難しく、私もまとめ切れませんが。要は今まで日本の河川というのは、いろいろな問題があって、河川の整備事業、改修をどんどんやってきたというところで、ある意味とにかくやるのだというのでずっとドライブしてきたと思うのですが、ある程度川なりダムなりができてきて、そうすると、今までのように山を崩して団地を造ったというような感じになっていたと思うのですが。ただ、団地ができたけれども、山は人の都合どおりには動いてくれないとか、川がそうなのですから。そういう中で、なかなか人の都合どおりにならない川と、我々としてはどう付き合っていくのか。それを決めるときにいろいろなやり方があるではないかというところを、今日のお話の中で、今後どうするのかというところのヒントというか、あるいはヒントどころか課題が増えたとい

う感じなのかもしれませんが、少なくとも課題が明確にならないと、どうしたらいいのかというところにも次のアクションが進みませんので、今日は、こうやればいいという答えが提示されたというよりはむしろ、筑波の研究者の皆さんも悩んでおられるし、現場でも悩んでいるし、そういう悩みと、今後どうそれに対応していくのかということについてのきっかけというかたちで捉えていただければと思いますし、参加していただいた皆さまには、今後いろいろと、メールでも結構ですので、こういうのがあるのではないかという意見をお伝えいただければ、また筑波の方にそれをお伺いするというようなかたちでまとめていきたいと思ひますし、筑波でやった研究を、皆さん覚えて帰ってくださいというわけではなくて、筑波でも今日聞いていただいたいろいろな研究をされていますけれど、やはり悩みもたくさん残っているというところもお分かりになったと思います。今日の最後、田端さんのお話では、学と官と民とで協力してやっていくというお話がありましたが、ぜひとも河川の管理全般に関して、そういったかたちで学官民協力して問題に対応していければなと思ひておりますので、どうぞよろしくお願いしすというところで討議を終わらせていただきたいと思ひます。

時間が過ぎまして、申し訳ございません。どうもありがとうございました。

司会 ありがとうございます。

登壇された皆さま方、お席にお戻りいただければと思ひます。ありがとうございました。

それでは、最後に河川財団の参事、天野雄介より閉会のご挨拶を申し上げます。

閉会挨拶

公益財団法人河川財団 参事 天野 雄介

今日はお忙しい中お集まりいただきまして誠にありがとうございました。大変興味深い発表をしていただいて、皆さんも刺激を受けていただいたのではないかと考えております。

時間も超過しておりますので、申し上げたいことを1点だけ。

今日発表いただいた板垣さん、猪股さん、水草さん、田端さんに、改めて感謝の拍手をお願いできないでしょうか。今日はどうもありがとうございました。

(拍手)

河川財団は、河川の管理をどうよくしていくかということを中心テーマに据えて、今後も活動が続けてまいります。今日お集まりの皆さま方のなお一層のご支援をお願いして、私の閉会の挨拶とさせていただきます。

本日はありがとうございました。

司会 皆さま、今日はどうもありがとうございました。



