

3.9 激甚化する水災害へのITC戦略（河川研究部 鳥居 謙一）

皆さん、こんにちは。ただいまご紹介いただきました国総研の河川研究部長をしております鳥居でございます。本日はこういったタイトルで少しお話をさせていただければというように思います。

最初に皆さんにご協力いただきたいのですが、スマートフォンをお持ちの方ちょっとお手を挙げていただけないでしょうか。世の中こういう状態で一般的に5割の人がスマートフォンを持っているという状態の中で、われわれの戦略としてもそういったものをターゲットにしながら今後情報をどうやって提供していくのか、あるいは情報の品質をわれわれはどう考えて出していくのかということが、これから重要になるのではないかと踏まえ、今回あえてITCというタイトルをつけさせていただいております。

それでは本題に移らせていただきます。



写真-12 河川研究部 鳥居 謙一



—スライド（総雨量1,000mmを超える豪雨が月に2回）—

まず、今年の災害のレビュー、振り返りですけれども、今年8月にはこの1,000mmを超えるような豪雨をもたらした台風が2連発。11号、12号によりまして、1,000mmを超えるような雨をもたらせて水害や土砂災害が発生したということで、私は四国が長いのですが、四国でもこの那賀川流域の阿南で小学校の1階部分が浸かるような大浸水になったり、あるいは高知の仁淀川の支川のいの市という所ですが、そこでもこのぐらいの大浸水になったりということで、このときは死者5名、全壊10戸というような激甚な災害を発生させております。

総雨量1,000mm以上の雨をもたらした台風11号・12号により、水害・土砂災害が発生

被害の概算(全国)			
死者	5名		
全壊	10戸	床上浸水	1,562戸
半壊	9戸	床下浸水	4,402戸

高知県伊野市の浸水被害 徳島県阿南市の浸水被害

※：高知県 粟津観測所(台風12号:1,360mm以上)、黒塚観測所(台風11号:1,080mm以上)

—スライド（時間雨量 50mm を超える豪雨が各地で発生）—

また、今年是全国で時間 50mm を超えるような豪雨も各地で発生いたしました。例えば 7 月には南木曾町で時間 76mm の豪雨です。8 月には南陽市で時間 52mm、8 月の福知山では時間 62mm の災害、そして 8 月の広島では時間 101mm の豪雨をもたらし 74 名の尊い命が失われたということでもあります。



—スライド（激甚化する水災害への対応）—

30 年前に比べまして、だいたいこの時間 50mm を超える豪雨の発生は 1.4 倍ぐらいの発生の数になっているというように言われております。このような災害が激甚化している中で、「新たなステージ」に入っているとされておりまして、そういった激甚化する水災害に対して、きょうは特にこの情報通信技術をどうやって使っていけば、より安全なのかというお話をさせていただきたいと思えます。

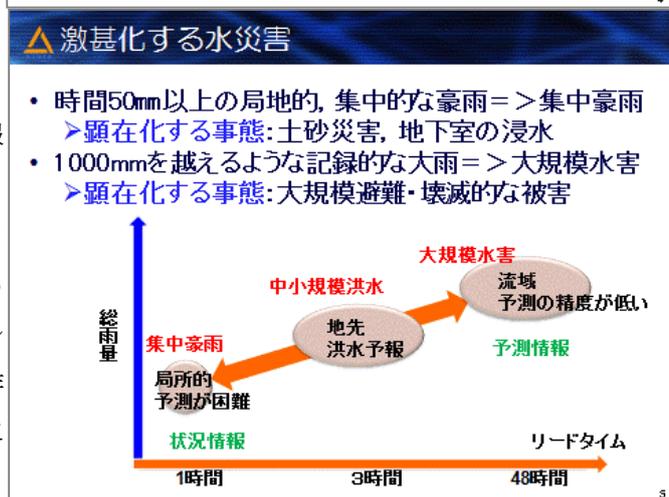
△ 激甚化する水災害への対応

- 1000mmを越えるような記録的な大雨や時間50mm以上の局地的、集中的な豪雨が頻発。雨の降り方が局地的、集中化、激甚化している。災害が激甚化しており「新たなステージ」に入っている。
- 国総研において、短期的な観点から中長期的な観点まで、様々な防災・減災対策について研究に取り組んできたが、**情報通信技術(ICT)の活用**について考える。

—スライド（激甚化する水災害）—

まずお話をする前に、水災害の特性と情報の関係について見てみたいと思えます。

このグラフは横軸が時間、縦軸が総雨量というものを示したものであります。いわゆる集中豪雨といったものは、短時間に 200～300mm ぐらいの雨が降るということで、非常に局所的に起こるといふことと、短時間に起こるといふことは非常に予測が困難だといふ性格を持っているといふ中で、やはり状況情報といふのを的確にどうやって住民に伝えるかといふことが非常に重要になる災害であるといふことです。



また大規模災害といふのは、流域ぐらいの大きさの広いエリアに 2～3 日かけて雨が降って、それで災害が発生するといふことで、時間的には結構余裕があるのですけれども、何せ時間が非常に長いといふことで予測情報を使わなければいけないけれども、この予測の精度が低いといふような特性があります。

このように災害によりまして情報の性格が違うということで、こういったことを踏まえているいろいろなITC戦略については考えていかなければいけないということで、きょうは集中豪雨と大規模水災害に分けて議論を進めていきたいなと思います。

—スライド（集中豪雨）—

最初に集中豪雨についてであります。集中豪雨で今回対象にしようと思っているのは、地下室の利用者の安全であります。地下室の利用者は地上の雨の状況が把握できない、あるいは浸水の状況を把握できないといったところから、気が付いたときにはすでに水が来ていて犠牲に巻き込まれるというような事態に発展するわけです。そういった意味で、ここでは地下室の利用者に危険をどうやって知らせて、避難行動を取っていただくためにはどうすればよいのかということについてまず考えてみたいと思います。

—スライド（XRAINで観測された広島豪雨（2014年8月20日））—

まず、考えるにあたって現在こういった情報が提供されているのかということ整理いたしました。1つはわれわれがゲリラ豪雨対策として整備してきたXRAINであります。これについては250mメッシュ、しかも1分更新でデータを発信しているという状況であります。もともとXRAINというのは、平成20年神戸の都賀川で発生したゲリラ豪雨で小学生、あるいは園児が亡くなったことを受けて整備したMPレーダーでございます。そういった意味で集中豪雨との親和性が高い情報を提供しているということでございます。

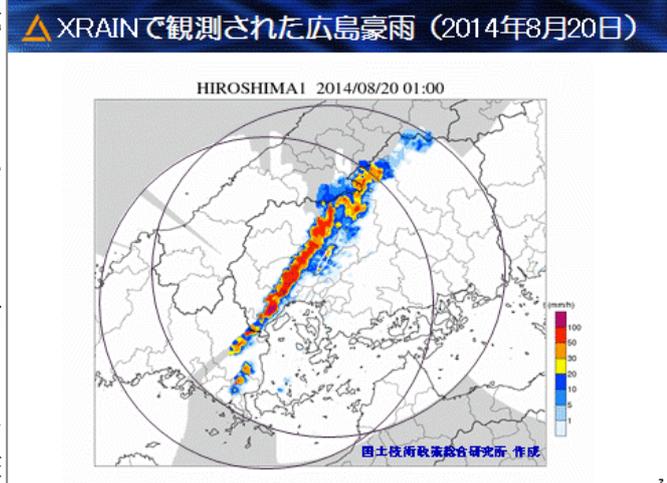
△集中豪雨

➤問題設定:地下室の浸水

- ハザードマップ, 防災訓練等, 様々な措置が講じられている.
- 様々な情報が様々な手段で提供されている



平成11年福岡豪雨(国交省HPより)
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/1999/html/sete001.htm



△メールサービス, ハザードマップ

六甲山系「降雨状況通知システム」(試験運用中) 六甲砂防事務所



—スライド（メールサービス、ハザードマップ）—

2点目がメールサービス系ですが、さらに六甲砂防では XRAIN と情報通信技術を組み合わせて、登録した人に設定した地域に強い雨が降った場合にアラートメールを配信するというサービスを展開しているというような状態。あるいは内水のハザードマップについても平成18年に「内水ハザードマップ作成の手引き」を公表しまして、現在264の市町村でこういった内水を対象にしたようなハザードマップが整備されているということで、かなりリスク情報というものは提供されているという状況があるということをご認識しておかないといけないと思います。

—スライド（メールサービス、エリアメール）—

さらに、メールサービスということで多くの県や市町村が、登録制ではありますが登録した人に対して市町村が発信する避難勧告の情報とか、そういったものをメールで発信する。

あるいは、エリアメールというものを使いまして、強制的にあるエリアにいる人たちに対して携帯にメールを発信するというシステムを導入している市町村もあるということでもあります。

ですので、皆さんきょうスマホをかなりの方が持っておられましたけれども、きちんと登録いただければきちんと避難情報がお手元に届くという状況にすでにあるということでもあります。



—スライド（スマートフォンの位置情報サービスを活用した防災情報の提供例）—

さらにスマホの場合にはスマートフォンの位置情報サービスを利用いたしまして、情報を提供するというサービスも、これは民間企業ベースでありますけれども、無料で提供されています。近くで強い雨を気象庁が予測すると、その情報を皆さんのお手元に配信するというシステムが民間ベースで提供されているという状況であります。



—スライド（情報の伝達手段）—

いままでお話ししてきたことをまとめますとこの表のようになりまして、いままで喋って来たのは少しハイテク系のお話ですが、ローテクである伝言、あるいは防災無線というものもあるわけであり、私は決してローテクが悪いというわけではないと思っています。ローテクでありますけれども、対面、あるいは肉声ということであって、かなり切迫度、緊迫度をもって情報を伝える手段としては非常に

△ 情報の伝達手段			
手段	例	+	-
伝言	消防団、自治会	個人、対面、強制	途絶、二次災害
防災無線	屋外スピーカー	地区、肉声、強制	不達
防災無線	戸別受信機	地区、肉声、強制	費用
携帯メール	防災情報メール	地区、電子、自主	個人端末、非防災
エリアメール	つくば市	地区、電子、半強制	個人端末、非防災
スマートフォン	Y*h** 防災速報	個人、電子、自主	個人端末、非防災

伝達手段: スマートフォンにより個人を特定して情報を正確かつ即時に伝えることが可能.

スマートフォン品質の情報: リアルタイムでピンポイントの情報.

重要ではないのかなど。あるいは伝言もこういった伝言をきちんと伝わる地域をやはり今後も維持していくことが、防災上非常に重要であるということで、これを決して否定する気はありません。これも大切な情報ツールだと思います。

さらに、こういった新たなハイテク系のツールをどうやって使っていくのかということが重要で、こういったものは一斉に情報を提供するという意味では非常に有効だということに思いますが、一方で電子媒体ということで切迫度がなかなか伝わり難いということがあります。ですので、切迫度を伝えるということで工夫が必要だと思います。

あともう1点。スマートフォンをたくさんお持ちでしたけれども、スマートフォンというのは個人を特定して、情報を正確かつ即時に伝えることが可能であり、非常にゲリラ豪雨対策としては有効なツールではないかなというように思います。そういったスマートフォンといったものとおして、やはりスマートフォンに合った、この品質に合った情報、リアルタイム、あるいはピンポイントといった情報を今後流していくことが情報提供の分野では極めて重要になるのではないかなというように思います。そういった意味で、情報をスマートフォン品質に直していく。

—スライド（伝達する情報）—

特に雨のほうは先ほど XRAIN でお話ししたように 250m メッシュ 1分という高解像度になっておりますけれども、まだまだ水位の情報については 10 分、しかも1点の水位観測所の情報を提供しているということでもありますので、そういった意味で水位情報の分解能の向上にチャレンジしていきたいというように考えております。

△ 伝達する情報					
	情報	空間解像度	時間解像度	予測時間	
雨	現在	XRAIN	250m	1分	
	予測	降水ナウキャスト	レーダー:1km 高解像度:250m	5分	1時間先
		降水短時間予報	1km	30分	6時間先
水位	現在	川の防災情報	水位観測所	10分	
	予測	洪水予報	水位観測所	随時	3時間程度

洪水予報文: ○○川の○○水位観測所では
○:○頃には氾濫危険水位に達する見込みです.

情報: 雨は高分解能. 雨から避難のトリガーとなる水位情報へ翻訳. スマートフォン品質へ
=> 水位情報の分解能の向上にチャレンジ
=> 状況情報, 対象者の絞り込み

前にダムの事前放流をしなければいけないとか、あるいは公共交通機関も9時間ぐらい前に運航を停止しなければ間に合わないというようなタイムラインのイメージが示されています。

このようなオペレーションは基本的には雨が降っている前でありますので、予測情報に基づいて順次オペレーションが行われていくということであります。そして予測のベースになっているのが、こちらに書いてある気象庁が発表している予測情報であります。84時間前の予測降雨からずっと6時間、1時間となるほど精度がよくなっていくわけです。気象庁は、予測情報を提供しているということであります。

そして防災機関がオペレーションを的確に行うためには、この雨の情報ではまだ不十分でありまして、これを水位情報に変換してようやく防災機関が使えるようになるということであります。そのためにこういった水位情報を変換すると言ったことが極めて重要であるということであります。

きちんとオペレーションするためには、きちんと現場状況が把握されているということと、予測情報がきちんと提供されているということの2点が重要だということに考えています。

—スライド（洪水監視・はん濫監視・浸水監視）—

この表はその監視に対する対象と目的と方法について整理したものでありますけれども、ここで新しい技術としてアドホックネットワーク簡易水位計という技術がございます。

—スライド（アドホックネットワーク型簡易水位計）—

これはここに書いてありますが、無線で水位データのネットワークを自動的に構築して、多数の水位計をリアルタイムでオンライン化することが可能になるということであります。

いま直轄等で整備されているのは、やはり一箇所当たり非常にお金がかかるので

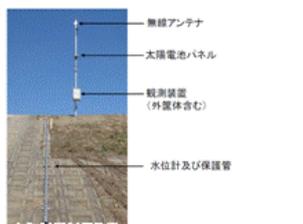
△洪水監視・はん濫監視・浸水監視

対象	目的	方法
洪水	水位、越流 堤防の洗掘、構造物の変状	巡視、CCTV 水位計、アドホックネットワーク簡易水位計
はん濫	堤防の変状、漏水、破堤	巡視、CCTV、センサー
浸水	浸水範囲	巡視、CCTV 浸水センサー

△アドホックネットワーク型簡易水位計



アドホックネットワーク簡易水位計:
無線で水位データ通信ネットワークを自動的に構築する機能を有しており、多数の水位計をリアルタイムでオンライン化することが可能。



大塚山阿川早稲吉
NETIS1通信ルートを自動的に組み替える無線通信を用いた水位センシングシステム

△洪水監視・はん濫監視・浸水監視

対象	目的	方法
洪水	水位、越流 堤防の洗掘、構造物の変状 洪水予測、氾濫流量予測	巡視、CCTV 水位計、アドホックネットワーク簡易水位計
はん濫	堤防の変状、漏水、破堤	巡視、CCTV、センサー
浸水	浸水範囲、 浸水予測	巡視、CCTV 浸水センサー

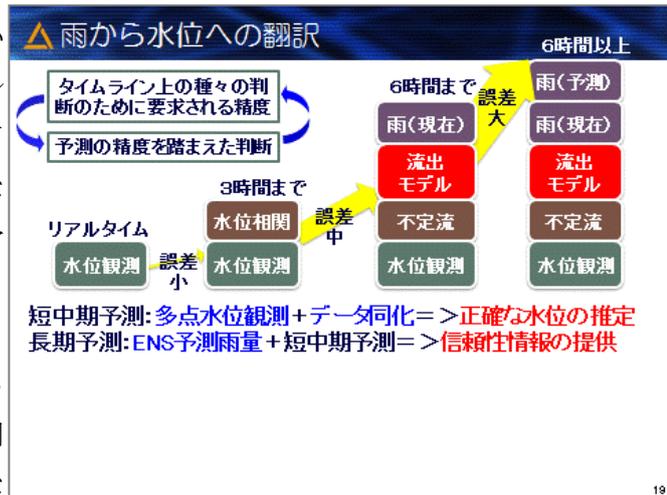
センサーの低価格、情報通信技術の発展、
画像解析技術の進歩
=> 高感度な監視体制の構築にチャレンジ
=> 避難範囲の絞り込み、状況情報の提供

整備個所が少ない、限られているということになりますけれども、これですと多くの簡易型の水位計を設置してそれをネットワークするというので、非常に多点の水位観測を可能とする技術ではないかというように考えております。

こういったものを使うことによって、高感度の監視体制をまず構築することができるのではないかなというように考えております。

—スライド（雨から水位への翻訳）—

次が予測関係でございます。予測についてはこうやってこちらにいくほどリアルタイムで、だんだん予測時間が長くなっていくわけでありまして、どうしても長くなればなるほどいろいろな技術を使って予測をしていかなければならないということで、だんだん誤差が増えていくということになっているわけでありまして。そういった中で、やはり短・中期、いわゆる6時間ぐらいいままでについてはどうしても正確な

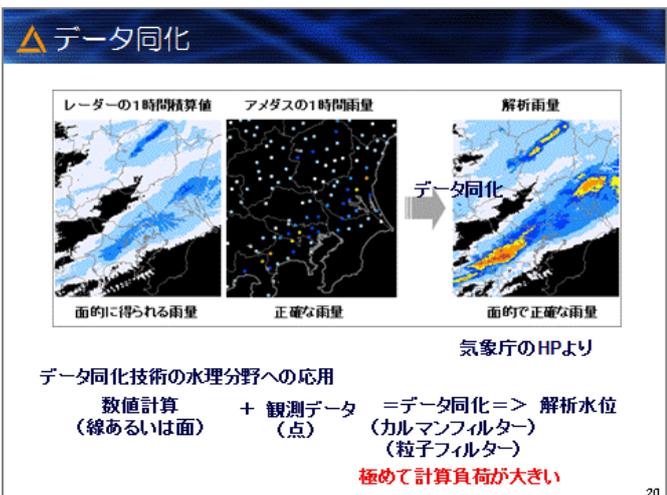


水位予測が必要であろうということで、正確な水位予測を目指して技術を磨いていかないといけない。その中の中核になる技術が、先ほど申し上げたような多点水位観測とデータ同化技術というものを組み合わせることで精度を上げていくことではないかなと考えております。

また、次の長期予測については、どうしても予測雨量というものを活用することになります。この雨量の長期予測の信頼性を向上させるにはある程度限界があり、やはりこの信頼性の情報をなんとか提供していく、併せて提供することによって行政判断を正確に行うことが必要であろうと。

—スライド（データ同化）—

データ同化というのは、気象の分野で皆さん解析雨量と言う言葉を聞いていらっしゃると思いますが、レーダーと地上の観測雨量をうまく合わせて、正確な面的な雨量を推定する技術です。これを水理分野にも応用しまして、数値計算と先ほどの多点観測データを同化させて、解析水位として連続的な正確なデータを作っていくというようなことが可能な時代になっているということでもあります。



—スライド（粒子フィルターを用いた洪水予測のイメージ）—

その中のデータ同化技術としてよく使われるのが粒子フィルタというもので、こういった形で、これは300点の粒子を使っていますけれども、300点で予測します。見ていただきたいのは黒い線が実際の実流量で、赤い線が粒子フィルタを加えたときの予測、そして緑が現況の予測結果で、かなり予測を正確にすることができるようになるのではないかなということがあります。

—スライド（アンサンブル(ENS) 予測雨量計算結果事例）—

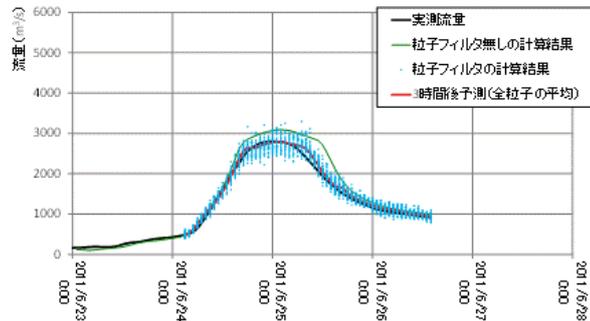
長期予測のほうの信頼性情報の付与についてでありますけれども、これについてはアンサンブル(ENS)というものを使うわけでありまして。これがアンサンブル結果で20の予測をこれは出力しているということでありまして。

8月31日を起点に84時間先について20のパターンの予測を出しているということでありまして。この予測雨量を用いて、例えばアンサンブル予測雨量を用いた洪水予測のイメージとしてはこういった形で予測結果が得られるということでありまして。

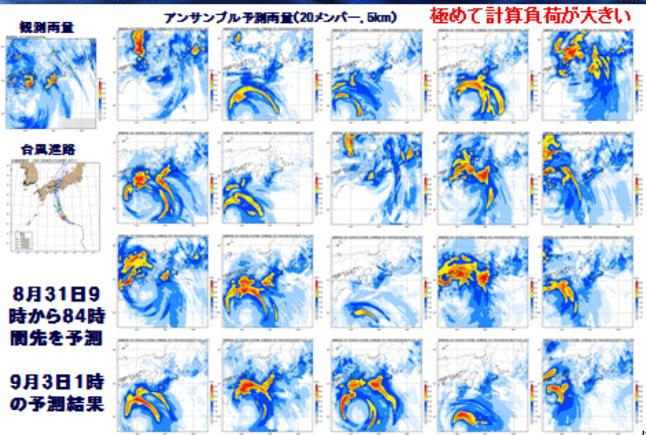
—スライド（雨から水位への翻訳）—

従来ですと、洪水予測というのは1つの線しか与えられなかったのです。その結果、それに含まれている不確かさというものがなかなか認識することができなかったと思いますけれども、こういった形でデータを出力することによって、例

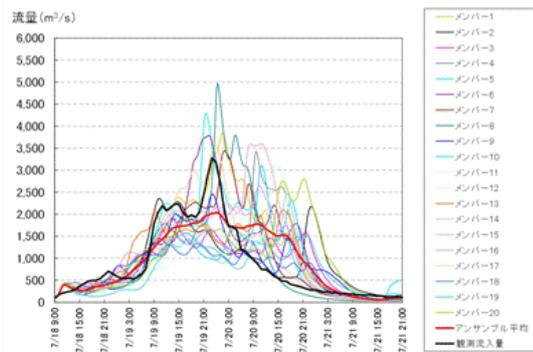
△ 粒子フィルターを用いた洪水予測のイメージ



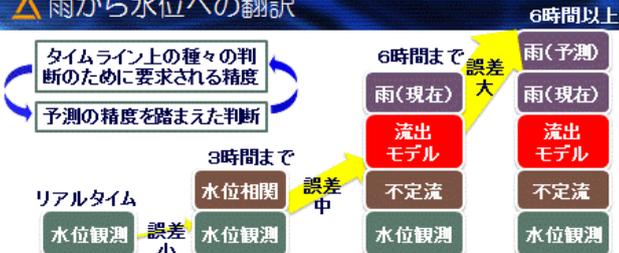
△ アンサンブル(ENS) 予測雨量計算結果事例



△ ENS予測雨量を用いた洪水予測のイメージ



△ 雨から水位への翻訳



短中期予測: 多点水位観測+データ同化=>正確な水位の推定
 長期予測: ENS予測雨量+短中期予測=>信頼性情報の提供

監視技術の進歩、計算処理能力の向上
 => 高精度な洪水・浸水予測にチャレンジ

例えば 20 の予測の中の平均値（赤いライン）で評価するのか、あるいは安全側で一番外側で行くのか、一番低めで行くのかということが、行政判断上求められるわけでありまして、そういった議論をすることによって予測をどう使うのかということのディスカッションが現場サイドでできる。こうやって技術と現場とのコミュニケーションができるツールとして、このアンサンブルは極めて重要ではないかなというように考えております。そしてそういったデータを出していきたいというように考えております。

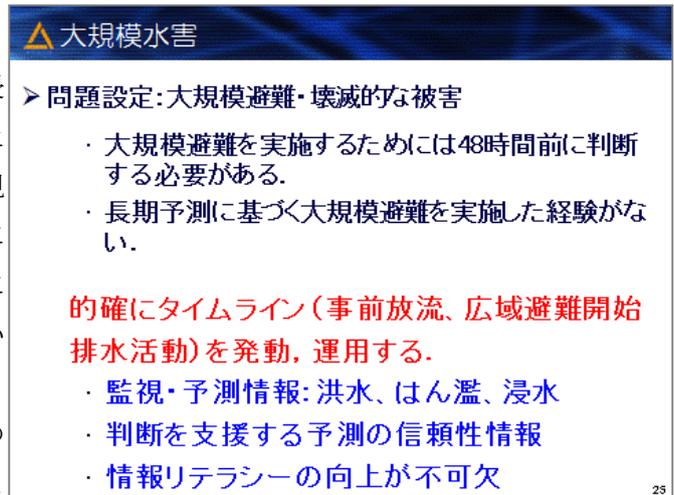
—スライド（大規模水害）—

こういった技術を活用しまして、高精度な浸水あるいは洪水予測にチャレンジしていきたいというように考えております。こちらが大規模水害のまとめでありますけれども、基本的には的確にタイムラインを発動、運用するために必要な監視・予測というものを高度化していく。しかも予測については判断を支援するような信頼性情報をきちんと提供して、行政がその情報を踏まえて予測をどう使うのかということ判断できるような状態にしていきたいと。

いずれにしても、そういった予測とどうつきあっていくのか、予測の不確実性をどう認識して使うのかというリテラシーについては、われわれ研究機関と行政機関の間でコミュニケーションしながら、何が一番正しい判断なのかということディスカッションしていくことが極めて重要だろうというように考えております。

—スライド（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP））—

それで、チャレンジしますと言っていました。こういったプロジェクトが今年からスタートしております。これはSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）というわが国のイノベーションを支える重要研究としてこの研究が認められまして、先ほどから説明しているのが、この予測・観測データを用いた高精度な河川水位・氾濫の予測という研究に取り組むことになっておりまして、3年で基礎技術を、さらにプラス2年で実用化することがこのプロジェクトの大きな課題になっておりまして、5年後にはきちんと皆さんのところにこの技術をお届けできるようにわれわれ頑張っていきたいと考えております。



大規模水害

▶ 問題設定：大規模避難・壊滅的な被害

- ・ 大規模避難を実施するためには48時間前に判断する必要がある。
- ・ 長期予測に基づく大規模避難を実施した経験がない。

的確にタイムライン（事前放流、広域避難開始排水活動）を発動、運用する。

- ・ 監視・予測情報：洪水、はん濫、浸水
- ・ 判断を支援する予測の信頼性情報
- ・ 情報リテラシーの向上が不可欠



戦略的イノベーション創造プログラム（SP）

◆ 近年、集中豪雨や短時間大雨（いわゆるゲリラ豪雨）による水災害や土砂災害が増加する傾向にある。気候変動にも影響を受け、様々な水災害に対し、様々な防災・減災を図るための実用・予測情報の共有が、十分でない。
→ 江革強技術の活用を含め、観測・分析・予測に係る技術を開発・導入する必要がある。

新型レーザ等による降雨観測・予測（観測者・文科者）

次世代型避難支援AR

観測・予測データを活用した高精度な河川水位・はん濫の予測

都市部等でのはん濫シミュレーション

スマートフォン等での避難ナビ

注目のキーワード 様々な水災害に対しどこにいても避難を可能とする情報発信＝「助かるはずの命を守る」社会

【主な連携】 ・観測者・気象科学者と、観測データを共有し連携。それぞれの技術開発に貢献。
・観測者・気象科学者と、新型レーザ等の技術開発において連携。開発・実用化されたレーザ等で観測された雨量情報は、国や省における災害の分析・予測に活用を図る。

—スライド (まとめ) —

最後、まとめでありますけれども、激甚化する災害に対応するために、1つはやはり集中豪雨には迅速な避難、あるいは大規模水害についてはタイムライン運用というために必要な情報がそれぞれ違うものがあるという中で、集中豪雨については高精度な洪水・氾濫・浸水の監視技術。あるいは大規模水害でしたら予測精度の向上、あるいは信頼性の評価ということをきちんと技術的なサポートしていきたいと思っておりますし、また行政機関、あるいは市町村の方々といろいろディスカッションしながら、この防災リテラシーの向上のためにどういうことができるのかということも一緒に考えていければなというように考えております。

以上で私の講演を終わらせていただきます。どうもご清聴ありがとうございました。

△まとめ

激甚化する災害に対応するため、迅速な避難やタイムラインの運用に必要な情報が益々重要。

(1)センサーの低価格、情報通信技術の発展、画像解析技術の進歩、計算処理能力の向上
=> 高感度な洪水・はん濫・浸水監視

(2)監視技術の進歩、計算処理能力の向上
=> 洪水・浸水予測の精度向上、信頼性評価

(3)スマートフォンの活用、予測情報の活用
=> 情報リテラシーの向上が不可欠

27

ご清聴ありがとうございました。