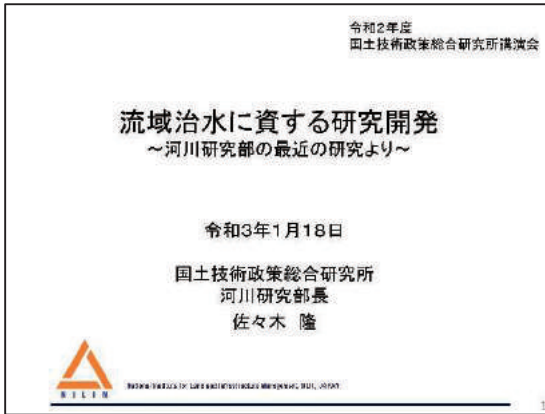


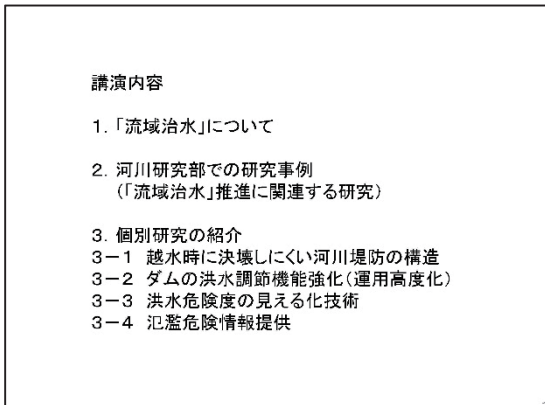
2. 流域治水に資する研究開発 ～河川研究部の最近の研究より～

(国土技術政策総合研究所 河川研究部長 佐々木 隆)



河川研究部長の佐々木と申します。

私からは、「流域治水に資する研究開発 ～河川研究部の最近の研究より～」と題して講演をさせていただきます。



本日の講演内容は以下のとおりです。

国交省では、水災害を防止・軽減するために、河川区域のみならず河川流域全体での治水を目指しており、それを流域治水と言っております。まず初めに、流域治水の概要を説明し、その上で河川研究部における流域治水の推進に関連する研究項目を述べ、そして、そのうち4つについて個別研究の内容を紹介していきます。



これは1の流域治水についてですが、気候変動の影響や社会状況の変化などを踏まえ、これまでの施設による治水を推進するとともに、河川流域のあらゆる関係者が共同で流域全体にて行う治水対策が必要な状況となってきました。この中では、治水計画を気候変動の影響を考慮したものに見直しを行った上で、①氾濫をできるだけ防ぐ・減らす対策、②被害対象を減少させるための対策、③被害の軽減、早期復旧・復興のための対策、それらをハード・ソフト一体で多層的に進めるものです。

それらをハード・ソフト一体で多層的に進めるものです。

例としましては、治水ダムの建設・再生、利水ダムの活用などは、①の氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策になります。リスクの低いエリアへの移転、リスクが高い地域での土地利用規制などは②の被害対象を減少させるための対策であり、また、洪水予測などにより避難体制を強化すること、被災時の支援対策の充実は③に分類する被害の軽減、早期復旧・復興のための対策になります。ここで挙げているものだけでも、種々の対策・方策が考えられております。

2. 河川研究部での研究事例(「流域治水」推進に関連する研究)	
①氾濫をできるだけ防ぐための対策(氾濫を防ぐ堤防等の治水施設や流域の貯留施設等整備)	河道・堤防の整備、ダムの整備(新設)に関する基本的な研究に加え、 ✓気候変動を踏まえた降雨特性に関する研究 ✓越水時に決壊しにくい河川堤防の構造に関する研究 ✓ダムの洪水調節機能強化(運用高度化)に関する研究 ✓ダム再生の推進技術 ✓水害リスク評価手法に関する研究【関連:「水害リスク評価の手引き(案)」】 ✓高波に対して粘り強い海岸堤防に関する研究 ✓海面上昇へ対応した海浜変形予測手法および海岸保全施設強化策に関する研究
②被害対象を減少させるための対策(氾濫した場合を想定して、被害を回避するためのまちづくりや住まい方の工夫等)	✓水害リスク評価手法に関する研究【関連:「水害リスク評価の手引き(案)」】再掲 ✓氾濫推定情報に関する研究【関連:「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」など】 ✓高潮浸水想定区域図作成の手引き検討
③被害の軽減・早期復旧・復旧のための対策(氾濫の発生に際し、被害を軽減や経済被害軽減、早期の復旧・復旧のための対策)	✓氾濫被害軽減に関する研究【関連:「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」など】再掲 ✓レーダー計測計による河川監視に関する研究【関係機関:河川局】 ✓洪水浸透量算定技術に関する研究【関係機関:水害リスクセンター】 ✓氾濫危険度評価技術に関する研究【関係機関:リアルタイム洪水予測システム(試行中)】 ✓海岸防潮対策システムの開発 ✓水防活動の支援に関する研究

河川研究部では、国総研内の横断的組織である気候変動適応研究本部での活動などを通じて、気候変動適応策に関する研究を早くから進めてきております。国交省において、「流域治水」という呼称での治水対策の推進は今年始まったところですが、これまで河川研究部で行ってきた研究は、流域治水の推進にも役立つものとなっております。

先ほど流域治水では3つに分類しての対策があることを紹介いたしました。河川研究部で行

てきた、あるいは現在行っている研究項目をその3分類で示したものがこのページです。この機会に、研究の題名だけでも、この項目を全て紹介させていただきます。

2. 河川研究部での研究事例(「流域治水」推進に関連する研究)	
①氾濫をできるだけ防ぐための対策(氾濫を防ぐ堤防等の治水施設や流域の貯留施設等整備)	河道・堤防の整備、ダムの整備(新設)に関する基本的な研究に加え、 ✓気候変動を踏まえた降雨特性に関する研究 ✓越水時に決壊しにくい河川堤防の構造に関する研究 ✓ダムの洪水調節機能強化(運用高度化)に関する研究 ✓ダム再生の推進技術 ✓水害リスク評価手法に関する研究【関連:「水害リスク評価の手引き(案)」】 ✓高波に対して粘り強い海岸堤防に関する研究 ✓海面上昇へ対応した海浜変形予測手法および海岸保全施設強化策に関する研究

まず、①の対策に分類されるものです。氾濫をできるだけ防ぐ・軽減するための対策。河川研究部では、河道・堤防の整備、ダムの整備・新設に関する基本的な研究に加えて、気候変動を踏まえた降雨特性に関する研究、越水時に決壊しにくい河川堤防の構造に関する研究、ダムの洪水調節機能強化(運用高度化)に関する研究、ダム再生の推進技術、水害リスク評価手法に関する研究、高波に対して粘り強い海岸堤防に関する研究、海面上昇へ対応した海浜変形予測手法及び海岸保全施設強化策に関する研究です。

2. 河川研究部での研究事例(「流域治水」推進に関連する研究)	
②被害対象を減少させるための対策(氾濫した場合を想定して、被害を回避するためのまちづくりや住まい方の工夫等)	✓水害リスク評価手法に関する研究【関連:「水害リスク評価の手引き(案)」】再掲 ✓氾濫推定情報に関する研究【関連:「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」など】 ✓高潮浸水想定区域図作成の手引き検討

②被害対象を減少させるための対策としましては、水害リスク評価手法に関する研究(再掲)と、氾濫推定情報に関する研究、そして、高潮浸水想定区域図作成の手引き検討などがございます。

2. 河川研究部での研究事例(「流域治水」推進に関連する研究)

③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策  
 (氾濫の発生に際し、確実な避難や経済被害軽減、早期の復旧・復興のための対策)

- ✓ 氾濫推定情報に関する研究【関連:「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」など】再掲
- ✓ レーダー雨量計による豪雨監視に関する研究【開発技術:XRRAIN】
- ✓ 洪水危険度見える化技術に関する研究【開発技術:水害リスクライン】
- ✓ 氾濫危険情報提供に関する研究【開発技術:リアルタイム浸水予測システム(試行中)】
- ✓ 海岸うちあげ高予測システムの開発
- ✓ 水防活動の支援に関する研究

2. 河川研究部での研究事例(「流域治水」推進に関連する研究)

①氾濫をできるだけ防ぐための対策(氾濫を防ぐ堤防等の治水施設や浸水の被害軽減施設等)

河川・堤防の整備、ダムの整備(新設)に関する基本的な研究に加え、

- ✓ 気候変動を考慮した堤防特性に関する研究
- ✓ 格水時に決壊しにくい河川堤防の構造に関する研究
- ✓ ダムの洪水調節機能強化(運用高度化)に関する研究
- ✓ ダム再生の確実技術
- ✓ 水害リスク評価手法に関する研究【関連:「水害リスク評価の手引き(案)」】
- ✓ 気象に対して強い強い風暴被害に関する研究
- ✓ 瀬川上昇へ対応した治水変形予測手法および海岸保全施設強化に関する研究

②被害軽減を促すための対策  
 (氾濫した場合は想定して、被害を回復するためのまちづくりや住まいの工夫等)

- ✓ 水害リスク評価手法に関する研究【関連:「水害リスク評価の手引き(案)」】再掲
- ✓ 氾濫推定情報に関する研究【関連:「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」など】
- ✓ 高潮浸水想定区域図作成の手引き検討

③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策  
 (氾濫の発生に際し、確実な避難や経済被害軽減、早期の復旧・復興のための対策)

- ✓ 氾濫推定情報に関する研究【関連:「小規模河川の氾濫推定図作成の手引き」など】再掲
- ✓ レーダー雨量計による豪雨監視に関する研究【開発技術:XRRAIN】
- ✓ 洪水危険度見える化技術に関する研究【開発技術:水害リスクライン】
- ✓ 氾濫危険情報提供に関する研究【開発技術:リアルタイム浸水予測システム(試行中)】
- ✓ 海岸うちあげ高予測システムの開発
- ✓ 水防活動の支援に関する研究

※その他、国総研では、下水道関連、都市・住宅関連等の分野で多くの関連する研究が実施されている。

3-1 越水時に決壊しにくい河川堤防の構造 ～危機管理対応の強化策～

- 令和元年東日本台風による洪水では、全国で142カ所の河川堤防が決壊(うち85%は越水が主原因)し、約3万5千haが浸水するなど甚大な被害が発生した。
- 今後も、気候変動に伴い洪水による被害がさらに顕著化・激甚化することが考えられ、それに対し、被害を防止・軽減することが求められている。
- 洪水の被害を防止・軽減するためには、従来から進めてきたように河道の規制や拡張、ダム・遊水地等洪水調節施設の整備等を実施することによって洪水時の河川水位を少しでも下げることが大原則である。
- 一方で、治水施設の能力を超える洪水に対しても、浸水による被害をできるだけ減らすための効率的・効果的な対策を講ずることの必要性が益々高まっており、越水に対して河川堤防を強化する方策について検討している。
- なお、気象部の上流部、経路の上流部、支川合流部、遊水部などの影響を受け、水位が上昇しやすい事象が当面解消されない区間などを対象として検討を進めている。

をできるだけ減らすための研究になります。

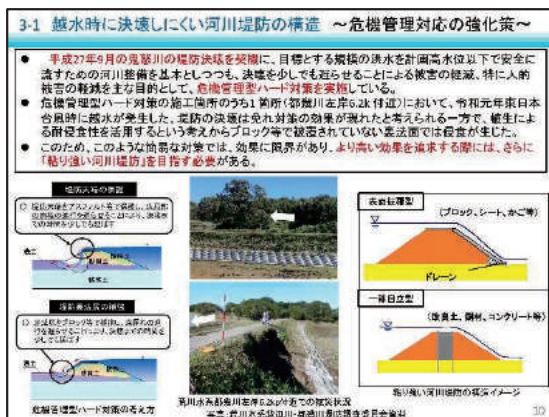
下の写真は、東日本台風時に堤防から越水して堤防が壊れたところの事例になります。

さらに、③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策としましては、氾濫推定情報に関する研究(再掲)、レーダー雨量計による豪雨監視に関する研究、洪水危険度見える化技術に関する研究、氾濫危険情報提供に関する研究、海岸うちあげ高予測システムの開発、水防活動の支援に関する研究などがございます。

これは全体を示したものになりますが、そのほか、国総研では下水道関連、都市・住宅関連等の分野で多くの関連する研究が実施されているところ。この中で、今日はこのページで◎印を付した4つの研究項目について、その概要をこれから紹介させていただきます。

まず、個別紹介のうちの最初の1つ目の研究ですが、越水時に決壊しにくい河川堤防の構造に関する研究は、危機管理対応としての堤防強化策につながるものです。令和元年の東日本台風による洪水では、全国142カ所の堤防が主として越水が原因となって決壊いたしました。洪水時の河川の水位を少しでも下げることが治水の大原則ではございますが、危機管理としての堤防強化は、堤防の能力を超える洪水に対しても、浸水による被害





令和元年の洪水被害に先立つ平成27年の鬼怒川の堤防決壊を契機に、国交省では必要な箇所にて危機管理型ハードと呼ぶ対策を実施してきております。この下の左側の図のように、危機管理型ハード対策は、堤防頂部の保護、堤防のり尻の保護から成り立っております。東日本台風の際、この危機管理型ハード対策を施していた箇所は、越水に対して対策効果があったと考えられます。

真ん中の写真、これが危機管理型ハードを行っていたところであり、そこでの効果はありましたが、中央の写真のように、一部のり面で浸食が生じました。このようなことから考えても、より高い効果を追求する上では、粘り強い堤防というものを目指すことが必要となります。右側の図に示しておりますが、この方法としては、表面を覆う方法や堤防の真ん中に固い材料を入れる方法などが考えられております。

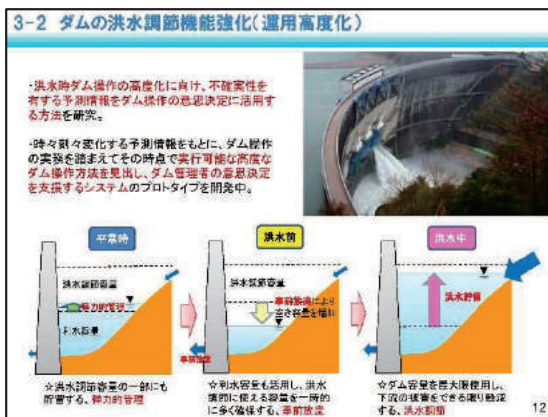


しかしながら、現時点では、いずれの堤防強化策でも効果に幅があって、また、その効果に関しては不確実性があります。さらに、その効果を維持するための長期的な管理方法が未確立という状況にあります。そこで、国総研では対策工法を対象に、大型堤防模型実験を用いた研究を実施中です。そのような大型模型実験による検討と、ほかに大学等への委託研究、さらに新技術導入のために関係する業界団体等との意見交換などを進めて、

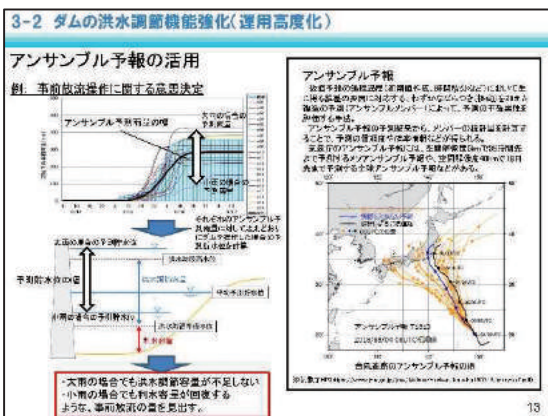
それらを総合して効率的に研究を進めているところです。

さらに、研究を効率的に進める上で、実際に越水した箇所、破堤したところや破堤していないところの比較を通して、越水した箇所の特性についての調査も実施しております。ここで示しているように、越水箇所の堤防形状・土質・越水状況等に関する情報を収集・整理、決壊を分けた要因について調査・分析を行っていくということとなります。

下の写真は、表面被覆材料の効果を検討するための実験の状況です。予期しないような変状の発生有無の確認や、設計のための理論を検討する上で、重要な実験的研究となっております。

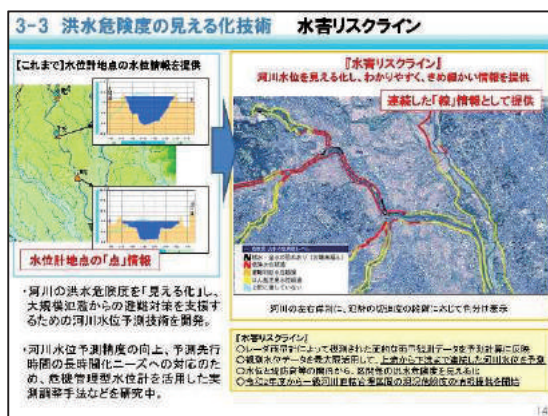


そのような弾力的な管理、洪水前には水利容量も活用して洪水調節に使える容量を一時的に多く確保する事前放流、そして、洪水中はダム容量を最大限に使用して、下流の被害をできるだけ軽減するような洪水調節の方法がございませう。



この上の図では、横軸が時間軸、縦軸がダム地点での雨量を示したもので、線で描いたものがアンサンブル予測雨量で、大雨を予想した場合と少雨の場合の予測雨量はこの矢印程度の幅がある。青い棒グラフが実際に降った雨量となります。

このような予測の結果、大雨の場合のダムの予測の貯水位と少雨の場合の予測の貯水位は、下の図の矢印程度の幅を持つこととなります。このような幅を持った雨量の予測に対して、大雨の場合でも洪水調節容量が不足せず、また、少雨の場合でも水利容量が洪水後に回復できるような事前放流の量を見出す手法について研究を行っております。



2つ目の個別研究の紹介は、ダムの洪水調節機能強化に関する研究です。現在は長期の雨量予測情報を得ることができる状況となっておりますが、そのような予測情報は不確実性を有しております。その不確実性を考慮しながら、高度なダムの管理を支援するための研究を実施しております。

下の図で示しているようなものは、そのような高度なダム管理の事例を示したものであり、平常時には洪水調節の一部にも利水のための水を貯留

長期の雨量予報は、右側の図で示しているアンサンブル予報という形で提供されるものが利用できます。台風が日本に近づいているときのある時点での予報例となりますが、台風の進路が幅を持って予測され、よって各地での雨量も幅をもって示されます。

左のほうは、そのアンサンブル予報を事前放流に利用するための研究についてのものです。

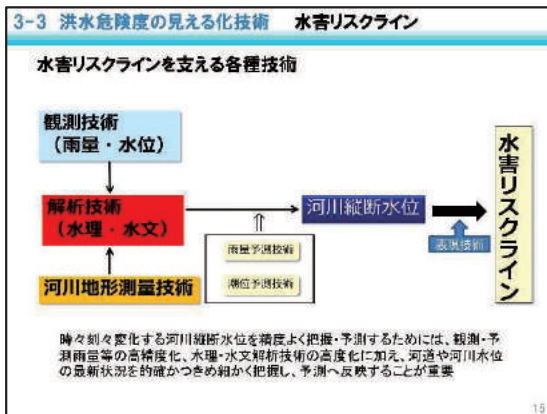
この上の図では、横軸が時間軸、縦軸がダム

次に、個別課題の3つ目ですが、洪水危険度の見える化技術の紹介です。この技術は水害リスクラインと名づけられています。この水害リスクラインの開発前までは、左側の図に示すように、河川の中で水位計を設置しているところのみの点としての水位情報の提供がなされている状況でした。しかし、大規模氾濫からの避難対策を支援するため、水位計設置箇所以外の河川の水位を予測して、洪水危険度として示せるような技術開発を行った

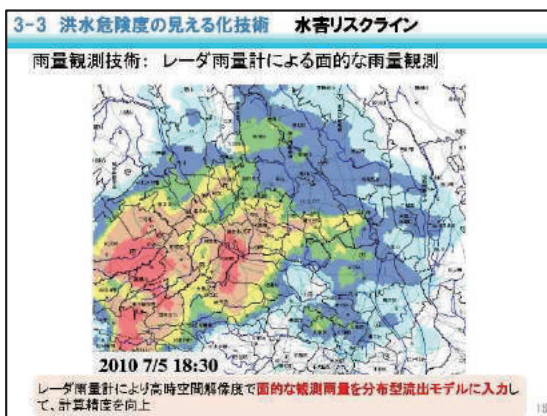


ものです。

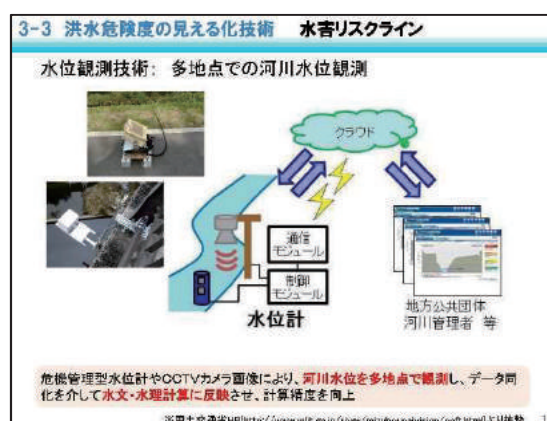
右の図は、水害リスクラインにより、水位観測地点だけではなく連続した形で河川に沿った線で水害危険度を示したものです。色分けで危険な水位への到達度合いを示しております。この水害リスクラインは既に一級河川において実用化されておりますが、河川水位の予測精度の向上、予測先行時間の長時間化ニーズへの対応のため、研究を継続しております。



水害リスクラインを支える技術はここに示すとおりですが、時々刻々変化する河川縦断水位を精度良く把握・予測するためには、雨量観測・雨量予測等の高精度化と共に、解析技術の高度化に加え、さらに河道や河川水位の最新状況を的確かつきめ細かく把握し、予測へ反映することが重要となります。



これはその雨量観測技術を取り込んで精度を向上させることの説明になりますが、雨量観測技術面ではレーダー雨量計の技術が進んできており、面的でより詳細な観測雨量情報の活用により、計算精度を向上させていくことを考えております。



次に、水位観測技術ですが、現在は危機管理型水位計という比較的簡易な水位計が多く設置されてきている状況にありますので、そのような多地点での水位観測データを用いて計算の精度向上を目指しております。

**3-3 洪水危険度の見える化技術 水害リスクライン**

測量技術：河道地形、樹木分布の詳細計測

・地上計測用レーザー(近赤外)  
樹木、地物、地盤標高を計測

・測深用レーザー(緑)  
水面下の地盤高を計測

航空レーザー測深機

地上と水面下の連続的な三次元データを計測

・樹高や枝葉の濃度を計測

航空レーザー測深(ALS)による詳細な河道地形、樹木の粗密等を水理計算に反映させることにより、計算精度を向上

さらに、測量技術の面では、航空レーザー測深によって得られる詳細な地形測量データ、樹木の粗密に関する情報などを川のモデルに反映させて計算精度を向上させるという方法を考えております。

**3-3 洪水危険度の見える化技術 水害リスクライン**

解析技術：データ同化による精度向上

水理計算  $\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = 0$   
 $\frac{\partial q}{\partial x} + \frac{\partial mg}{\partial x} + g h \frac{\partial h}{\partial x} = g h \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} - 0$

観測値

観測データ

データ同化

データ同化を介して観測データを取り込んだ計算値

水理計算にデータ同化技術を適用し、計算値と観測値のズレが極力小さくなるように計算モデルのパラメータ等を修正して、計算精度を向上

水害リスクラインでは、精度良い数値計算を行っていく上でデータ同化という技術を用いております。計算値と観測値のずれがある場合に、データ同化を介して観測データを計算に取り込んで、ずれが小さくなるような計算値を得るというものです。その手法に関しても精度向上や計算安定化のための検討を継続しております。

**3-3 洪水危険度の見える化技術 水害リスクライン**

表現技術：切迫感が“伝わる”表現方法の検討

水理計算結果、地形データ、周辺構造物・背景の写真などを合成することにより、洪水のVR動画を容易に作成可能

さらに、あらかじめ用意した写真等を利用して、計算した水位がどの程度のものであるか、より洪水の切迫感が伝わる表現方法についても検討を行っております。

**3-4 氾濫危険情報提供 リアルタイム浸水予測システム**

■必要性と目的

- ✓集中豪雨や局所的な大雨による水災害が増発しており、引き続き河川や下水道整備を進めることが重要である
- ✓洪水氾濫時のハザード情報図については洪水浸水想定区域図等として公表されているが、多くの中小河川において未作成・未公表（前述、「中小河川におけるリスク情報や白濁解消に向けた研究」を参照）
- ✓上記施策に加え、ハード・ソフト対策を総動員した水害対策の一環として、最新のICT技術を活用した浸水予測情報による被害防止・軽減対策の研究開発を実施

※平成26年度からSMP(第1期) による研究開発を実施

写真：九州地方気象庁提供  
1998年6月福岡県豊後市地下街への氾濫水流入による重大な被害

地下への洪水流入防止対策  
一帯には作業時間必要

開発した浸水予測システム画面

次に、個別課題の4つ目ですが、氾濫危険情報提供を行うリアルタイム浸水予測システムの研究です。集中豪雨等による水災害も頻発しているところですが、その対策としては引き続き河川や下水道整備を進めることが重要です。洪水氾濫時のハザード、危険性に関わる情報については、あらかじめ洪水浸水想定区域図等として公表されてきております。

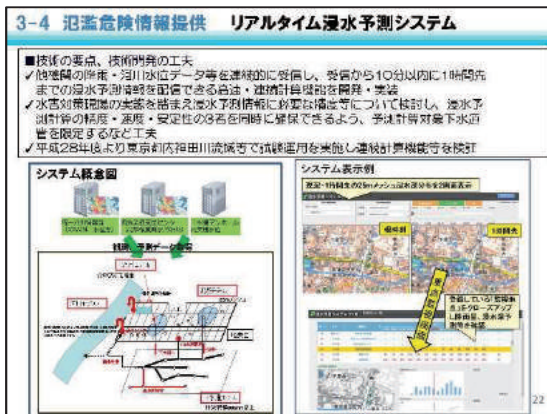
それらに加えて、被害防止軽減に資するために、



研究所では最新のICT技術を活用して、リアルタイムに浸水予測情報を提供できるシステムの開発を行ってきております。

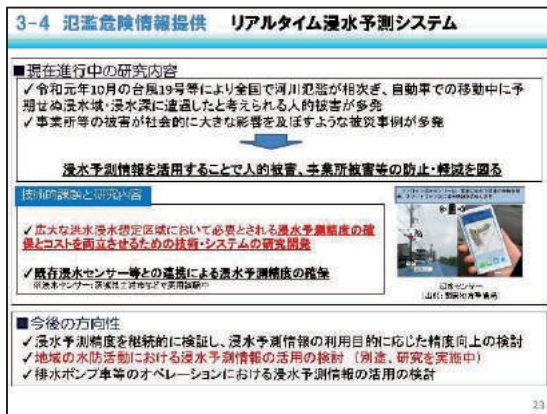
この右側の写真が、開発したシステムをスマートフォンの画面で見ている状況であり、浸水が予測されるところを表示できるようなものになっております。

なお、途中で説明しました洪水氾濫時のハザードの情報図については、多くの中小河川においては未作成であるという状況がありますので、それを進捗させるような研究は別途実施しております。

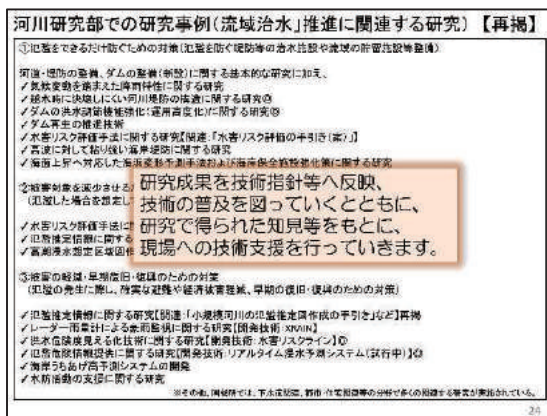


ここに示したのは、そのシステムの概要です。降雨や河川水位データ等を受信して、流出氾濫計算を行った上で、現在から1時間先までの浸水予測情報を配信できるシステムで、データの受信から10分以内に右図のような予測が出せるようになっております。計算の精度、速度、安定性をバランスよく確保できるようなシステム開発において工夫をしております。このシステムは、集中豪雨や局所的な大雨や豪雨時などの際に、範囲が限ら

れた都市域を対象に、内水と呼ばれる浸水に効果を発揮するように開発したものです。



さきに話しましたとおり、昨年の東日本台風等の際には全国で河川氾濫が多く発生しました。そのような被害の特性を踏まえた上で、広い範囲を対象として、さらに、最近開発が進んでいる浸水を検知するセンサーなどとも連携して、精度向上を目指す研究を実施しております。既に一部研究を開始しておりますが、今後は水防活動等における活用方法などについても研究を進めていく予定です。



これはさきにお見せしました流域治水に資する研究の一覧ですが、河川研究部では今後も研究を進め、研究成果を技術指針等へ反映し、技術の普及を図っていくと共に、研究で得られた知見等を基に現場への技術支援を行っていきます。

これで私からの話を終わらせていただきます。ありがとうございました。