

# 北海道で考えるべき 大規模災害に対する適応策

室蘭工業大学  
中津川 誠

# 戸蔦別川・札内川合流点の氾濫



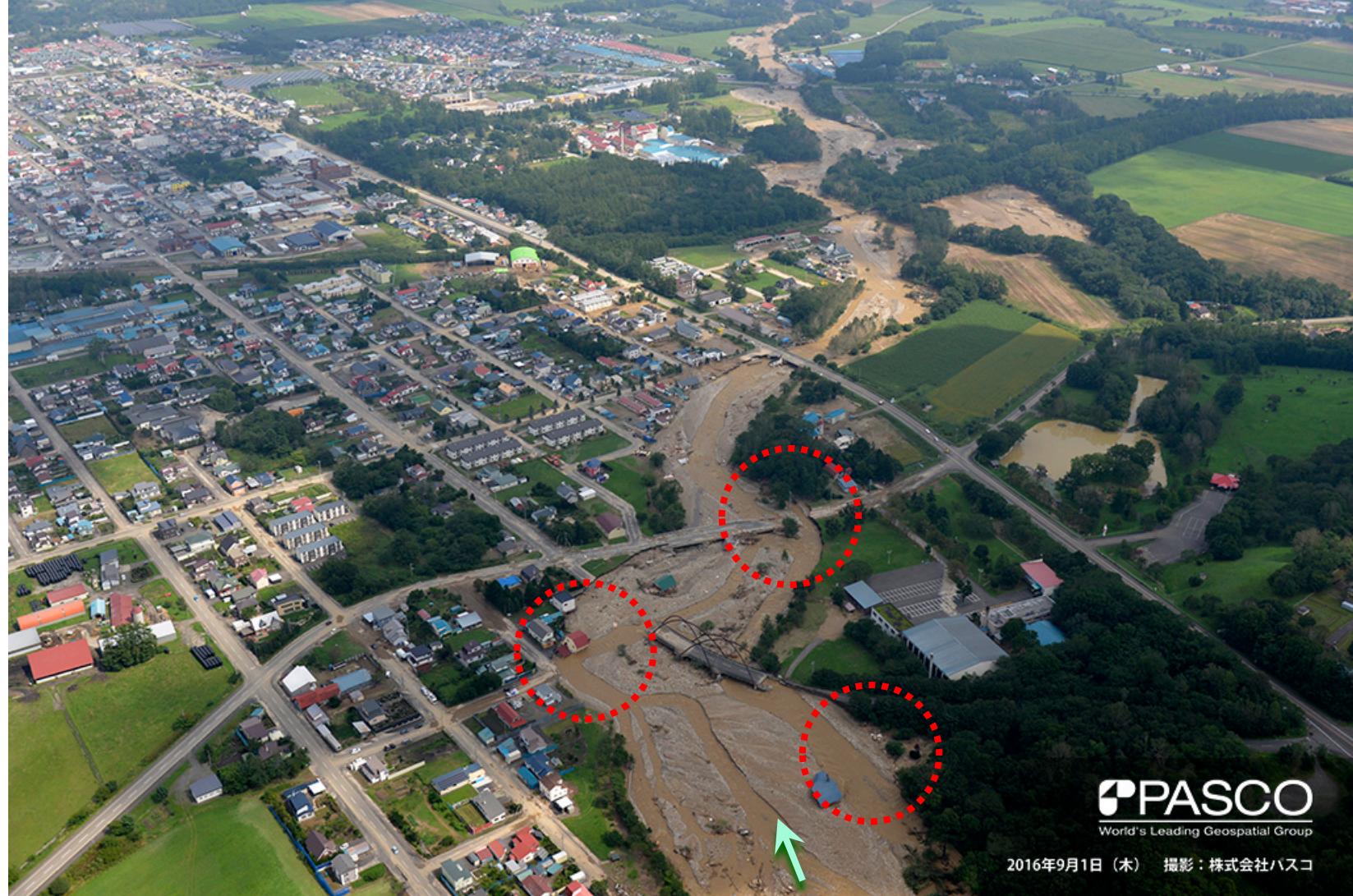
# パンケ新得川の河岸浸食・JR橋の被災



橋梁の被災、交通網の寸断

写真：株式会社パスコ

# ペケレベツ川の河岸浸食・住宅被害



宅地の被災

写真：株式会社パスコ

# 国道274号線の壊滅的被害 + 驚異的な復旧



三国の沢覆道付近 2016/10/11 中津川撮影



北海道開発局



旧三国の沢覆道付近 2017/10/19 中津川撮影

# 空知川の堤防決壊・市街地の浸水



写真：株式会社パスコ提供

# 2016年8月16日からの大雨による主な被害状況等 (河川関係)

## 地理院地図 (電子国土Web)

台風第10号による大雨  
石狩川水系空知川（南富良野町）  
・堤防決壊 2箇所  
・浸水面積 約130ha 浸水家屋189戸



8月20日から続く大雨  
常呂川水系常呂川（北見市）  
・堤防決壊 1箇所 越水4箇所 支川含む  
・浸水面積 約500ha



台風第9号による大雨  
石狩川水系石狩川（深川市、旭川市）  
・溢水  
・浸水面積 約120ha 浸水家屋 4戸



台風第10号による大雨  
十勝川水系札内川（帯広市）  
・堤防決壊 2箇所  
(浸水被害のない中札内村含む)  
・浸水面積 約50ha 浸水家屋2戸他



# 2016年の大雨による主な被害状況等 【台風第10号、第13号からの低気圧】

凡例

- 黄色：大雨警報
- 茶色：大雨警報  
+ 土砂災害警戒情報
- 青色：冠水地域

平成28年10月19日現在



北海道総務部危機対策課：平成28年8月から9月にかけての大雨等災害について、  
第1回災害検証委員会資料2, 2016.10.26 より

# 昭和56年(1981年)以降の主な豪雨災害の被害

災害名	昭和56年 8/3~6	昭和56年 8/21~23	平成4年 8/8~10	平成15年 8/9~10	平成28年 8/16~9/11
原因	前線・台風	前線・台風	台風から変わった 低気圧	前線・台風	台風・低気圧
被災地域	全道	全道	道南・道東	日高・十勝等	全道
被災市町村数	185市町村	198市町村	58市町村	61市町村	集計中
死者	8名	2名	0名	10名 (行方不明1名)	4名 (行方不明2名)
床上浸水	6,115棟	2,850棟	108棟	129棟	273棟
床下浸水	20,948棟	13,479棟	357棟	438棟	989棟
農作物被害(田)	41,060ha	14,206ha	2,889ha	1,383ha	40,258ha
農作物被害(畑)	134,920ha	75,186ha	3,314ha	8,431ha	
土木被害	4,777ヶ所	1,604ヶ所	1,063ヶ所	1,139ヶ所	2,269ヶ所
総被害額	2,705億円	904億円	509億円	1,100億円	道・市町村分1,979億円(10/25現在) 国交省公表分824億円(9/14現在)

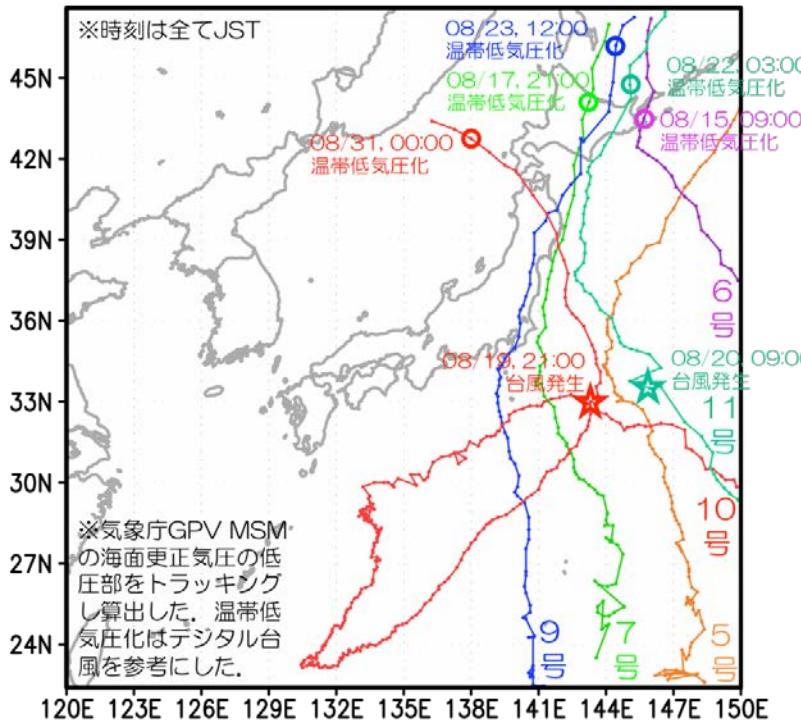
※ 囲みは表中で最も被害の大きいことを示す。  
いずれの災害も激甚災害（本激）の指定を受けている。

計2,803億円

北海道総務部危機対策課: 平成28年8月から9月にかけての大雪等災害について,  
第1回災害検証委員会資料2, 2016.10.26 より

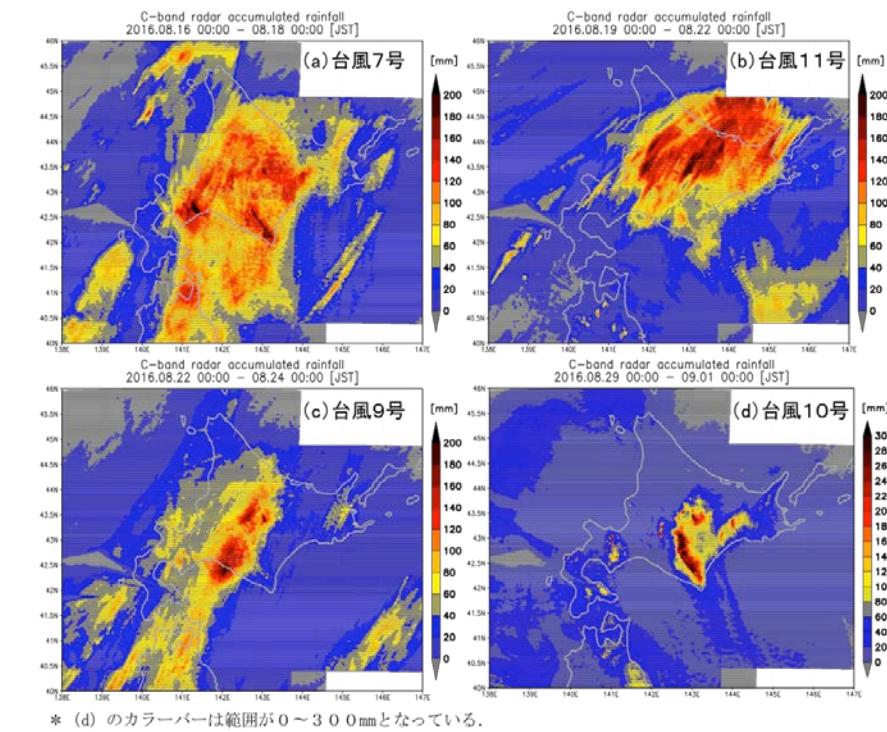
# 2016年8月北海道豪雨の概要と特徴

8月中旬から1週間の間に3個の台風（台風7, 11, 9号）が北海道に上陸し、下旬には4個目の台風（台風10号）が接近して各地に大雨を降らせ、激甚な災害をもたらした。気象庁が1951年に台風の統計を開始以来、北海道に台風が3個上陸したことは無く、また台風10号は太平洋側から東北地方へ上陸するという初めてのコースをとった。



2016年8月に北海道を上陸もしくは周辺を通過した台風の経路。気象庁GPV MSMの海面更正気圧の低圧部を1時間おきにトラッキングし算出した。発生・温帯低気圧化はデジタル台風を参考にした。図中☆印は台風発生地点、○印は温帯低気圧化した地点。

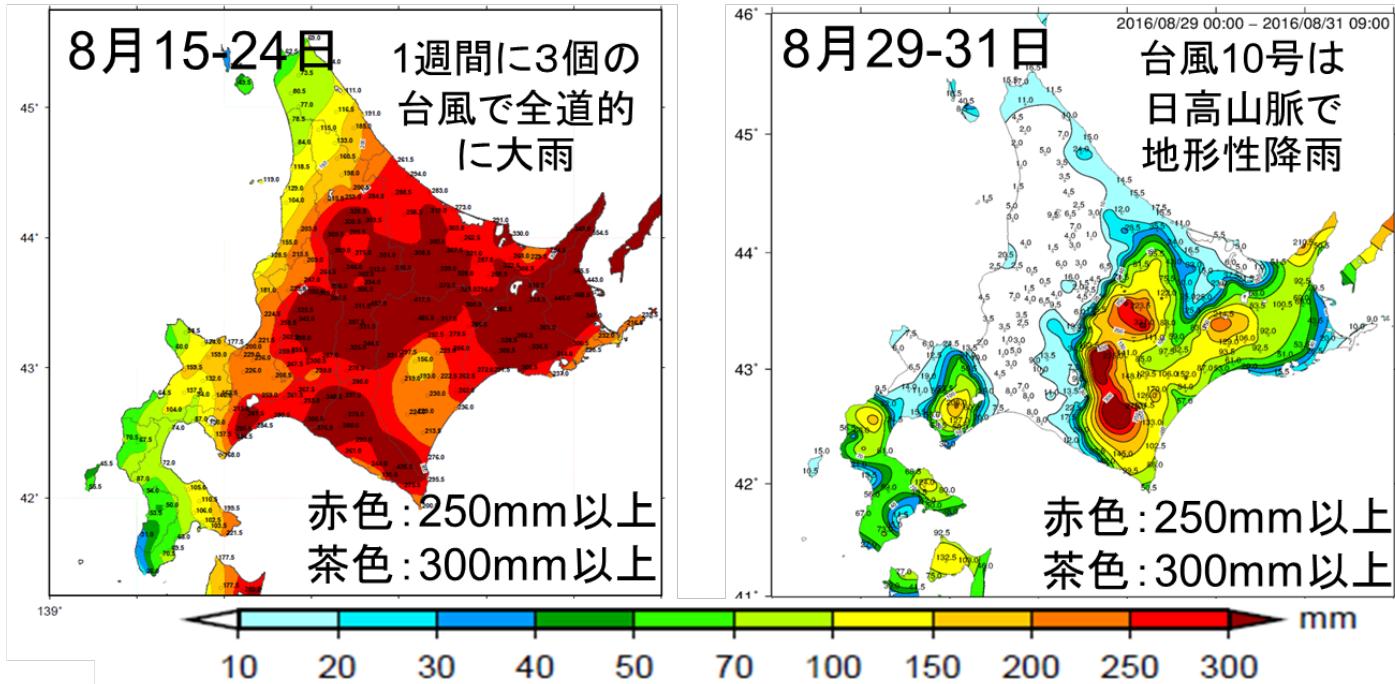
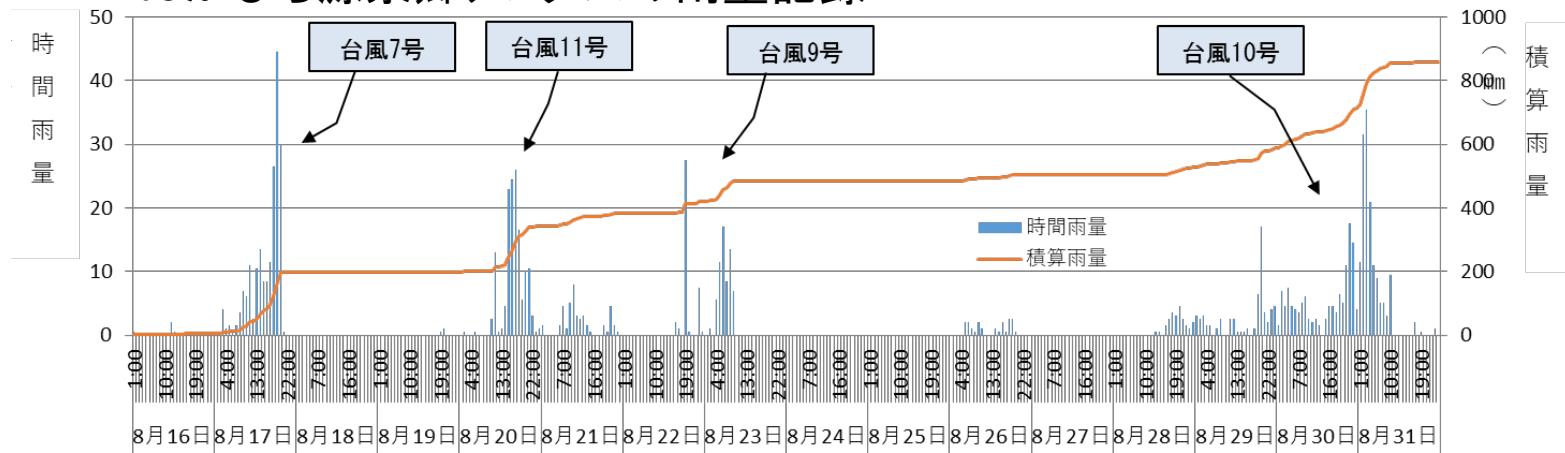
山田朋人先生(北海道大学)作成



2016年8月16日から9月1日までの台風ごとの積算降雨量。Cバンドレーダより算出。(a)2016年8月16日00時から8月18日00時までの積算降雨量  
(b)2016年8月19日00時から8月22日00時までの積算降雨量(c)2016年から8月22日00時から8月24日00時までの積算降雨量(d)2016年8月29日00時から9月1日00時までの積算降雨量

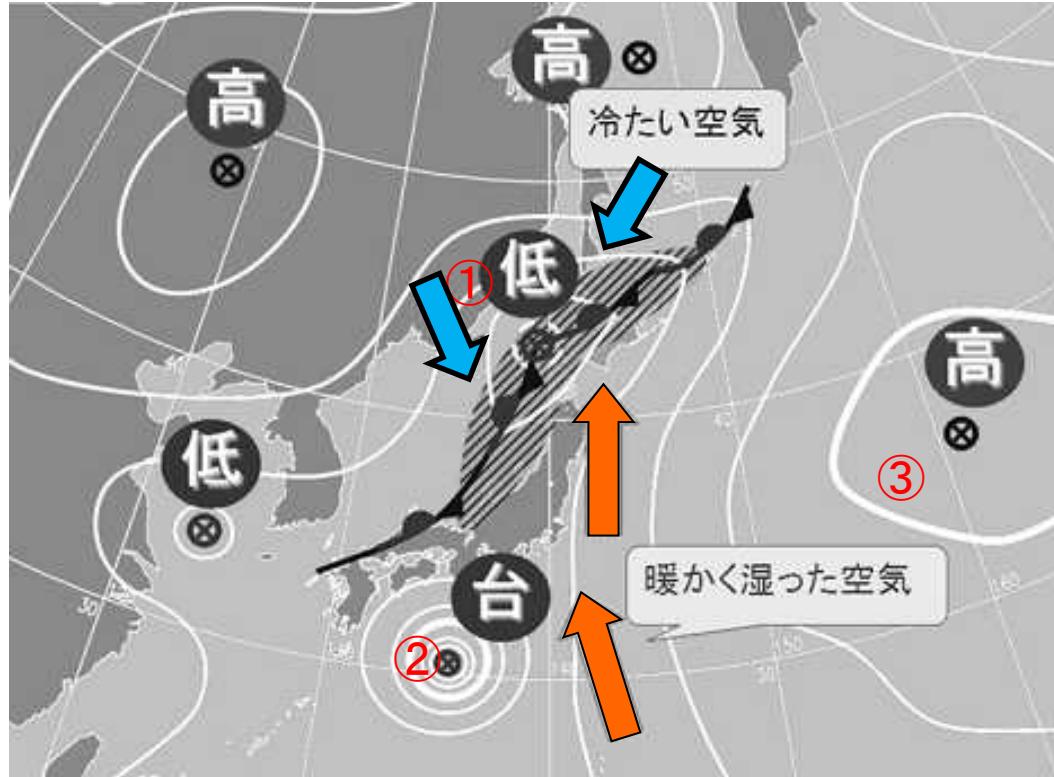
# 2016年8月北海道豪雨の概要と特徴

## ぬかびら源泉郷アメダスの雨量記録



松岡直基氏(日本気象協会)作成資料より

# 北海道で大雨となるパターン 前線・台風



H22年度気象講演会、札幌管区気象台に加筆

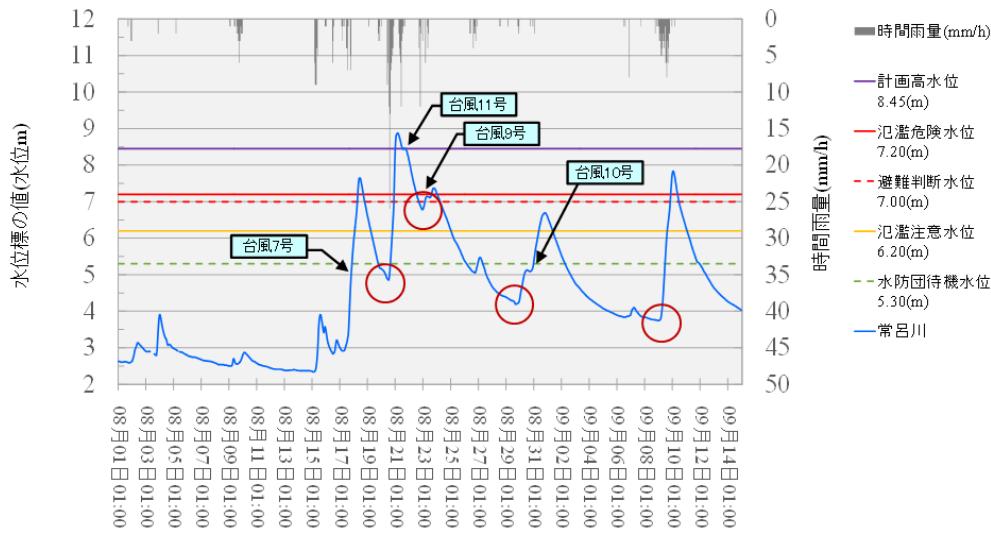
- ①北海道に前線や低気圧  
雨を降らせる原因
- ②本州周辺に台風  
水分の供給源
- ③日本の東海上に高気圧  
長時間継続と水の輸送路

三点セットが揃うと広い範囲で大  
雨

資料は松岡直基氏(気象協会)より

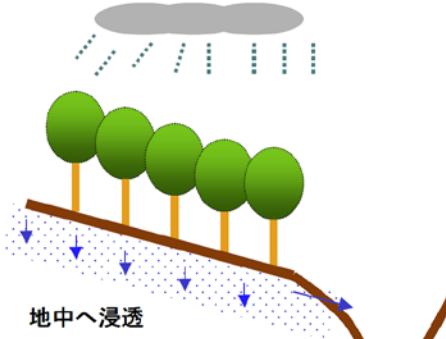
# 洪水流出の特徴 繰り返す大雨による流出のイメージ

常呂川流域 上川沿地点水位 (2016/8/1~2016/9/14)



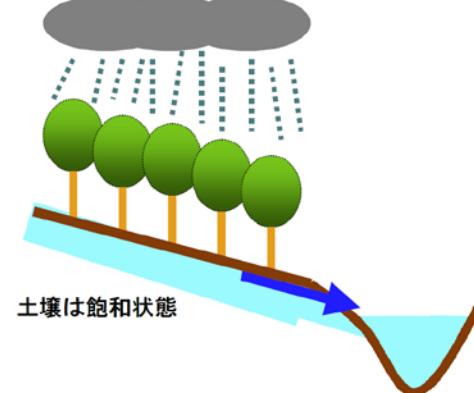
繰り返す大雨で長期にわたり  
何波にもわたる洪水が発生  
繰り返す大雨で降雨量に対する  
流出量の比(流出率)が増大

小雨時



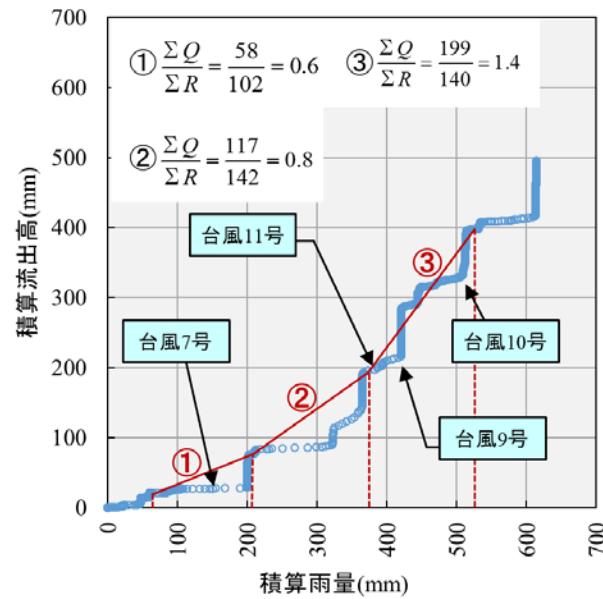
小雨時には、雨は地中に浸透し直接流れ出る量は少ない。

大雨時



大雨では、土壤が飽和状態となり、降った雨はそのまま流れ出す。

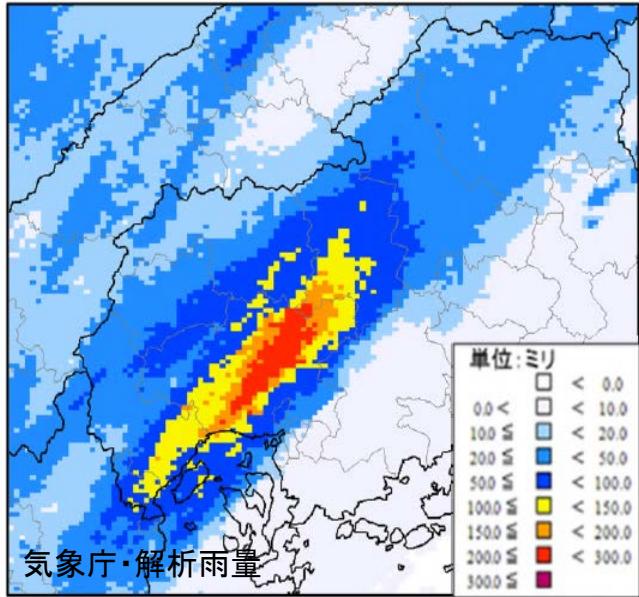
## 雨量に対する流出量の比率



# 台風だけでない！

2014年広島豪雨

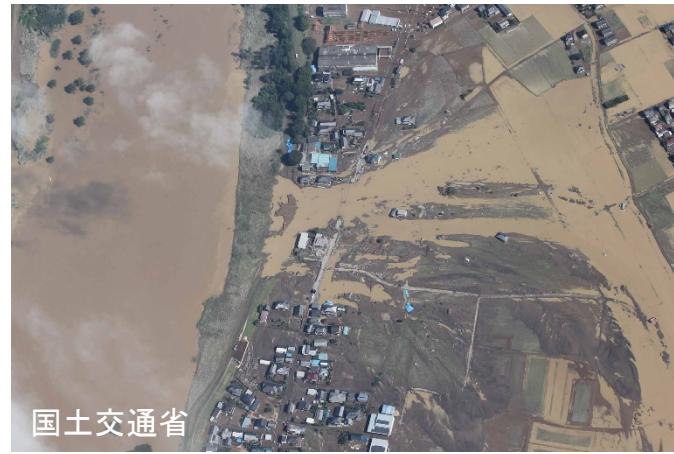
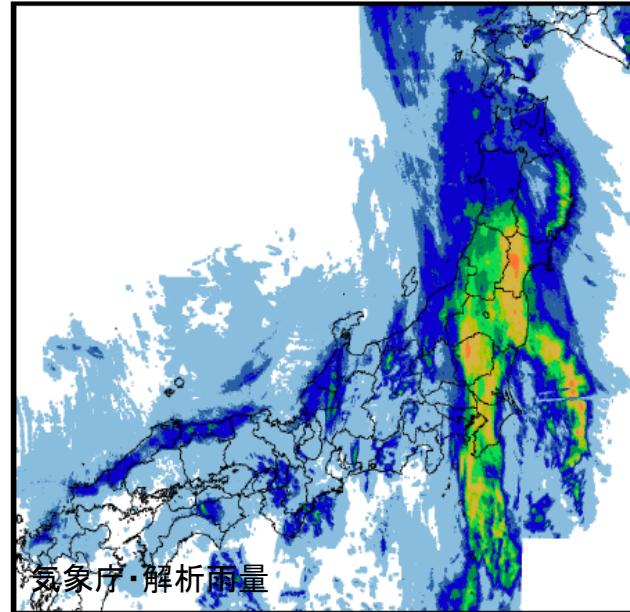
8月19日12時～20日12時



# 線状降水帯の脅威

2015年関東・東北豪雨

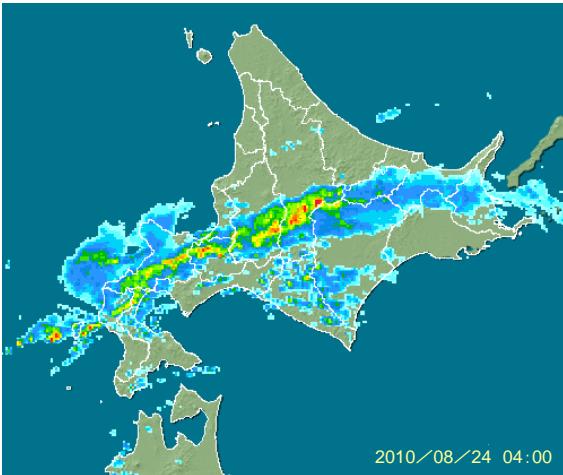
9月10日



# 台風だけではない！ 線状降水帯の脅威 北海道でも！

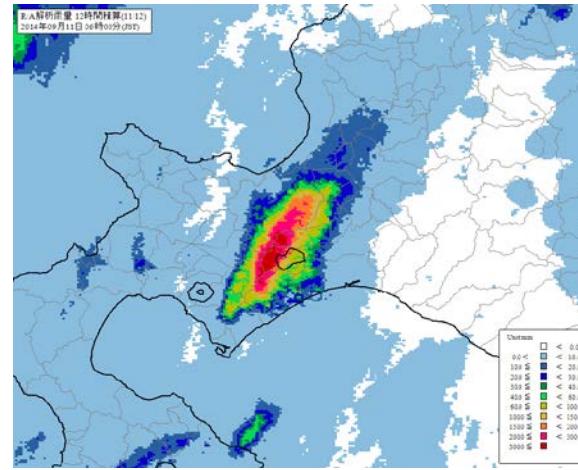
2014年9月9日～12日：北海道で初めての大雨特別警報 札幌では約90万人に避難勧告  
20世紀：5.8/年, 21世紀：8.9/年 (北大・山田朋人らによる)

解析雨量図 平成22年8月23日15時～24日07時



【レーダーエコー】

- ~1mm/h
- 1~2mm/h
- 2~4mm/h
- 4~8mm/h
- 8~12mm/h
- 12~16mm/h
- 16~24mm/h
- 24~32mm/h
- 32~40mm/h
- 40~48mm/h
- 48~56mm/h
- 56~64mm/h
- 64~80mm/h
- 80mm/h~
- 不明

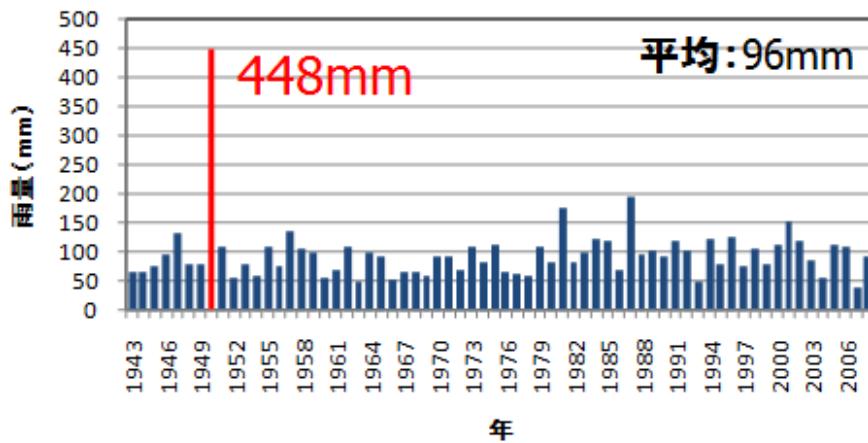


資料は松岡直基氏(日本気象協会)より提供

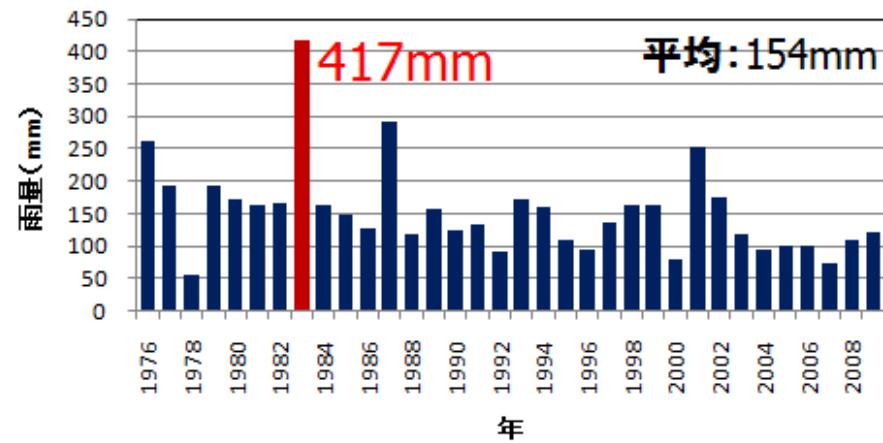


# このようなことも起きる！ 極端現象！？

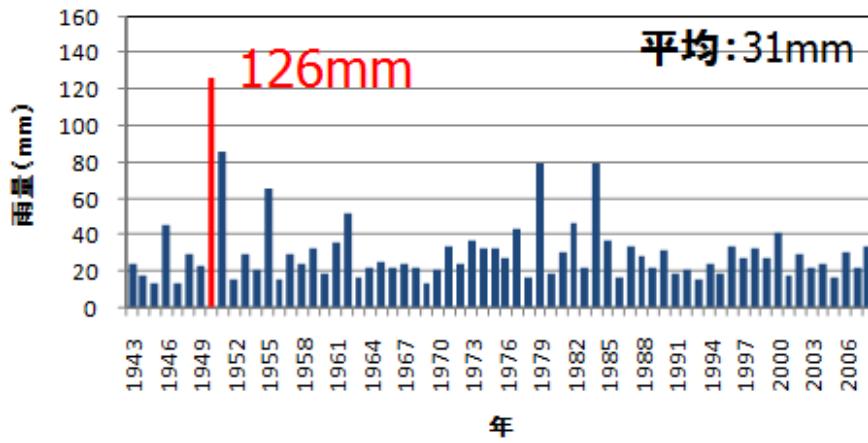
## 年最大日雨量(苫小牧)



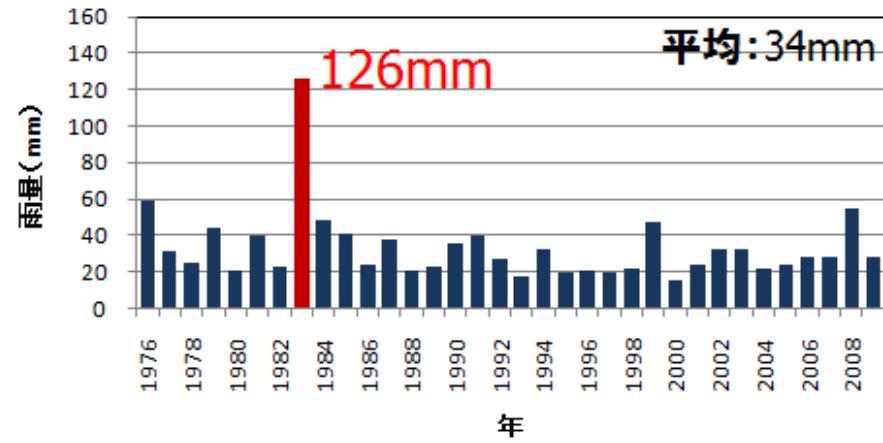
## 年最大日雨量(登別)



## 年最大1時間雨量(苫小牧)



## 年最大1時間雨量(登別)



# 北海道ならではの懸念～融雪期の洪水

豊平川・定山渓温泉付近



2000年5月の豪雨時



2016年5月の平常時

# 空知川の堤防決壊と氾濫

## 空知川(そらちがわ) 堤防決壊状況

石狩川水系 空知川



国土交通省・北海道開発局・札幌開発建設部「空知川左岸 南富良野町幾寅地区の堤防決壊について(第3報)」2016.8.31 14:30より

# 南富良野町 空知川の堤防決壊・市街地の浸水



写真：北海道河川財団(RIC)

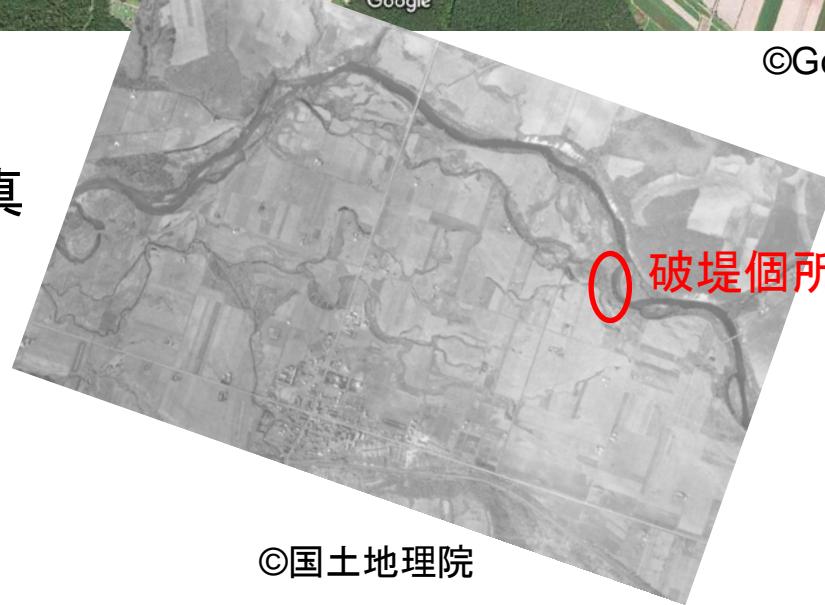
# 脆弱性要因

空知川の  
河道の変遷



©Google

1948年  
空中写真



©国土地理院

# 脆弱性要因



2016年8月北海道豪雨災害調査団報告会in帯広(2017/4/20) 清水康行教授資料より

# 脆弱性要因



2016年8月北海道豪雨災害調査団報告会in帯広(2017/4/20)  
清水康行教授資料より



# 2016年8月豪雨災害への対応

## 土木学会水工学委員会 2016年8月北海道豪雨災害調査団

清水 康行 (団長)	北海道大学大学院 工学研究院
中津川 誠 (幹事)	室蘭工業大学大学院 工学研究科
石田 義明	株式会社工研 技術部
泉 典洋	北海道大学大学院 工学研究院
今井 素生	日本工営(株) 札幌支店
川口 貴之	北見工業大学 工学部
川尻 峻三	北見工業大学 工学部
川村 育男	株式会社建設技術研究所 北海道河川室
木村 一郎	北海道大学大学院 工学研究院
久加 朋子	北海道大学大学院 工学研究院
田中 岳	北海道大学大学院 工学研究院
西村 聰	北海道大学大学院 工学研究院
早川 博	北見工業大学 工学部
船木 淳悟	土木研究所 寒地土木研究所
松岡 直基	日本気象協会 北海道支社
山崎 瞳史	株式会社ドーコン 河川部
山田 朋人	北海道大学大学院 工学研究院
Adriano Coutinho de Lima	北海道大学大学院 工学研究院
渡邊 康玄	北見工業大学 工学部



土木学会社会支援部門HPで公開  
<http://committees.jsce.or.jp/report/node/144>

### 調査団からの提言(要点)

- 降雨の観測・予測の精度向上とそれを生かした避難、通行止めなどの減災対策
- 気象・水文といったハザードの増大だけでなく低平地や都市といった脆弱(ぜいじやく)性要因の勘案
- 事前放流など既存ダムの運用改善や新規ダムも念頭に置いた治水対策
- 氾濫を想定し、霞堤や二線堤など先人の知恵も活用した被害の最小化方策
- 流出が早く侵食、洗掘、激しい河岸決壊といった急流河川の特性を踏まえた治水対策
- 橋台背面の侵食などにも留意した道路・橋梁の設計および出水中の情報提供などの対応
- 整備の遅れている中小河川の治水安全度の向上
- 災害の誘因である土砂移動を考慮し、他事業と連携した流域全体の土砂制御の計画・対策
- 水害が食糧、観光、流通など北海道さらには日本全体の経済に及ぼす影響の評価
- 災害調査で蓄積された膨大なデータを持続的に活用していくための仕組みの構築



# 2016年8月豪雨災害への対応

## 水防災対策検討委員会(国土交通省+北海道)

2016年10月28日発足

平成 28 年 8 月北海道大雨激甚災害を踏まえた

水防災対策検討委員会

委員

泉 典洋 北海道大学大学院公共政策学連携研究部教授

志賀 永一 帯広畜産大学地域環境学研究部門教授

清水 康行 北海道大学大学院工学研究院教授

閔 克己 京都大学経営管理大学院客員教授

中津川 誠 室蘭工業大学大学院工学研究科教授

平澤 亨輔 札幌学院大学経済学部教授

村上 光男 北海道農業協同組合中央会常務理事

森 昌弘 北海道経済連合会専務理事

◎山田 正 中央大学理工学部教授

山田 朋人 北海道大学大学院工学研究院准教授

渡邊 康玄 北見工業大学工学部教授

◎委員長  
(敬称略、五十音順)

### 目標

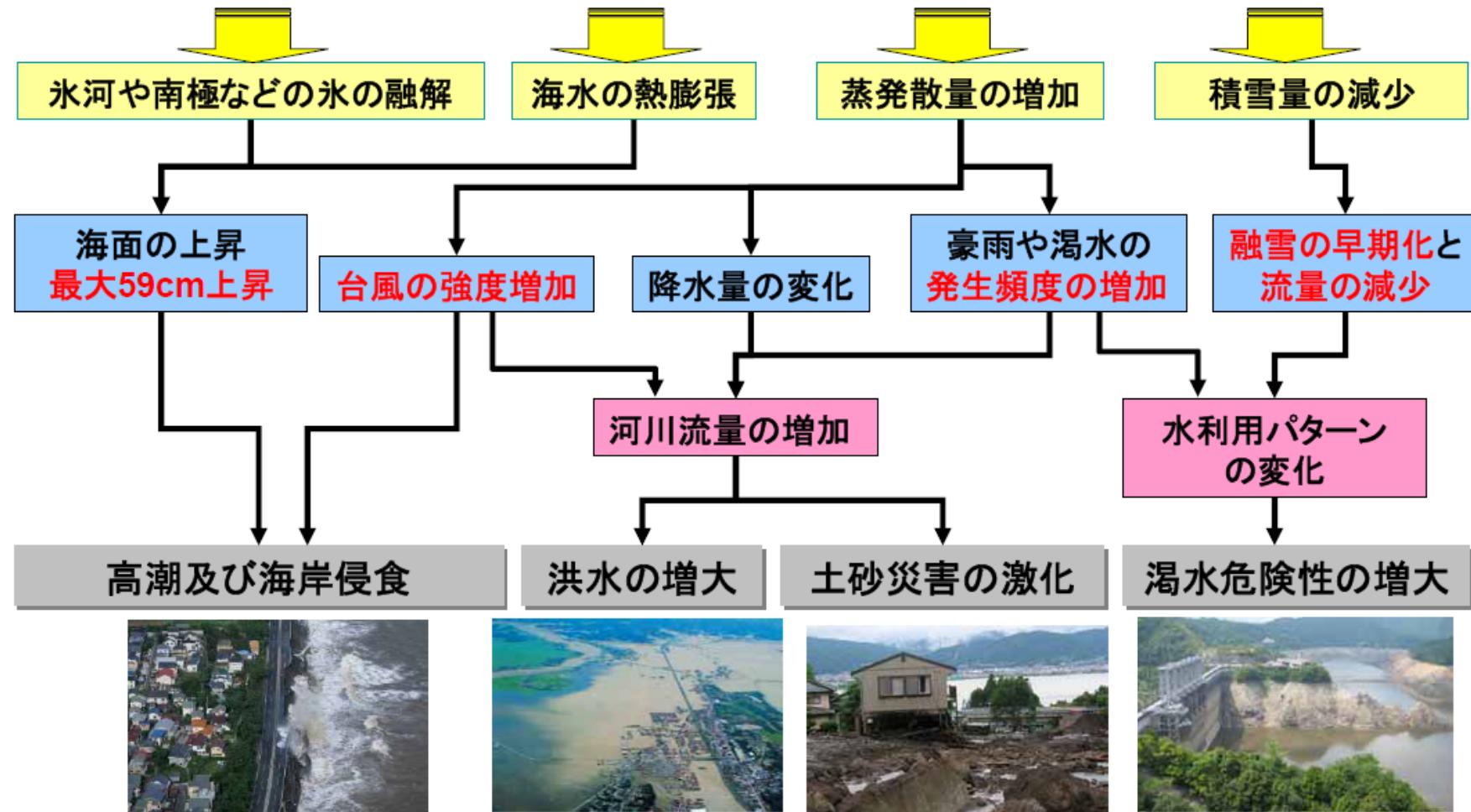
- **気候変動が現実のものになったと認識すべき。特に、洪水経験の少ない北海道は過去の記録ではなく、気候変動を前提とした治水対策を講じるべき。**
- **今夏に生じた被害の状況等を踏まえて治水計画や維持管理へ反映すべき。現象の不確実性に伴う幅を考慮して対策を行っていくべき。**
- **日本の食糧基地である北海道とその基幹産業である農業を守る治水対策を強化し、全国の消費者に貢献すべき。**
- **施設能力を超える洪水に対し、関係機関、道民一体となったオール北海道で減災対策に向けた取組を推進すべき。**

# IPCC第4次報告書に基づく見解

## 地球温暖化が水分野にもたらす脅威

### 2. IPCC第4次報告書の概要

温室効果ガスが大量に排出されて大気中の濃度が高まり熱の吸収が増えた結果、気温が上昇。  
これに伴い海面水位も上昇



# 北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会

- 平成28年8月、観測史上初めて北海道に4つの台風が上陸・接近し、記録的な大雨により全道各地で甚大な被害が発生。今般の災害を踏まえ、今後の水防災対策のあり方を検討するため、国土交通省北海道開発局と北海道は共同で「平成28年8月北海道大雨激甚災害を踏まえた水防災対策検討委員会」を設置
- 平成29年3月、同委員会は、「我が国においても気候変動の影響が特に大きいと予測される北海道が、先導的に気候変動の適応策に取り組むべきであり、気候変動による将来の影響を科学的に予測し、具体的なリスク評価をもとに治水対策を講じるべき」と報告書をとりまとめ
- 同報告を踏まえ、新たに、北海道地方における気候変動予測（水分野）技術検討委員会を設置

## 技術検討委員会のミッション

- 北海道地方における気候変動の影響（降雨量、洪水流量の変化）を最新の知見に基づき、科学的に予測する
- 気候変動の影響によるリスクの変化（規模・形態・頻度）の変化等を算定し、社会と共有する

### 【委員名簿】

<委員長>  
中津川 誠  
(室蘭工業大学大学院工学研究科教授)

<委 員>  
稻津 将  
(北海道大学大学院理学研究院教授)

鼎 信次郎  
(東京工業大学環境・社会理工学院教授)

佐々木 秀孝  
(気象庁気象研究所環境・気象応用研究部室長)

佐藤 友徳  
(北海道大学大学院地球環境科学研究院准教授)

閑 克己  
(京都大学経営管理大学院客員教授)

立川 康人  
(京都大学大学院工学研究科教授)

船木 淳悟  
(寒地土木研究所水圏グループ長)

山田 朋人  
(北海道大学大学院工学研究院准教授)  
※敬称略 五十音順

<オブザーバー>  
国土交通省水管理・国土保全局、北海道局  
気象庁札幌管区気象台

<アドバイザー>  
山田 正（水防災対策検討委員会委員長）

## 北海道地方の気候変動の影響予測

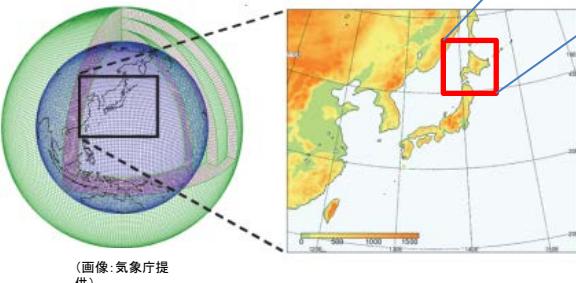
### 将来気候における降雨の分析

AGCM

(水平解像度約60km)

NHRCM

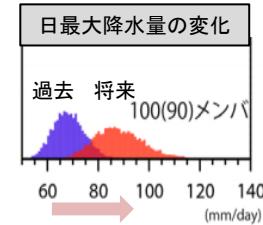
(水平格子間隔20km)



「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース (d4PDF)」を利用して、北海道領域について数kmメッシュに力学的ダウンスケーリング (4°C上昇モデルから着手)

高解像度かつ大規模アンサンブル実験データに基づき、大雨の発生強度や頻度を分析

- ・極端現象の解説
- ・統計学的な分析



### モデル流域における洪水量の変化

十勝川流域

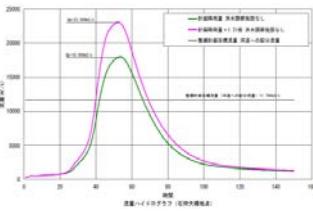


常呂川流域



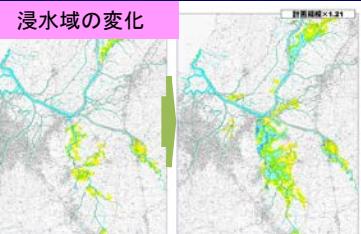
甚大な被害が発生した十勝川、常呂川をモデルケースに、将来気候における洪水流出量の変化を予測

- ・洪水ピーク流量の変化
- ・治水安全度の低下

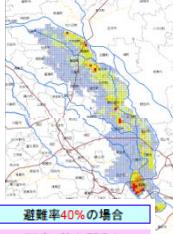


### 洪水リスクの共有

#### 浸水域の変化



#### 人的被害の推定



#### 農地被害面積の推定

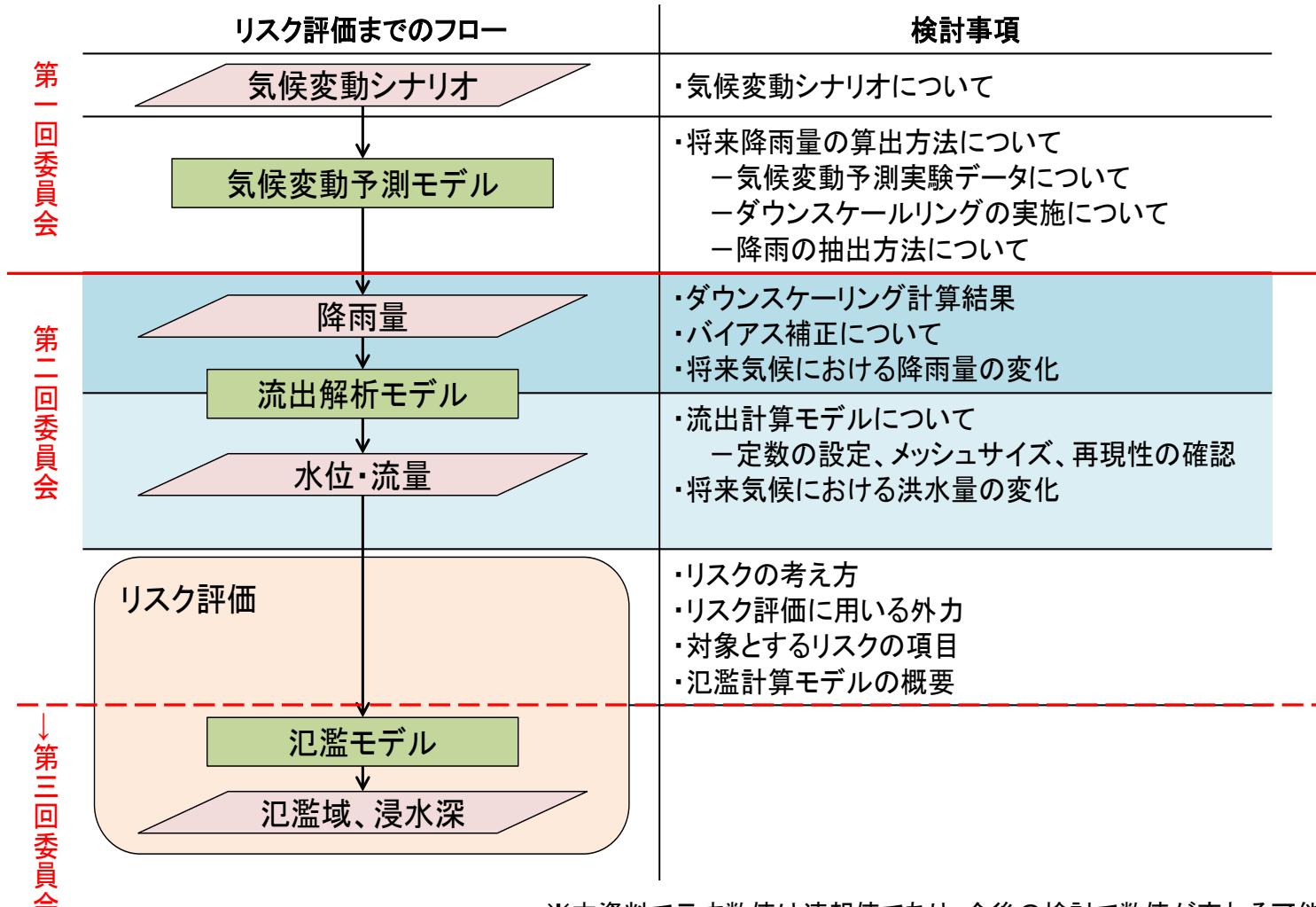


気候変動の影響によるリスクの評価を実施し、社会と共有

- ・浸水域の増加
- ・人的リスクの増加
- ・社会的なリスクの増加
- ・交通事故等の他のリスクとの比較

# リスク評価までの手順と検討事項

- 本委員会では、気候変動シナリオを設定した上で、将来の降雨量・流出量を算出し、気候変動後の氾濫域や浸水深を算定し、その結果に基づき、リスク評価を実施する。
- 第二回委員会では、ダウンスケーリング計算の結果報告、流出計算及び氾濫計算、リスク評価の方法について検討及び確認を行う。



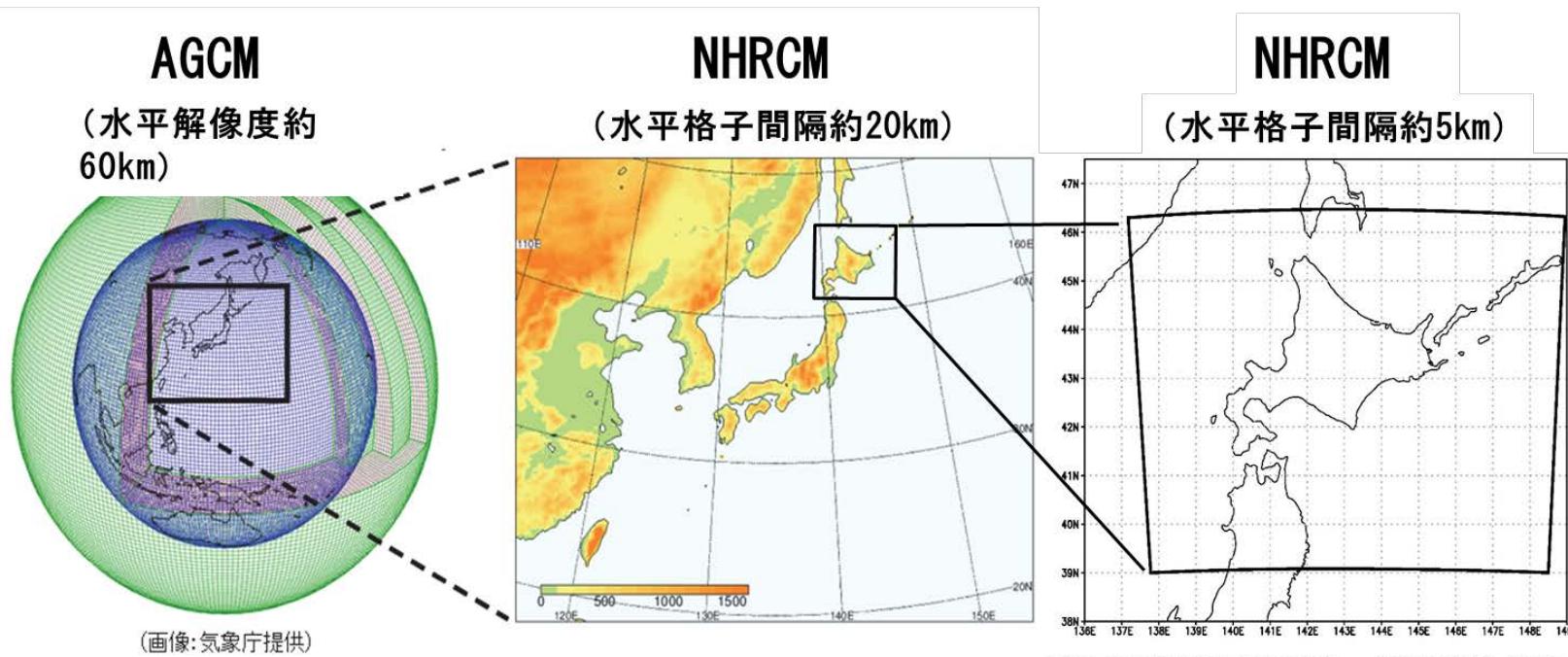
※本資料で示す数値は速報値であり、今後の検討で数値が変わる可能性があります。

# 将来気候における降雨の分析 d4PDFとダウンスケーリング

- d4PDF(地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース)は、全球気候モデル(水平解像度60km)と領域気候モデル(日本域20km)を用いた気候変動アンサンブル実験データである。
- 将来実験については、60年(2051～2110年)×90メンバ (5400年分)、過去実験は60年(1951年～2010年)の50メンバ (3000年分)のデータとなっている。
- 大きな洪水流出をもたらす台風や集中豪雨等の数十kmスケールの気象現象を対象とし、極端降雨や流域の地形特性を十分に表現できる解像度が必要となる。
- 本検討では、d4PDFの領域モデル実験(水平格子間隔20km)結果を、気象庁の領域気象モデル(NHRCM)を用いて5kmメッシュにダウンスケーリングした。

## <ダウンスケーリングについて>

- ◆ 粗い気象モデルを境界条件として、領域内の気象を高解像度に再計算する方法。
- ◆ 課題…解像度によって計算負荷が大きくなる。



142.5E, 42.75Nを中心とした東西方向に800km、南北方向に800kmの範囲

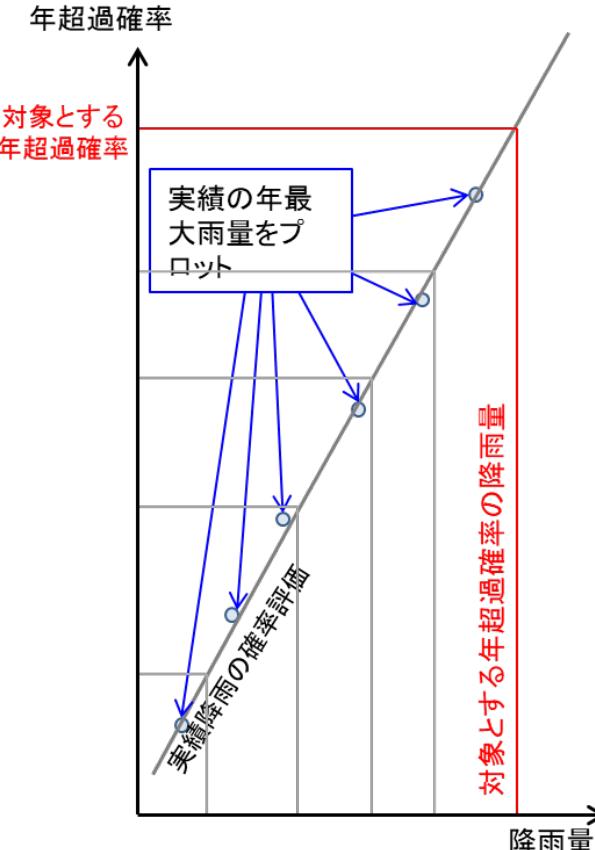
※出典：文部科学省ほか,d4PDF利用の手引き,2015.12,<http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/design.html>

北海道開発局・北海道 北海道地方における気候変動予測(水分野)技術検討委員会資料より

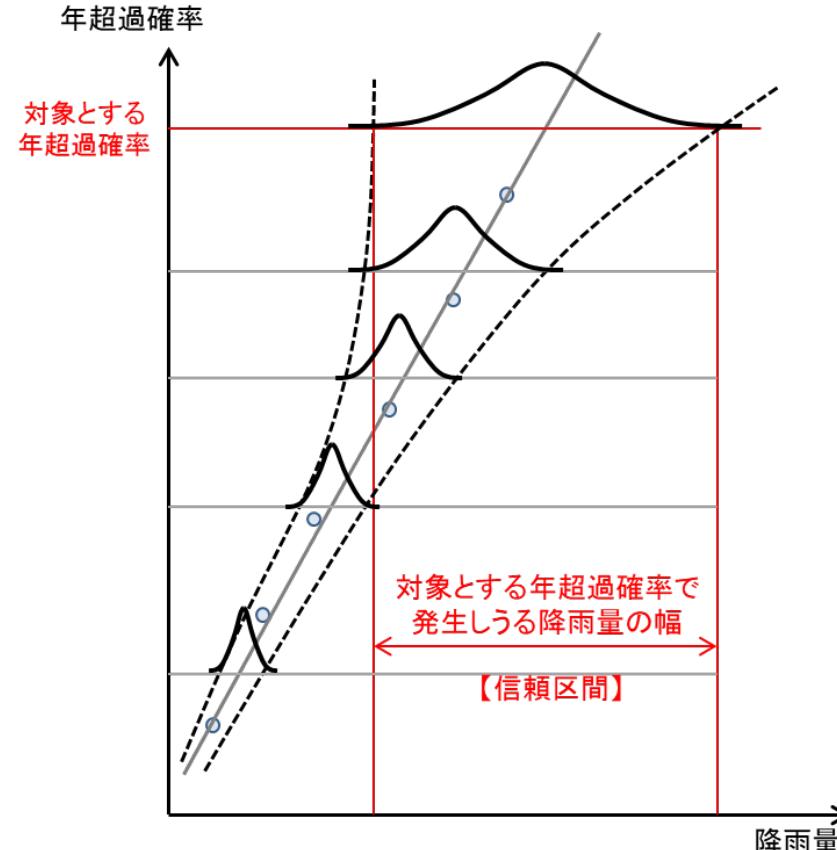
# リスク評価で必要となる降雨の評価方法について

- これまでのリスク評価では、実績降雨を用いた確率評価によって求めた各確率規模の降雨を対象にリスク評価が行われてきた。
- 本検討では、大量アンサンブルデータを取り扱ったことによって、同一の確率規模において発生しうる降雨の幅を設定することが可能である。
- そこで、十勝川1/150確率規模および常呂川1/100年確率規模を例に、幅を持った降雨の設定方法を検討した。

これまでのリスク評価のイメージ



大量アンサンブルデータを用いたリスク評価のイメージ

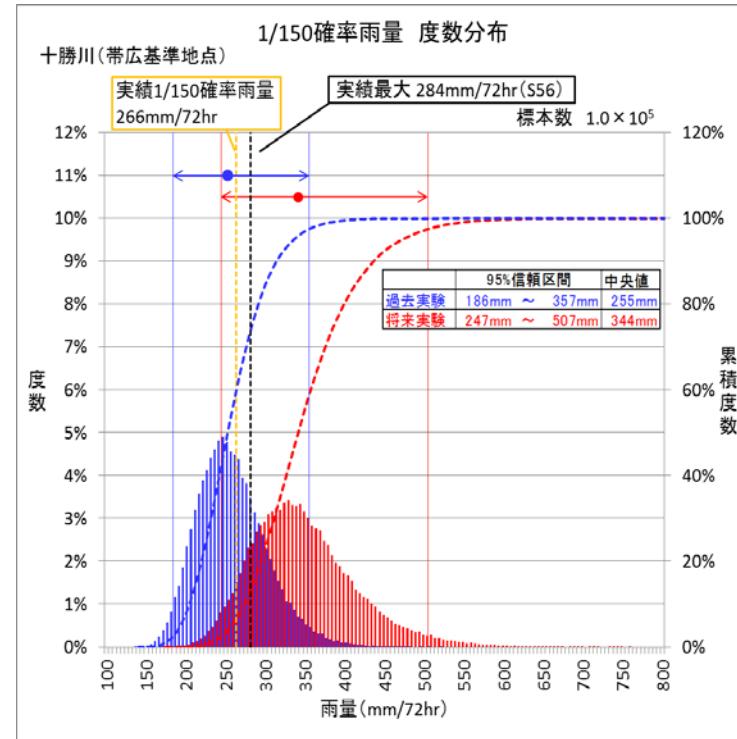
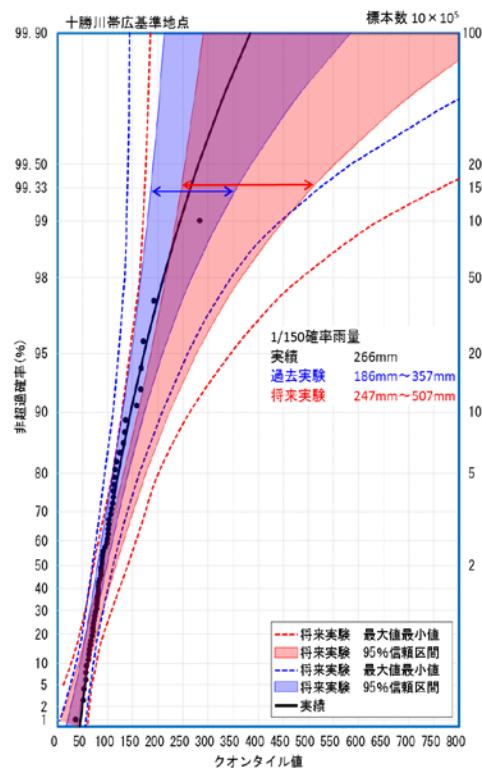


# 過去実験降雨および将来実験の降雨量と流量の試算例 【十勝川・帯広基準地点】

## 雨量の設定; 確率評価

### GEV分布

1.0 × 10<sup>5</sup>標本の  
SLSCの平均値  
過去実験: 0.014  
将来実験: 0.015



## 流量の設定; 流出モデル

現在気候と将来気候における十勝川帯広地点における降雨量と流量(推算値)\*

- 1/150確率規模流域平均72時間雨量(GEV分布中央値) 過去実験(255mm) → 将来実験(344mm) 約1.35倍  
(現計画降雨量 245.7mm/3日, 平成28年8月の流域平均雨量 197.7mm/3日)
- 上記雨量に対するピーク流量最大値 過去実験(7,258m<sup>3</sup>/s) → (8,851m<sup>3</sup>/s) 約1.2倍  
(現基本高水ピーク流量 6,800m<sup>3</sup>/s, 平成28年8月出水のピーク流量 6,334m<sup>3</sup>/s)
- 不確実性の評価に基づき、雨量、流量は上記中央値に対して幅をもった値が推算される。

\*上記数値は速報値であり、今後の検討によって変わる可能性がある。

# 水災害分野における気候変動適応策の背景

## ○ 気候変動による外力の増大・頻発化

- 既に極端な雨の降り方が顕在化(時間雨量50ミリ以上の発生件数が約30年間で約1.4倍)  
(将来予測(21世紀末))
- 大雨による降水量(日降水量)が全国平均で10.3~25.5%増加<sup>1)</sup>
- 全国の一級水系において、施設計画の規模を上回る洪水の発生頻度が約1.8~4.4倍に増加<sup>2)</sup>
- 無降水日の年間日数(日降水量1ミリ未満)が全国平均で1.1~10.7日増加<sup>1)</sup>

1)RCPシナリオによる予測  
2)RES A1Bシナリオによる予測

## ○ 欧米諸国では、既に気候変動適応策を実施

- 年超過確率1/1,000など低頻度または極端な洪水の浸水想定等の提示(例:EU諸国、アメリカ)
- 将来の外力増大時にできるだけ手戻りがない施設の設計(例:ドイツ)
- 将来の外力増大を見込んだ規模での施設の整備(例:オランダ等)

## ○ 激甚化する水災害に対処し気候変動適応策を早急に推進すべき

- 施設では守りきれない事態を想定し、社会全体が災害リスク情報を共有し、施策を総動員して減災対策に取り組む
- 従来からの施設の着実な整備等に加え、
  - 外力が増大した場合に、できるだけ手戻りなく施設の追加対策を講じられるように工夫
  - 施設の能力を上回る外力に対しても減災効果を発揮できるように工夫

# 水害に対する適応策～考え方

## 国土交通省気候変動適応計画

III 適応に関する施策 1. 自然災害分野 (1) 水害

### 適応策の基本的な考え方①



国土交通省

- これまででは、比較的発生頻度の高い外力に対し、施設の整備等により災害の発生を防止すること、浸水想定等の作成などによりできる限り被害を軽減することを目指していた。
- これからは、気候変動による外力の増大・頻発化を踏まえ、
  - 施設の着実な整備と適切な維持管理により、水害の発生を着実に防止する防災対策を進める
  - これに加え、
    - ・ 外力が増大した場合に、できるだけ手戻りなく施設の追加対策を講じられるように工夫
    - ・ 施設の能力を上回る外力に対しても減災効果を発揮できるように工夫
  - 施設では守りきれない事態を想定し、社会全体が災害リスク情報を共有し、施策を総動員して減災対策に取り組む

これまで

現況の施設能力の規模

施設計画の規模

外力(大雨等)の規模

- 比較的発生頻度の高い外力に対し、施設により災害の発生を防止
- 比較的発生頻度の高い外力に対し、浸水想定の作成等により、できる限り被害を軽減

- ※ 比較的発生頻度の高い外力を超える規模の外力を対象とした対策は、ほとんど行われていない
- ※ 気候変動による外力の増大についての具体的な考慮もほとんどなされていない

浸水想定の提示

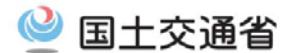
- 比較的発生頻度の高い外力による浸水想定を提示

# 水害に対する適応策～考え方

## 国土交通省気候変動適応計画

### III 適応に関する施策 1. 自然災害分野 (1) 水害

#### 適応策の基本的な考え方②



現況の施設能力の規模

施設計画の規模

想定し得る最大規模

外力(大雨等)の規模

○ 比較的発生頻度の高い外力に対し、  
施設により災害の発生を防止

- これまで進めてきている施設の整備を着実に実施
- 将来の外力増大時に、できるだけ手戻りなく施設の追加対策が講じられるよう工夫
- 災害リスクの評価を踏まえた  
ウイークポイント等に対する重点的な整備 等

○ 施設の能力を上回る外力に対し、  
施策を総動員して、できる限り被害を軽減

＜施設の運用、構造、整備手順等の工夫＞

- 既設ダム等を最大限活用するための運用の見直し
- 迅速な氾濫水排除のための排水門の整備や排水機場等の耐水化
- 災害リスクをできるだけ小さくするための河川整備の内容、手順の見直し 等

＜まちづくり・地域づくりとの連携＞

- 災害リスクを考慮した土地利用・住まい方の工夫 等

＜避難、応急活動、事業継続等のための備え＞

- 避難に関するタイムライン、企業の防災意識の向上、  
水害BCPの作成 等

○施設の能力を大幅に上回る  
外力に対し、ソフト対策を重点に  
「命を守り」  
「壊滅的被害を回避」

- 状況情報に基づく主体的避難の促進
- 広域避難体制の整備
- 国、地方公共団体、公益事業者等の関係者一体型のタイムライン 等

### 災害リスクの評価・災害リスク情報の共有

- 想定し得る最大規模までの様々な規模の外力に対する災害リスク(浸水想定及びそれに基づく被害想定)の評価
- 各主体が、災害リスク情報を認識して対策を推進

# 水害に対する適応策～施策

## 国土交通省気候変動適応計画

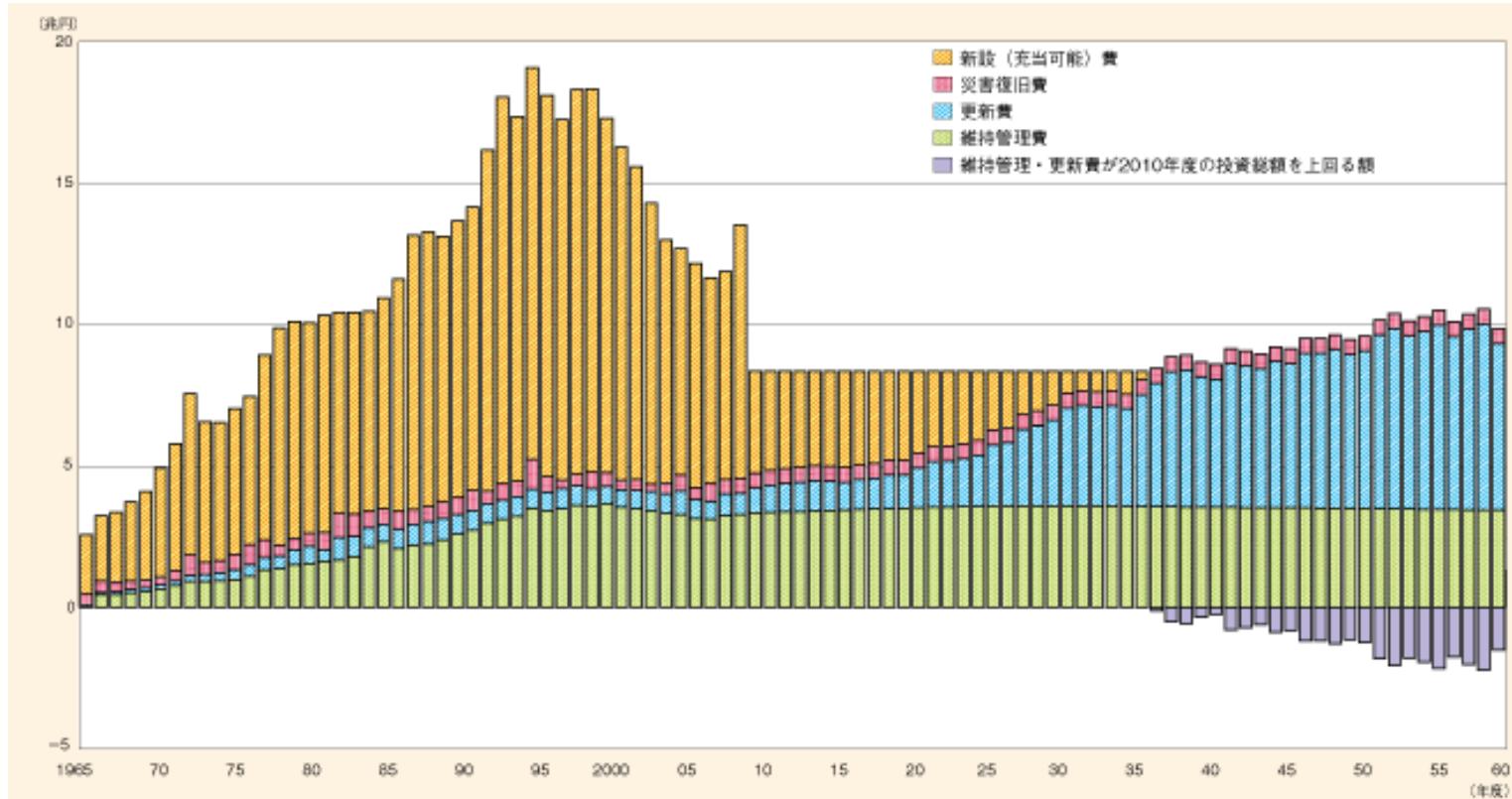
### III 適応に関する施策 1. 自然災害分野 (1) 水害

#### 水害に対する適応策②



# 制約条件 新規整備の予算

従来どおりの維持管理・更新をした場合の推計=2037年には新規整備不能?



国土交通白書2012より

# ハードの限界？

2000.9東海恵南豪雨時の矢作川



洪水調節中の矢作ダム



浸水した家屋(豊田市藤沢町)

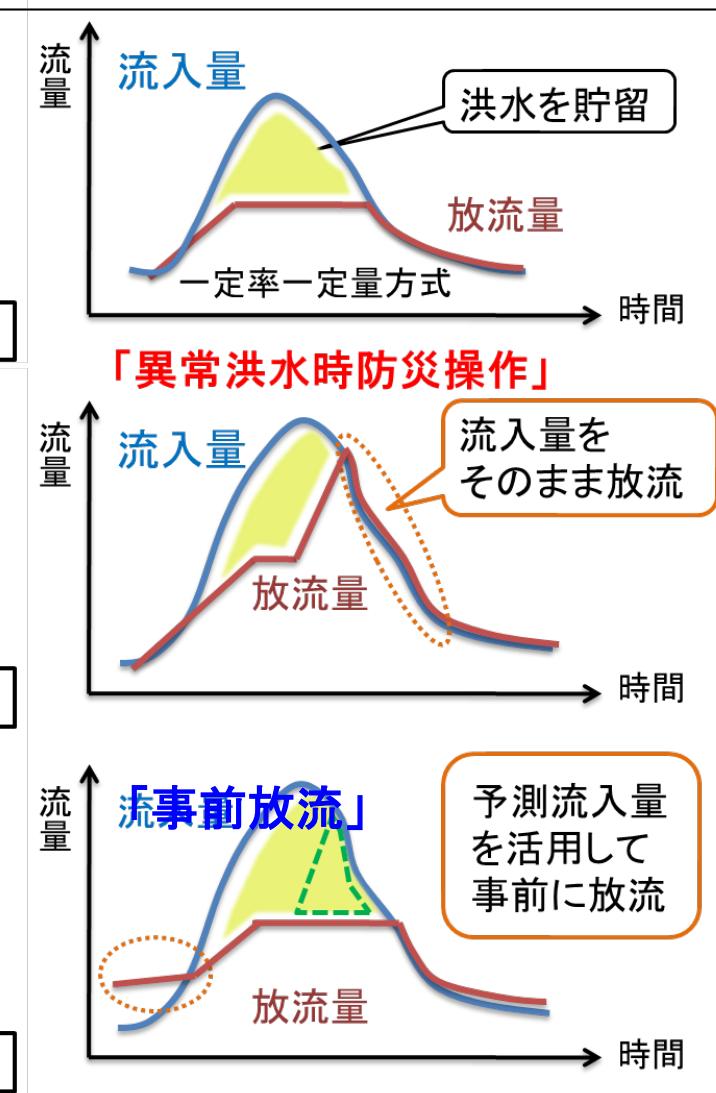
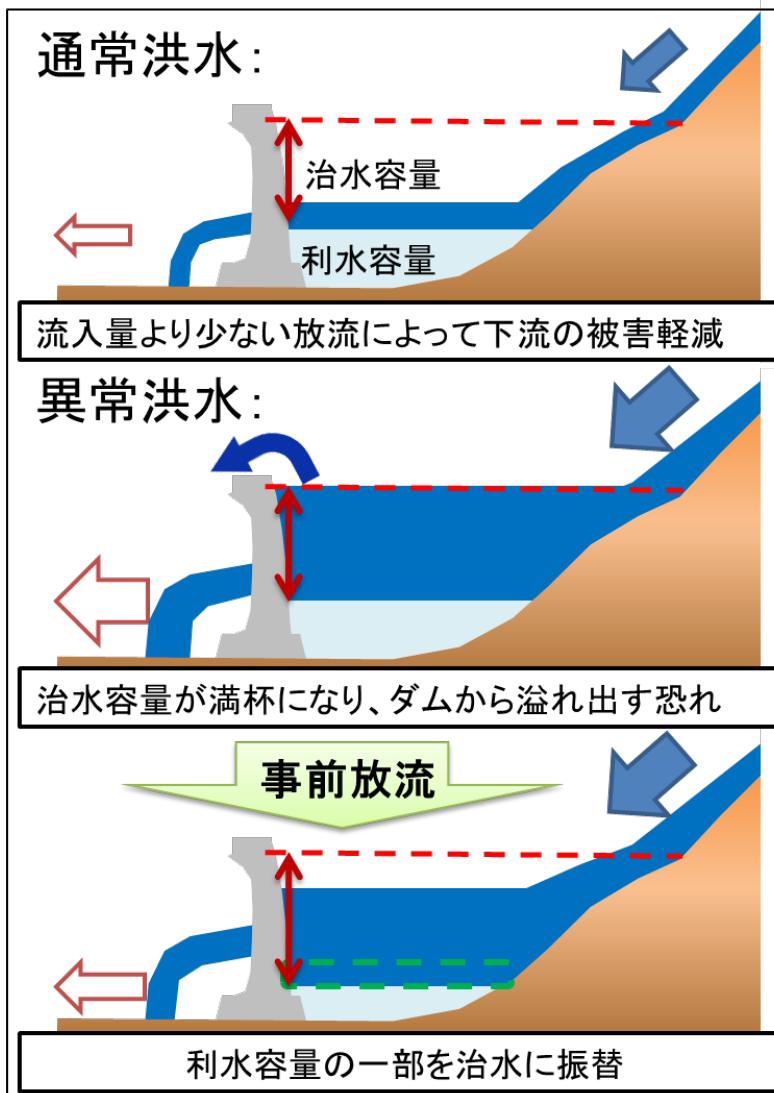


流失した幼稚園(旭町小渡)

中部地方整備局・豊橋河川事務所  
矢作川流域委員会資料より

# 工夫の余地は？ 既存治水施設の機能向上

## ダムの洪水調節の仕組みと機能向上「事前放流」のイメージ



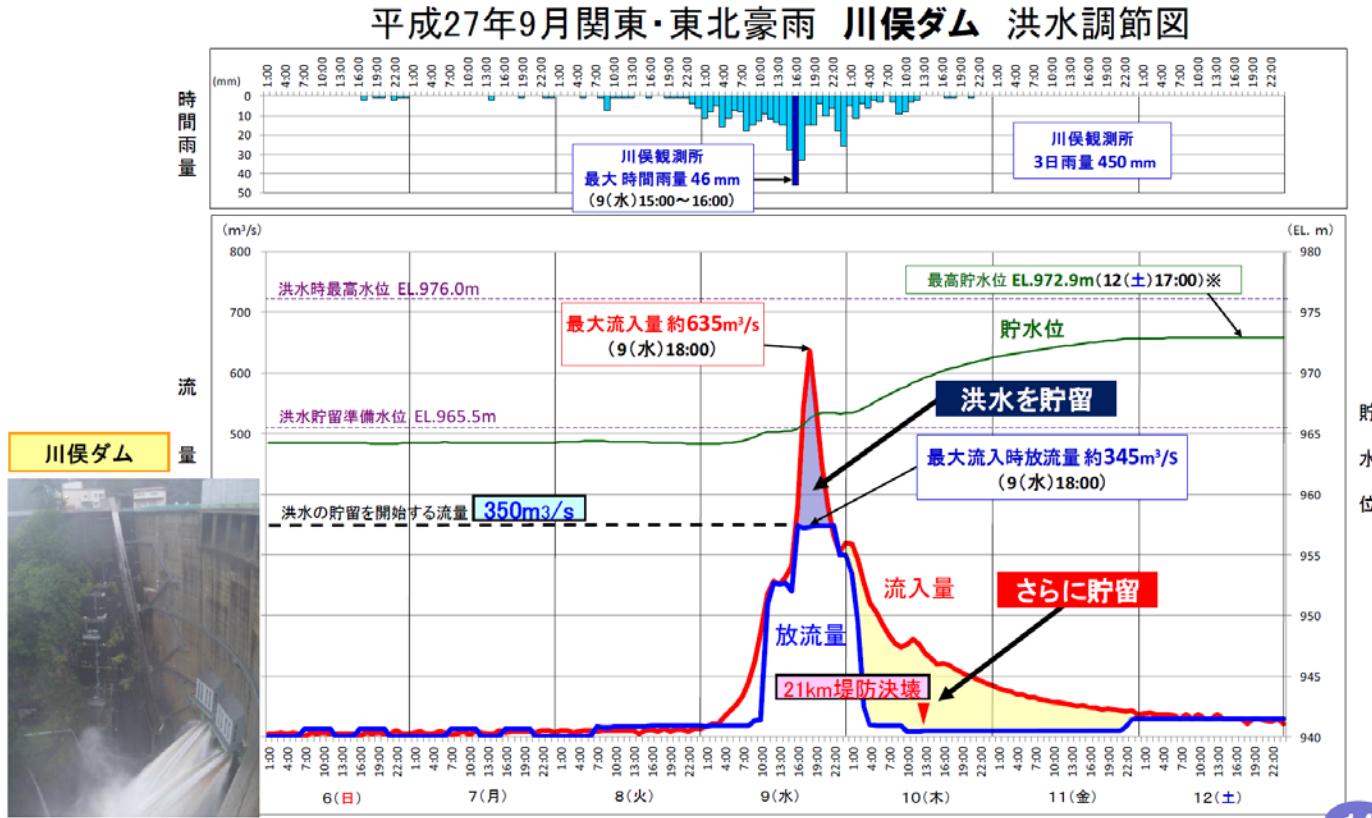
# 工夫の余地は？ 既存治水施設の機能向上

## ダムの「特別防災操作」の事例

### 放流量を抑制して下流の被害軽減=雨に関する確実な見通し

#### 「平成27年9月関東・東北豪雨」 川俣ダムでの操作

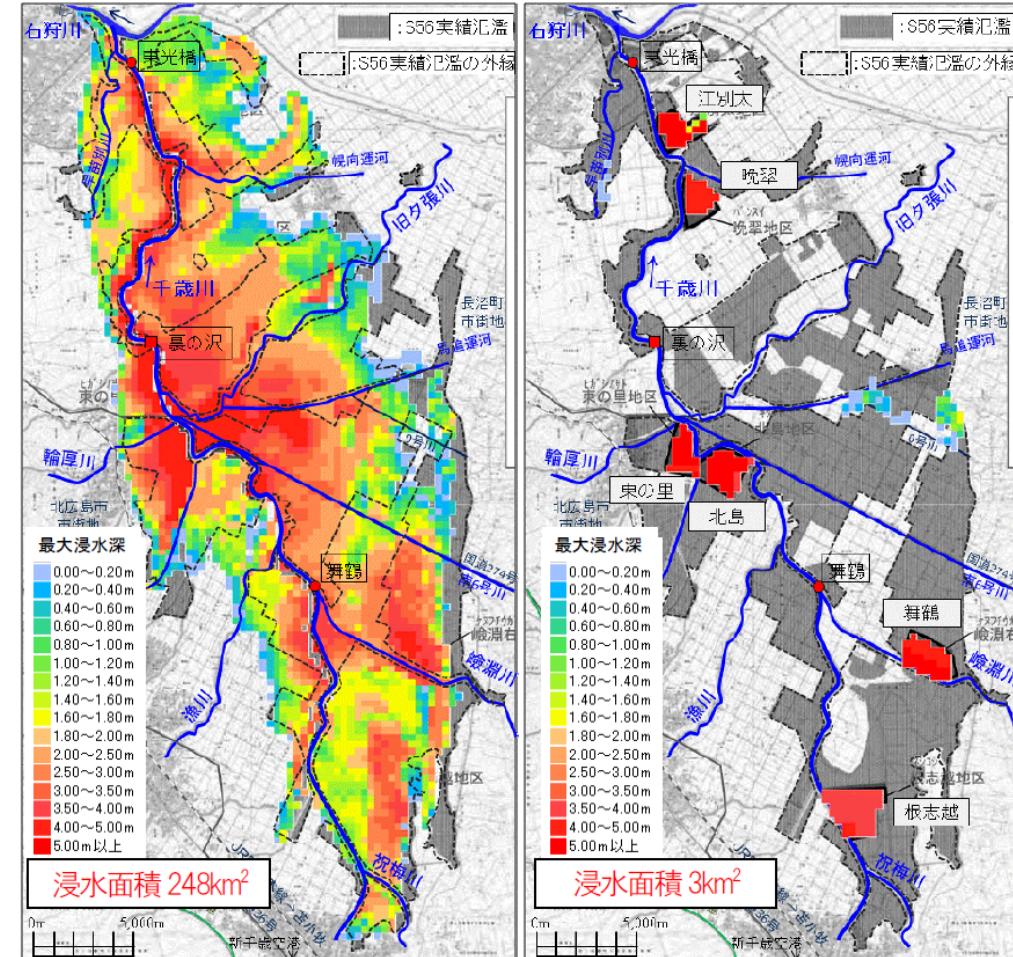
- ① 川俣ダムでは、9日午後から洪水調節を実施したが、深夜には流域の雨が弱まり、流入量が洪水量以下となった。
- ② 一方で、川治ダムでは流入量が増大し「ただし書き操作」水位に達する可能性が生じ、かつ鬼怒川下流部で氾濫の危険性が高まったことから、川治ダムの「ただし書き操作」を回避するため、川俣ダムでは空容量を有効活用して貯留を実施した。



# 既存治水施設の機能向上

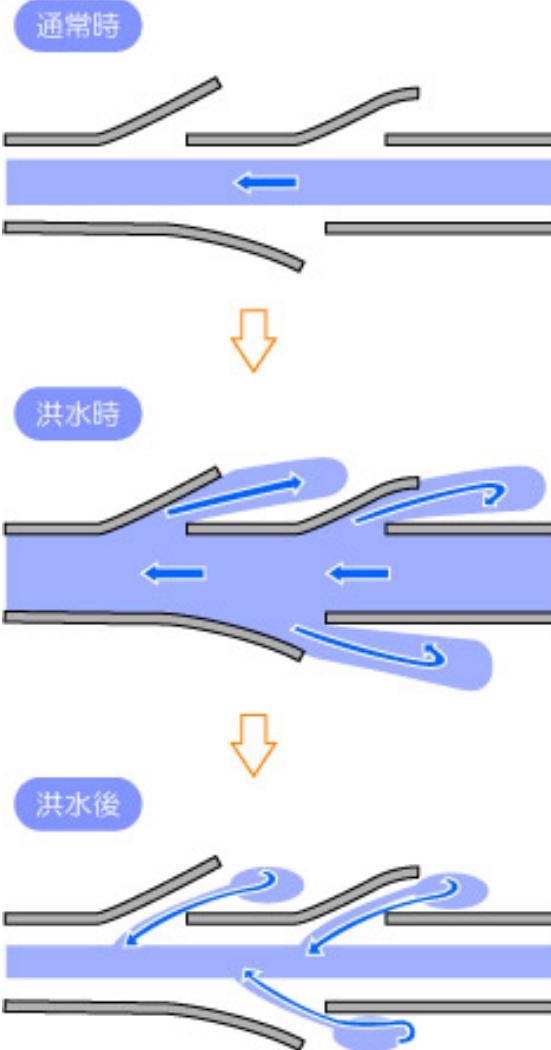
## 治水施設群の被害最小化のためのスマート運用

### 千歳川流域の大雨時の施設運用有無による浸水域のイメージ



# 既存治水施設の改修

## 霞堤 → 温故知新



手取川

(左)国土交通省国土技術総合研究所, (右)国土交通省金沢河川国道事務所

# 既存治水施設の改修

## ダムの嵩上げ → 付加価値

ダム機能=治水+利水  
+エネルギー+温暖化対策  
ダムの嵩上げ

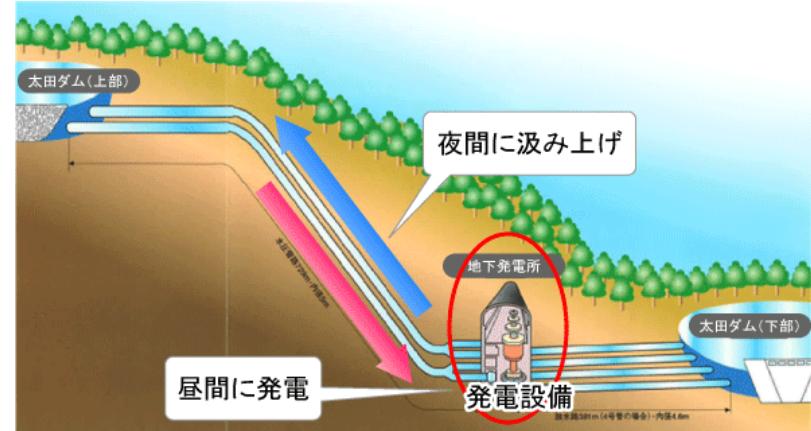


国土交通省 北海道開発局 札幌開発建設部  
[http://www.sp.hkd.mlit.go.jp/kasen/08isiken/02genba/32ikusyun/faq\\_02.html](http://www.sp.hkd.mlit.go.jp/kasen/08isiken/02genba/32ikusyun/faq_02.html)

嵩上げ1m × 湛水面積 10km<sup>2</sup>  
=1,000万m<sup>3</sup>の貯水量増量



余剰電力で揚水



首相官邸 <http://www.kantei.go.jp/jp/headline/yousui.html>

# 予測情報の活用

## 降雨（+融雪）予測

ダム事前放流  
洪水調節機能の向上

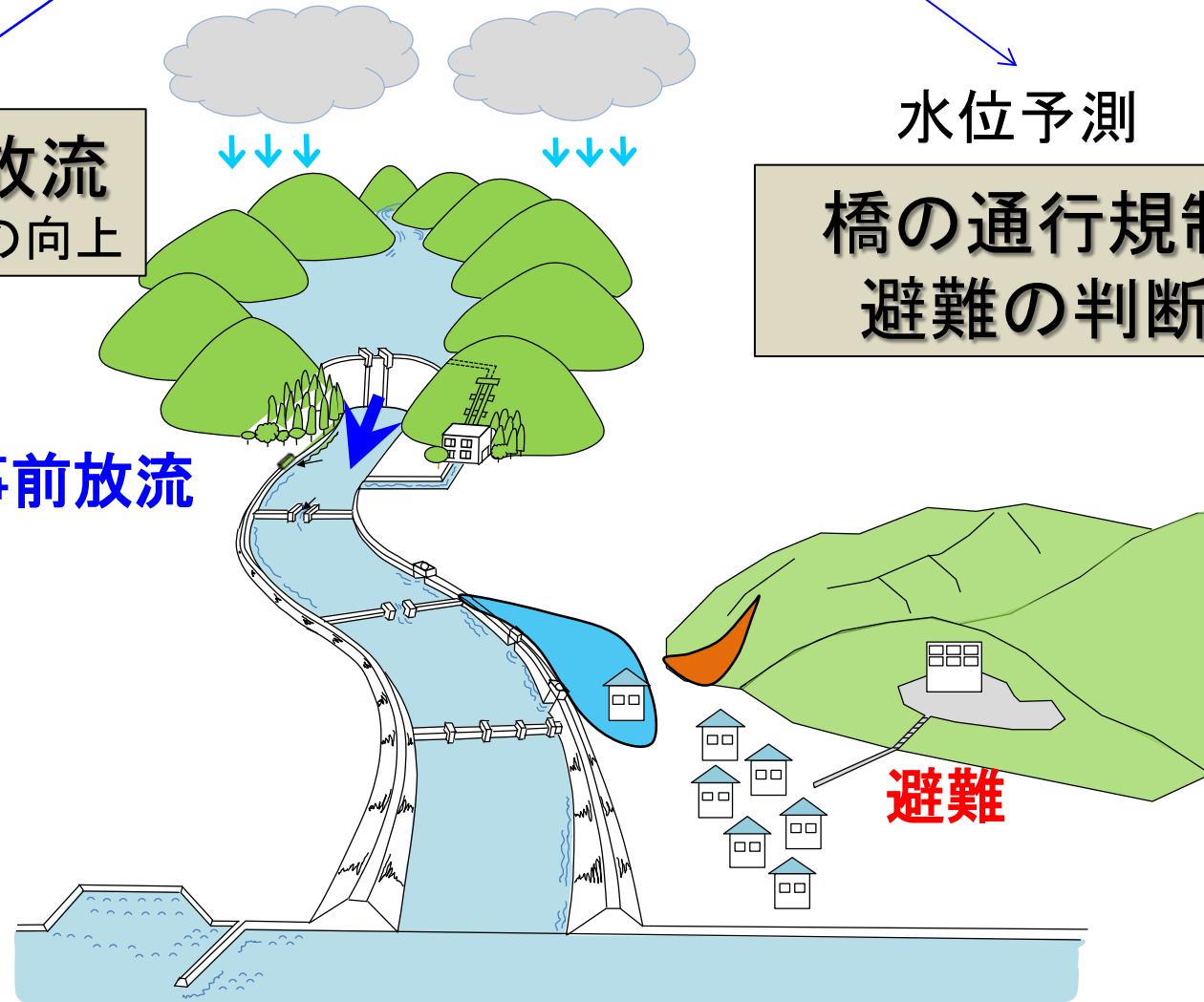
水位予測

橋の通行規制  
避難の判断

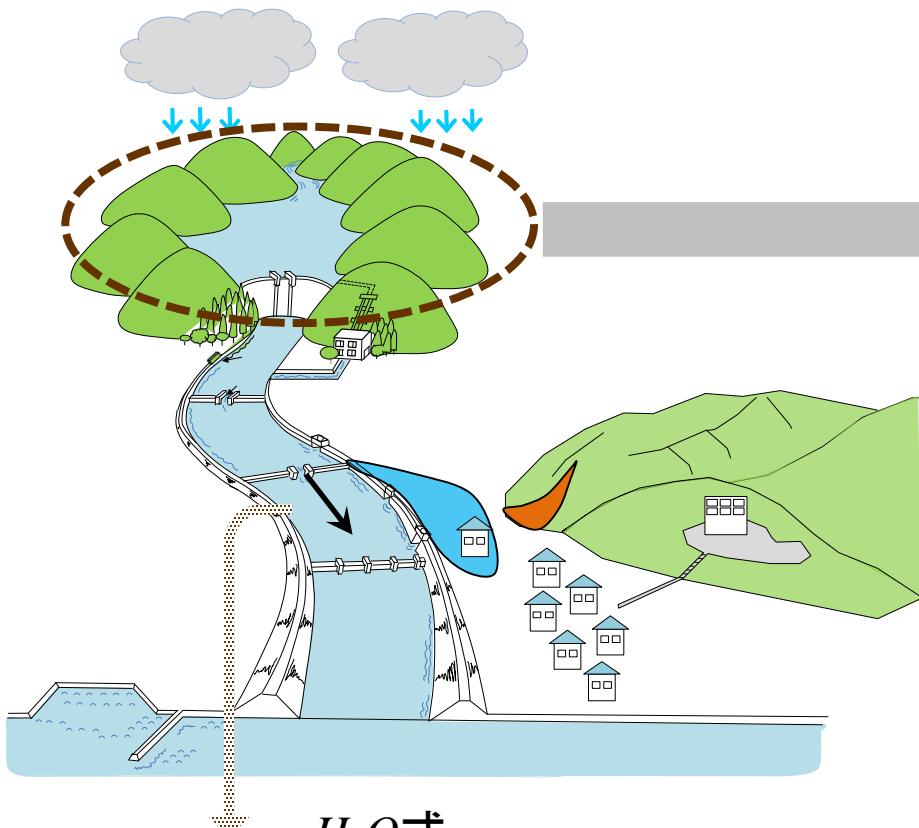
事前放流

避難

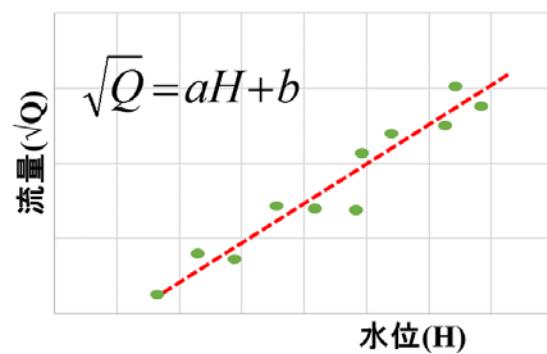
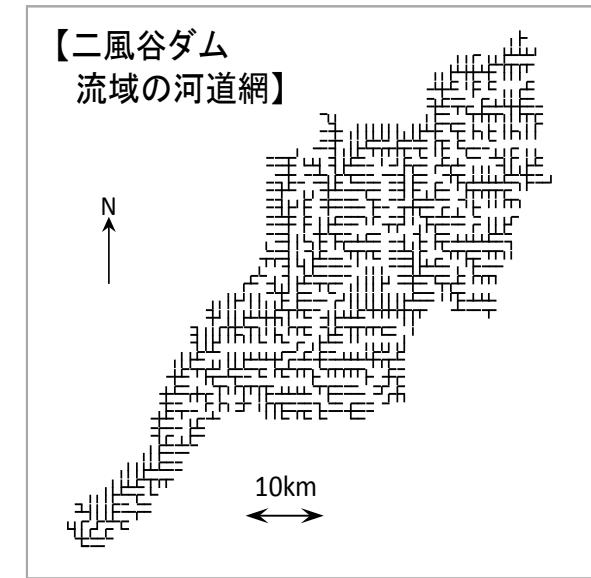
予測情報の活用イメージ



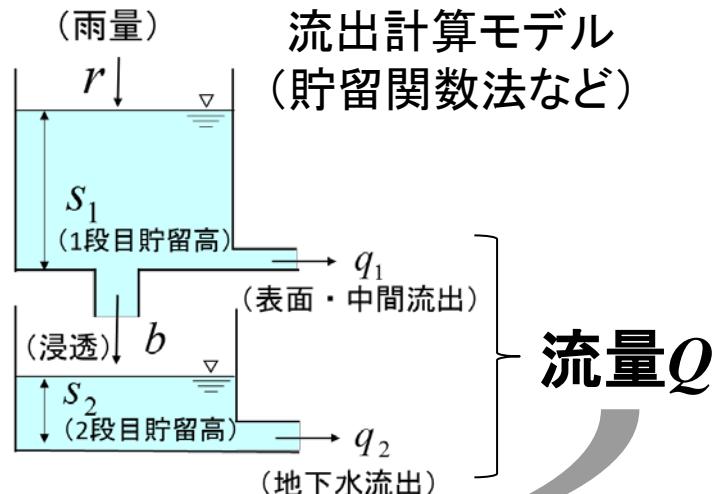
# 流出計算モデルに基づく流量・水位予測手法



集中型  
分布型



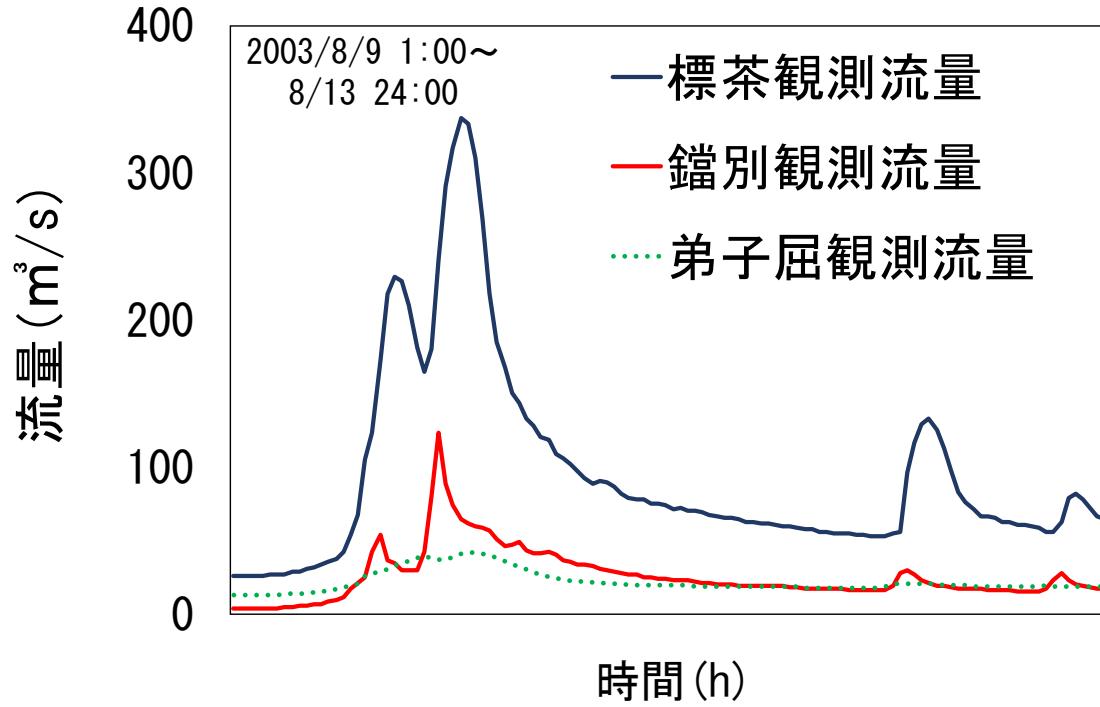
水位  $H$



流量  $Q$

# 観測情報を生かす予測手法

## 水位相関法のイメージ



屈斜路湖



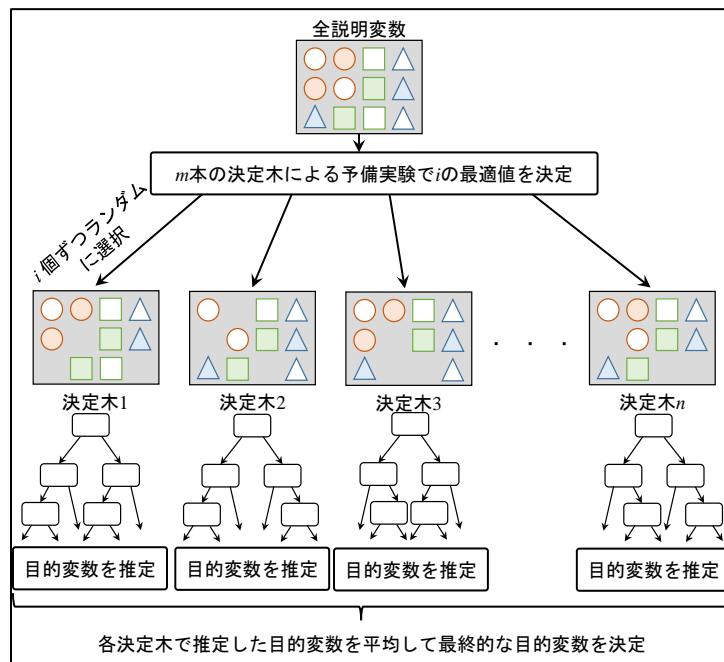
類似のパターンを示す上流水位から  
下流水位を予測

パターンのラグタイムが予測LT

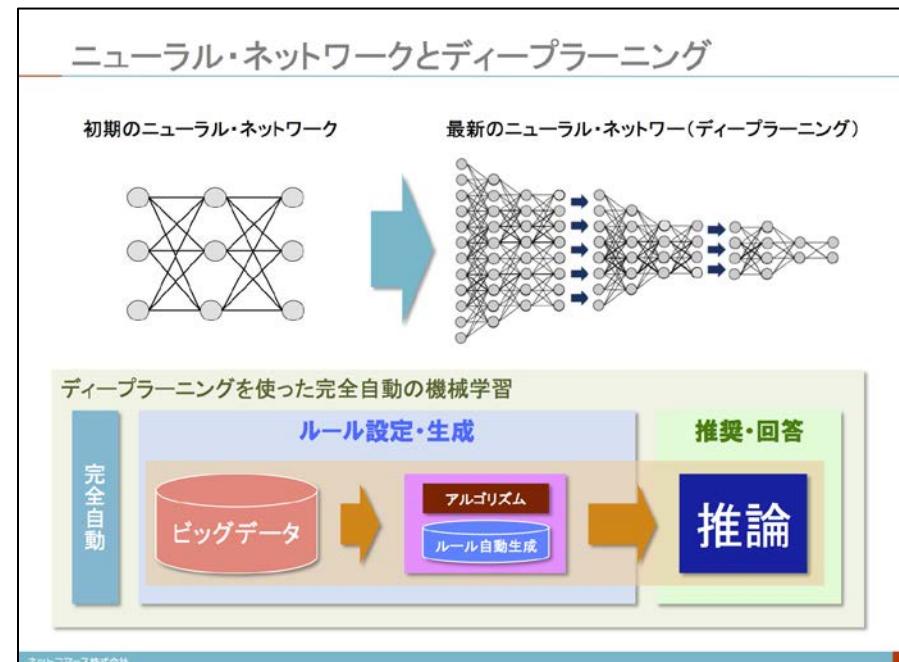
# 機械学習手法に基づく水位予測

- 水文情報の蓄積が進み、**ビッグデータ**として統計的手法での分析・予測が可能な環境になりつつある。
- 最も簡単な手法は「**水位相関法**」で、現業でも古くから使われている。
- 室蘭工大では、情報工学の専門家とのコラボレーションで**ランダムフォレスト(RF)法**による予測手法を提案！

ランダムフォレスト法のイメージ

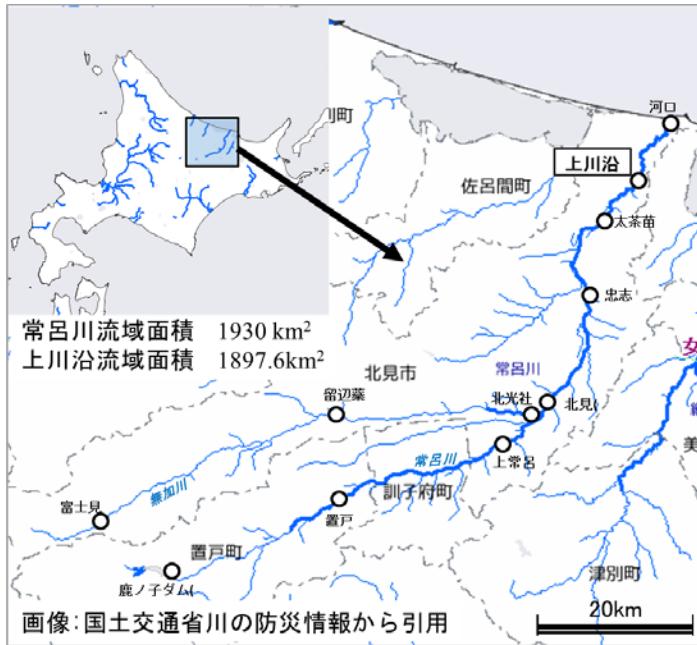


ディープラーニングのイメージ

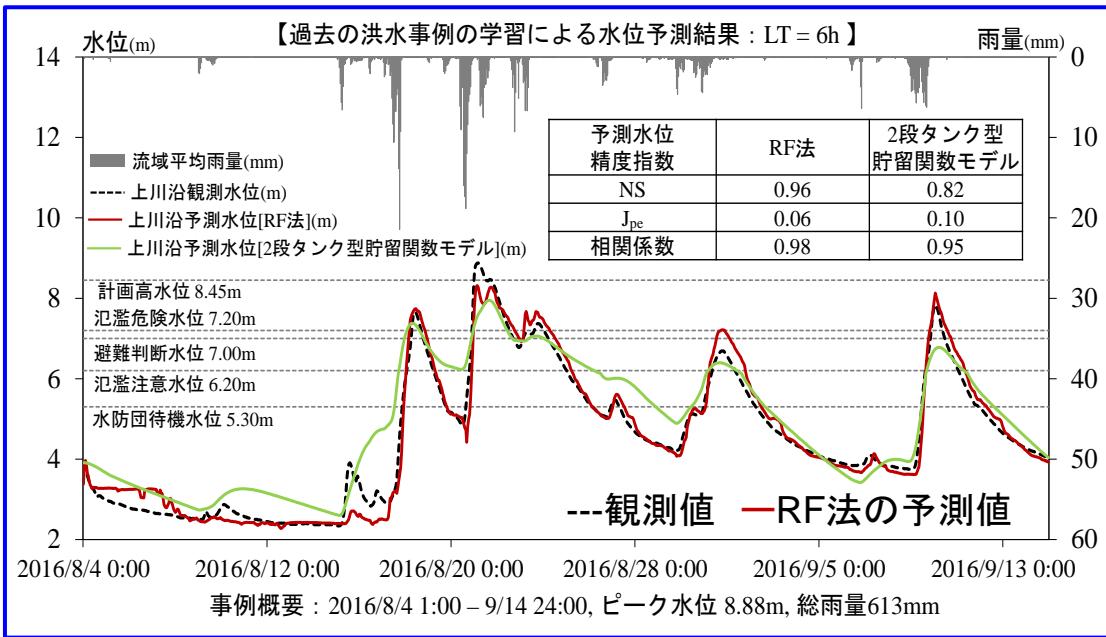


# RF法による水位予測例 常呂川2016.8の事例 2016年度の成果より

## 常呂川の2016年8月洪水の水位予測



# ランダムフォレスト(RF)法による水位予測結果 (常呂川 上川沿地点 LT=6h)



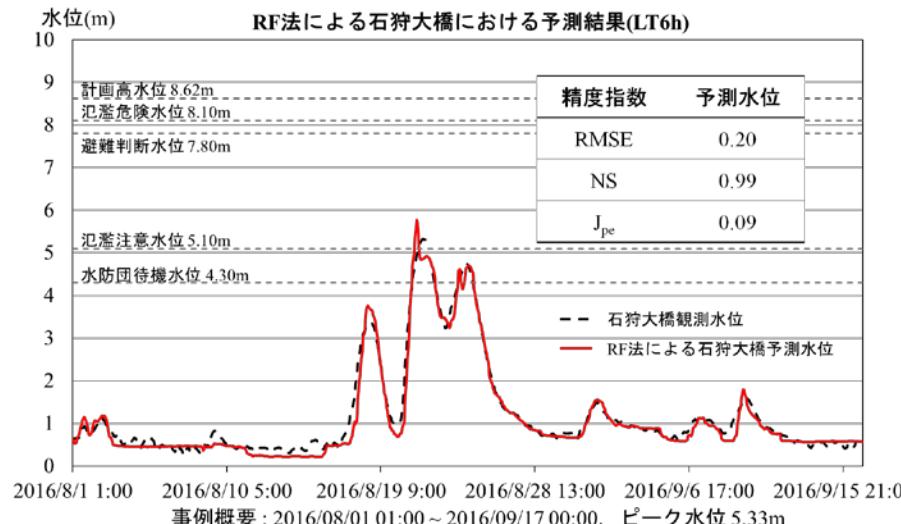
過去のデータを用い、繰り返す洪水事例についても高い予測精度が得られた。

\*岡崎亮太, 中津川誠, 小林洋介, 谷口陽子, 機械学習手法に基づく2016年8月の常呂川連続洪水を対象とした水位予測の研究, 平成28年度土木学会北海道支部論文報告集, 73, B-19, 2017. より

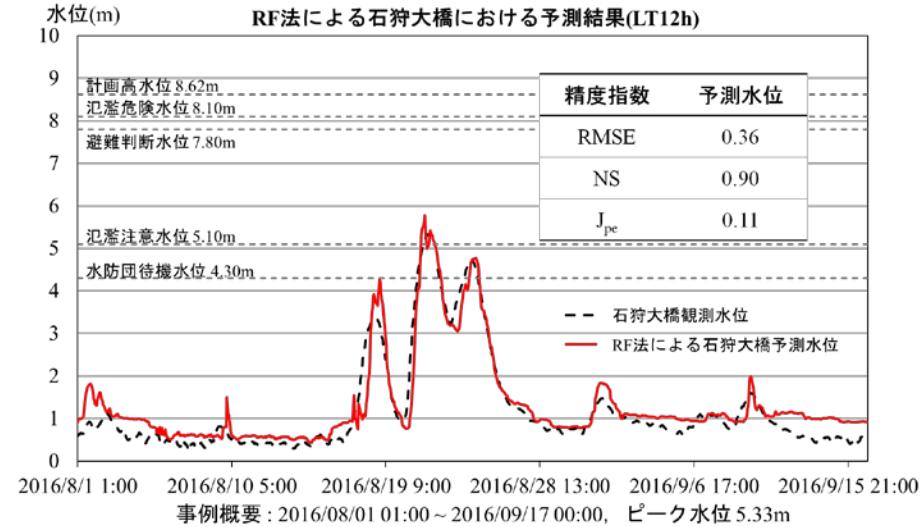
# RF法による水位予測例 石狩川2016.8の事例



## LT 6hの結果



## LT 12hの結果

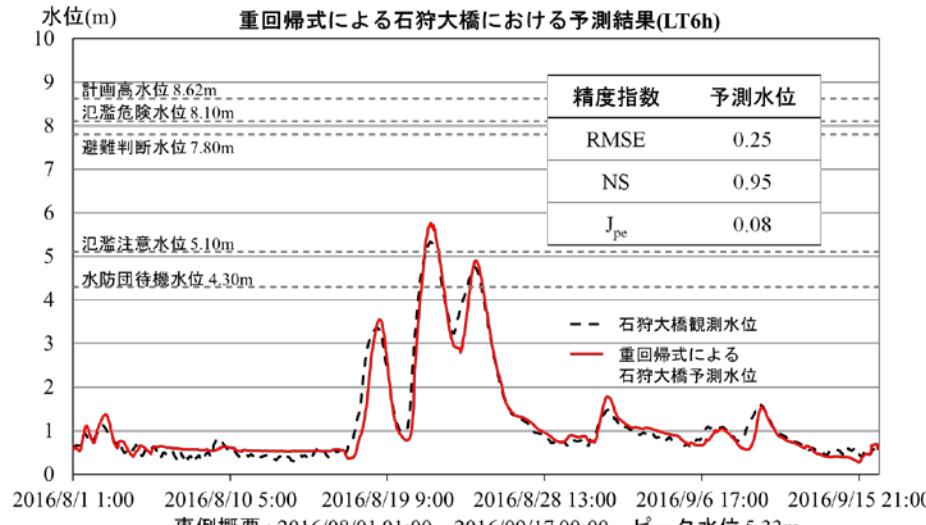


\*坂本莉子, 中津川誠, 小林洋介, 岡崎亮太, RF法を利用した石狩川下流部の水位予測の研究, 平成29年度土木学会北海道支部論文として発表予定(2018/1/27~1/29 於北海道大学(札幌))

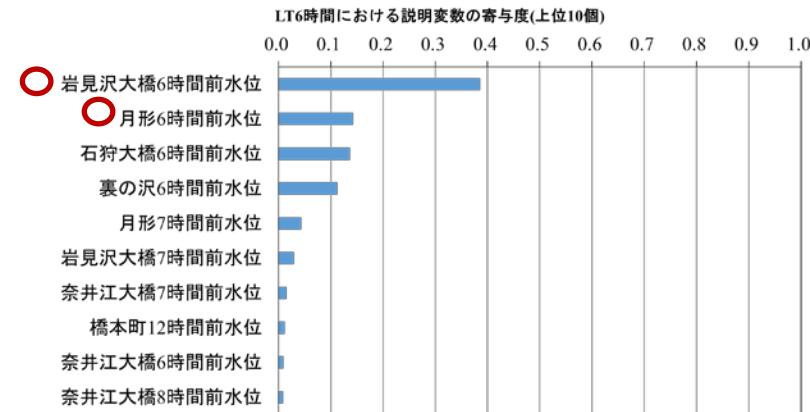
# 関連要因相関法による水位予測例 石狩川2016.8の事例



## LT 6hの結果



RF法の寄与度で影響要因を抽出  
それとの重回帰式で予測する



LT	使用した説明変数		重回帰式
	$H_1$	$H_2$	
6h	岩見沢大橋6時間前水位	月形6時間前水位	$y=0.15H_1+0.45H_2-1.91$
12h	橋本町12時間前水位	砂川橋12時間前水位	$y=-0.14H_1+0.76H_2-7.13$

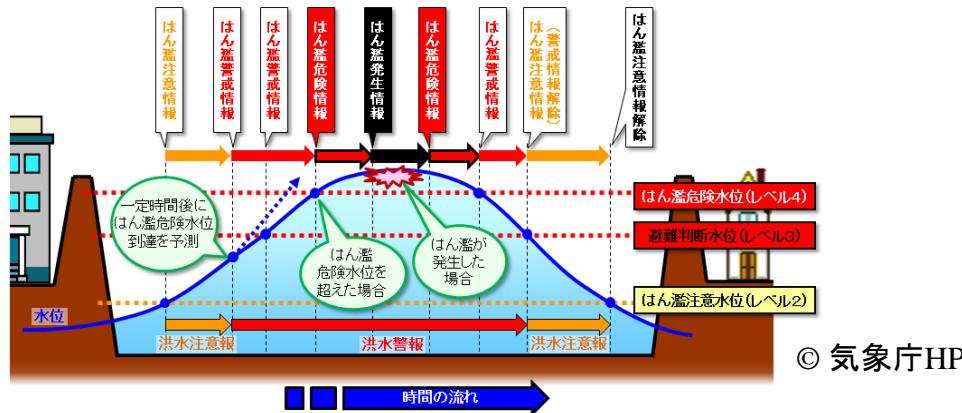
# 最悪の事態にどのように対処するか？

(内部情報の)予測→(外部への)予報・注意報・警報→アクション

Information  
(内部情報の)予測  
予報・注意報・警報

↓  
タイムライン

↓  
Action  
水防活動  
橋の通行止め  
避難・・・



## 災害対応のスケジュール表“タイムライン”

○タイムラインとは、災害が発生することを前提として、関係者が事前にとるべき行動を「いつ」「誰が」「何をするか」に着目して時系列で整理したもの。

	台風発生 台風上陸の可能性	国土交通省	交通サービス	市町村	住民
台風上陸 3日前	○台風予報 ○台風に関する記者会見	体制の早期構築 ○連絡体制等の確認 ○協力機関の体制確認	運行停止の可能性を早めに周知 ○交通サービス運行停止予告	広域避難の可能性を早めに周知 ○広域避難体制の確認・周知	○防災用品の準備 早期に広域避難を開始
台風上陸 1日前	○台風に関する記者会見(特別警報発表の可能性) ○大雨・洪水等警報 ○はん濫警戒情報 ○大雨・暴風・高潮等特別警報 ○はん濫危険情報	○リエゾンの派遣 ○所管施設の巡視	○運行停止手順の確認・公表 ○運行停止の確認・公表	○広域避難勧告・指示 ○広域避難者の誘導・受入	○広域避難の開始 台風上陸前に避難を完了
台風接近 0時間前	○はん濫発生情報	○市町村長へ事態切迫状況の伝達 ○TEC-FORCE活動(道路啓開等) ○被害状況の把握 ○緊急輸送路の確保	○運行停止 ○施設保全・待避終了 ○被害状況の把握 ○施設点検 ○運行見通しの公表	○避難勧告・指示 ○屋内安全確保 早期復旧・再開が可能となるように運行停止 ○支援の要請	○支援の要請

◎ 国土交通省

# まとめ

## 水害の頻発 気候変動適応策を本気で考える必要性

- ・ 気候変動の影響はIPCCの予想どおり(と考えるべき). **予断を排したハザード設定の必要性**→不確実性の評価が必要
- ・ 災害の素因ともいえる**脆弱性要因**の洗い出し→旧川跡, 急流河川, 扇状地, 土砂流出…
- ・ **温故知新(昔の治水工法)**や**附加価値(治水 +  $\alpha$ )**を勘案した方策, **既存施設の機能を最大限引き出す方策**, **既存施設の改良・改築**によって効果を上げる方策, 機械学習といった情報関連技術など**先端技術**の導入による方策 など
- ・ 災害復旧対応力の維持 技術+体制+マインド(心技体) **積極的PR**による社会の認知度向上

など