近年の豪雨災害を踏まえた洪水時の危機管理について

室蘭工業大学　中津川　誠

1981年8月　通称56水害

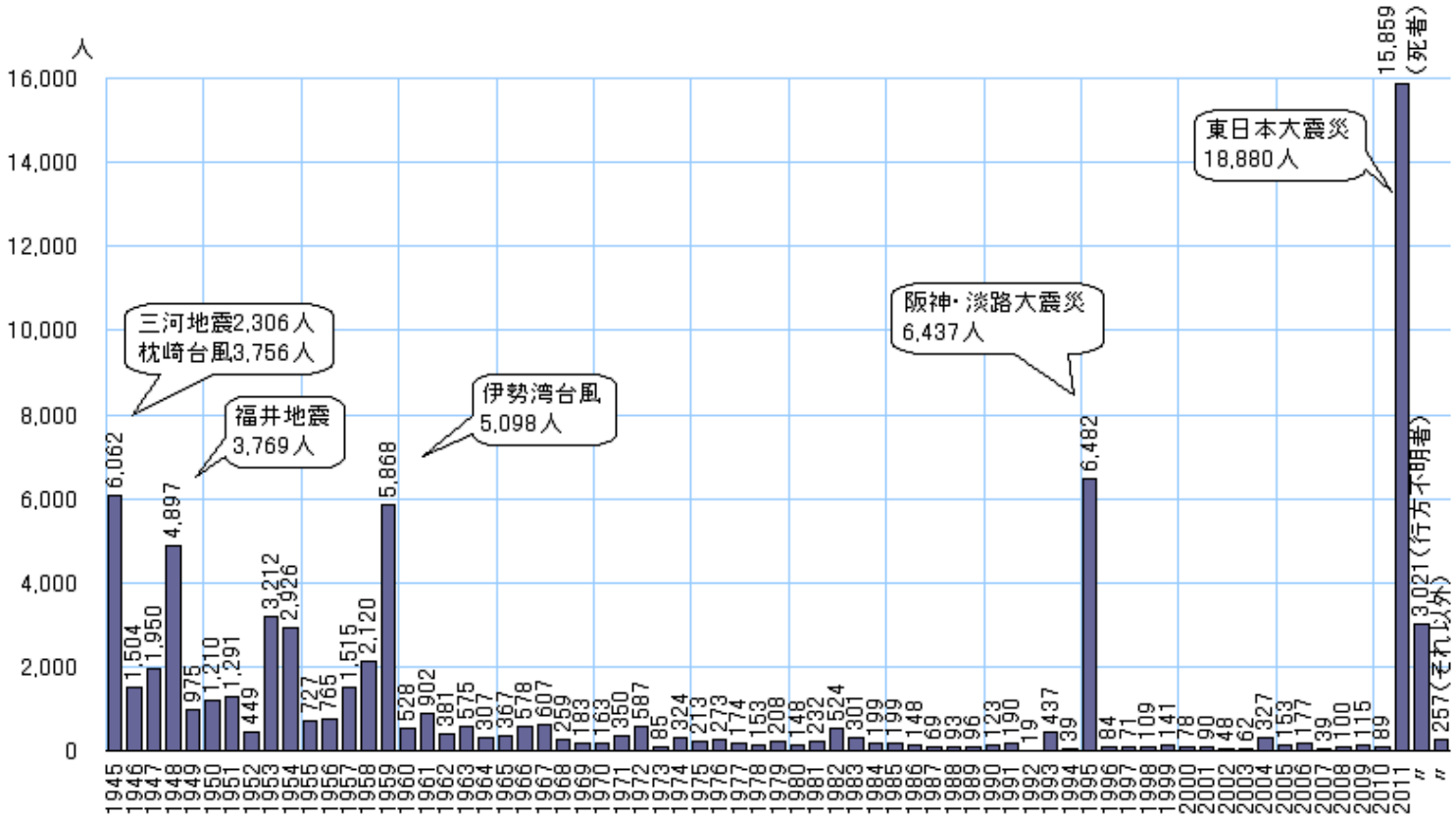
国土交通省　北海道開発局HPより

国土交通省　水管理・国土保全局HPより

国土交通省　北海道開発局より

自然災害による犠牲者

自然災害による死者・行方不明者数の推移

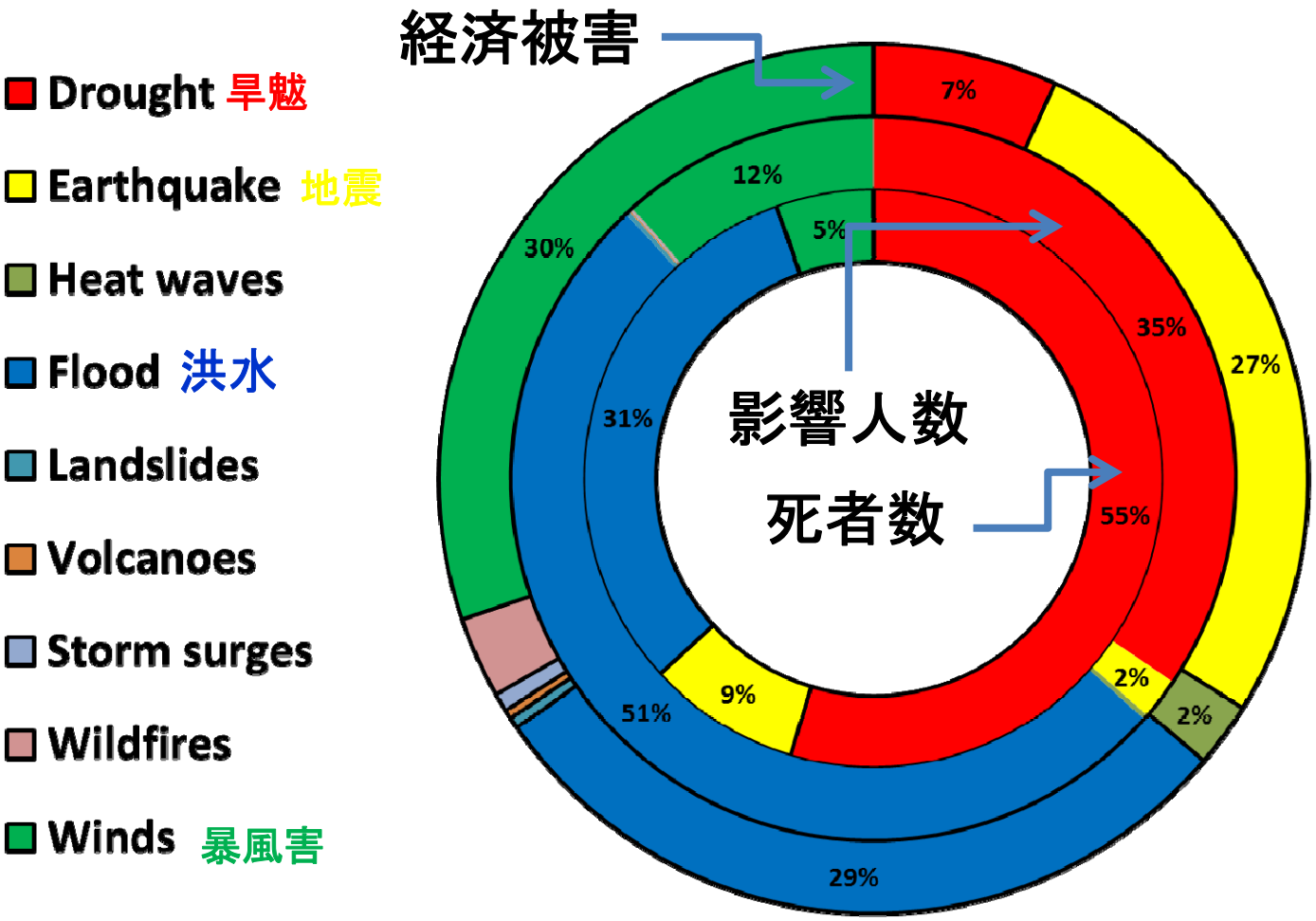


（注）　1945年は主な災害による死者・行方不明者（理科年表による）。46～52年は日本気象災害年報，53～62年は警察庁資料，63年以降は消防庁資料に基づき内閣府作成。1995年の死者のうち，阪神・淡路大震災の死者については，いわゆる関連死919名を含む（兵庫県資料）。2011年の死者・行方不明者は速報値。2011年の東日本大震災の死者・行方不明者については，警察庁資料（平成24年5月30日現在）による。

（資料）平成24年版防災白書

世界の自然災害被害　1900-2004

世界的には風水害が地震よりも深刻

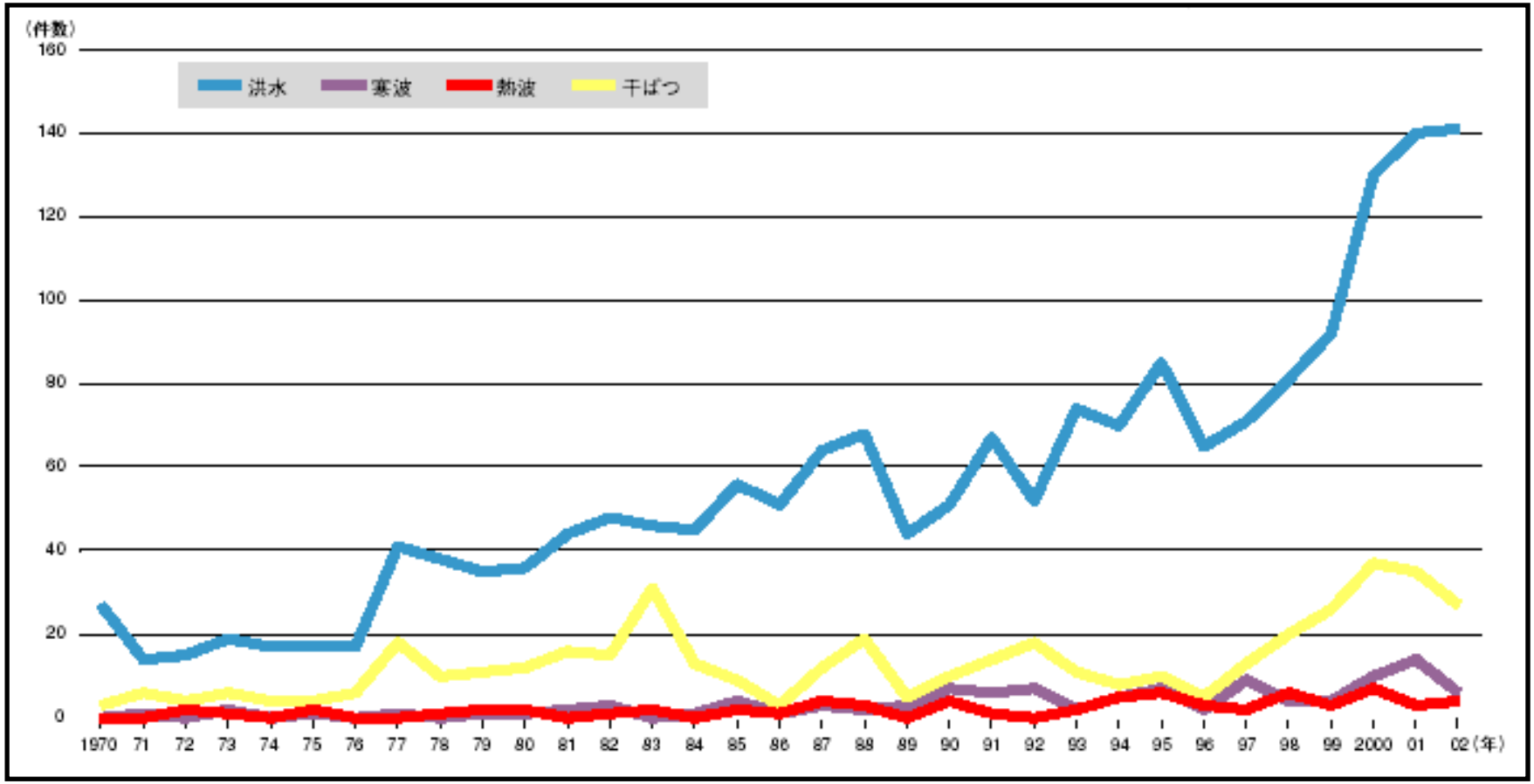


（Data from Below et al., 2007, Sheffield and Wood, 2011）

『水危機 ほんとうの話（沖）』（152頁付近）

異常気象の発生件数

EM-DAT（The OFDA／CRED International Disaster Database）のデータを基にした1970年～2002 年の異常気象の発生状況



注）EM-DATのデータは、発生数において 10人以上の死亡者，100人以上の被災者，非常事態の宣言，国際援助の要請といった4つの基準のうち，少なくとも1つを満たさなければならない．

出典）国土交通省，国立環境研究所「地球温暖化の市民生活への影響調査報告書平成15年度」

広島　2014年8月

関東・東北　2015年9月　鬼怒川ほか

Google earth

国土交通省関東地方整備局

毎年日本のどこかで起きる豪雨災害
北海道も例外ではなかった！

：

2011. 7　新潟・福島豪雨

2011. 9　紀伊半島豪雨

2012. 7　九州北部豪雨

2013. 9　京都・滋賀豪雨

2013.10　伊豆大島豪雨

2014. 8　広島豪雨

2015. 9　関東・東北豪雨

2016. 8　北海道・東北豪雨

2016年8月北海道豪雨災害の概要

2016年8月17日から8月23日の1週間に7号，11号，9号の3個の台風が続々と北海道に上陸し，北海道東部を中心に大雨により河川の氾濫や土砂災害が発生した。また，8月29日からの前線と台風10号の接近による大雨で十勝川水系や石狩川水系・空知川上流で堤防の決壊や河川の氾濫，日高山脈東側での道路や橋梁の流失などが相次ぎ，大きな災害となった。

大雨で発生した被害は10月11日現在で，人的被害が死者4名および行方不明者2名ほか、住家被害が全壊29棟、床上浸水273件および床下浸水989件ほかとなっており、住民避難については最大687個所の避難所が開設され、最大11,176名の避難者があった。ライフラインについては、道路、鉄道、電気および水道に大きな被害が及んだ。国道では道央と道東を結ぶ幹線の274号線の開通は2017年秋以降との見通しが示されているほか、鉄道も至る所で橋梁の流出等で大きな損傷を受け、とくに根室本線の不通により札幌と帯広・釧路を結ぶ特急も長期間の運休を余儀なくされた。なお、この区間は2016年12月に開通した。さらに産業被害については、基幹産業の農業に40,258haにわたる被害が出ているほか、水産業、林業、商業および工業にも被害が及んでいる。

このような人的・物的に甚大な被害発生を受け，国は今次災害を復旧事業の国の補助率をかさ上げして被災自治体の財政支援を後押しする激甚災害へ指定した。

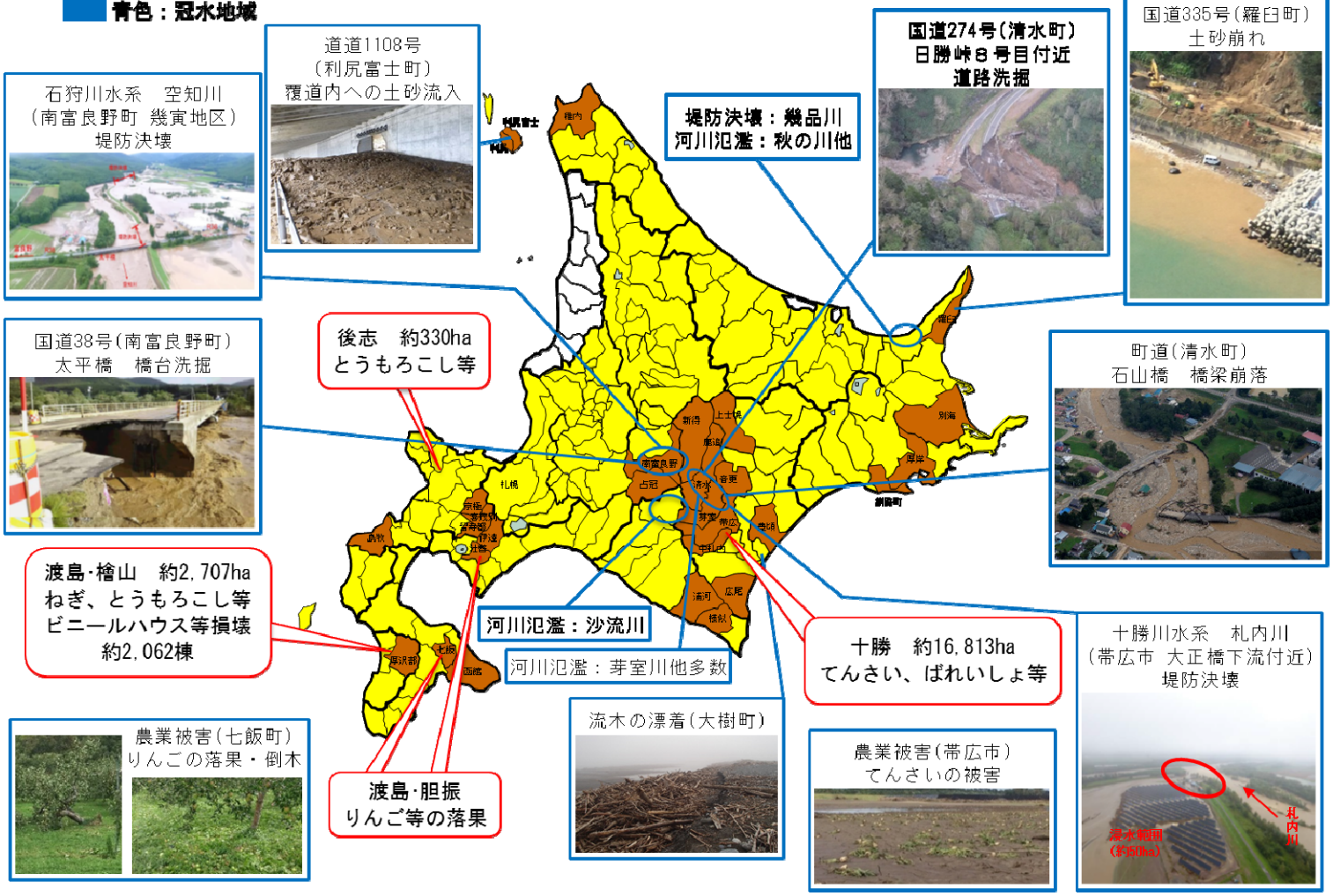
北海道総務部危機対策課：平成28年8月から9月にかけての大雨等災害について，
第1回災害検証委員会資料2，2016.10.26　より

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

北海道・東北　2016年8月　空知川ほか

写真：株式会社パスコ

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）

国土交通省・北海道開発局，平成28年夏の大雨による被災状況等について，2017.1.23より

2016年8月北海道豪雨災害の概要

国道274号線　道央～道東を結ぶ大動脈の壊滅的被害

北海道開発局

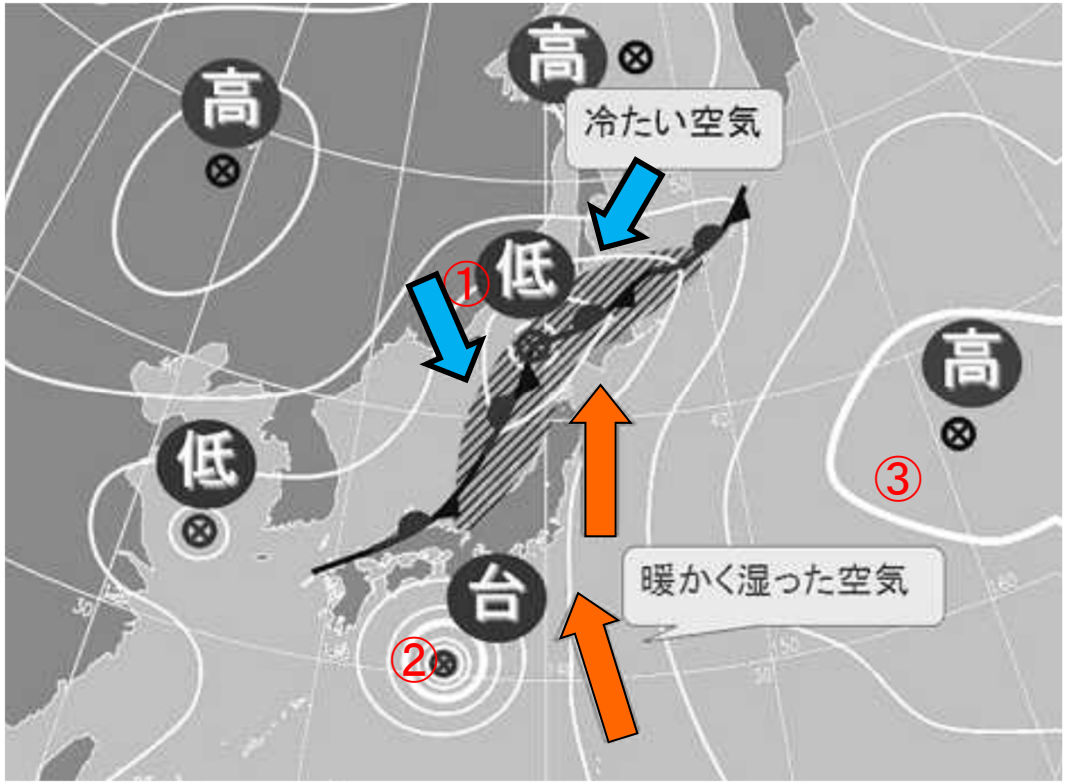
④国道274号　日高町　三国の沢覆道（H28.9.3の状況）

©北海道開発局

⑦国道274号　日高町　道路調査の状況（H28.9.4）

©北海道開発局

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

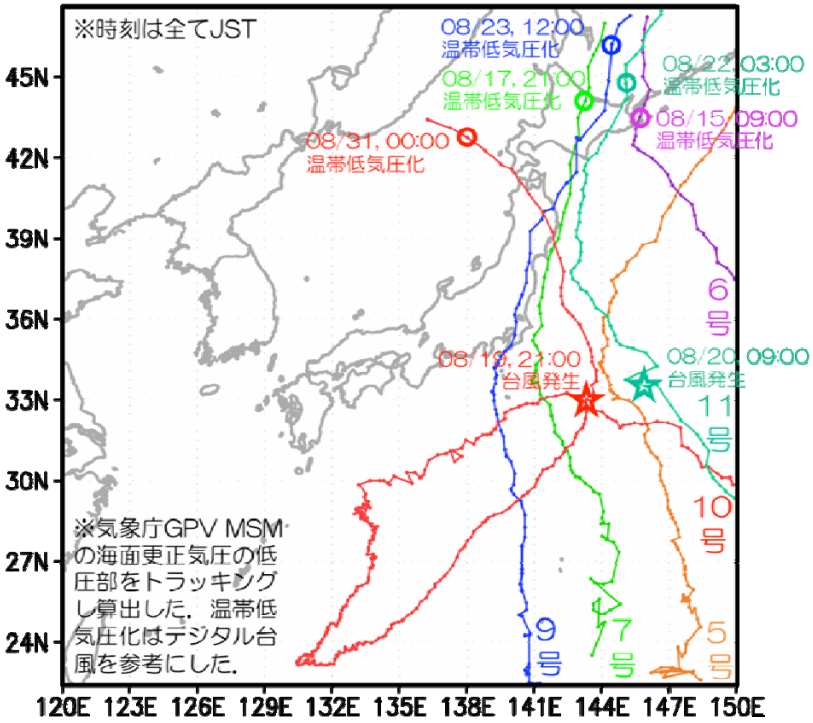
③日本の東海上に高気圧
　長時間継続と水の輸送路

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

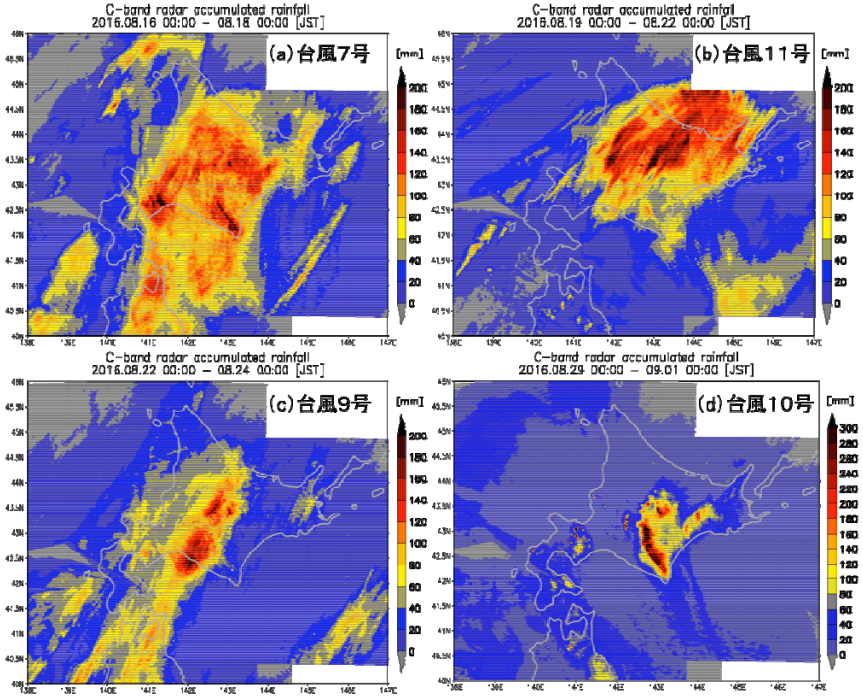
2016年8月北海道豪雨の概要と特徴

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，〇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

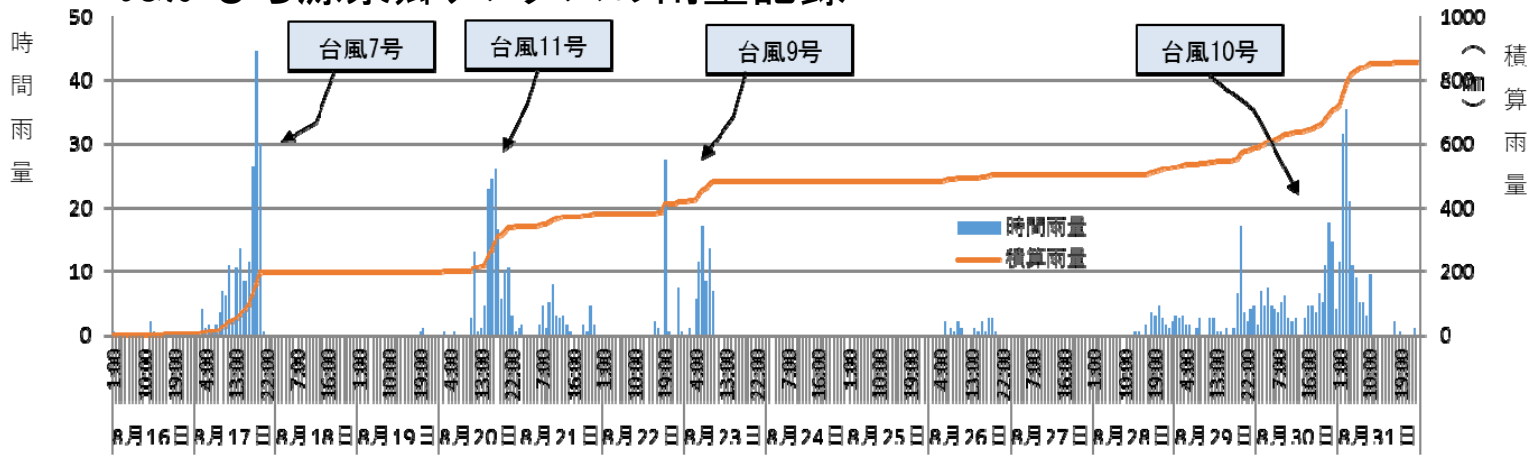


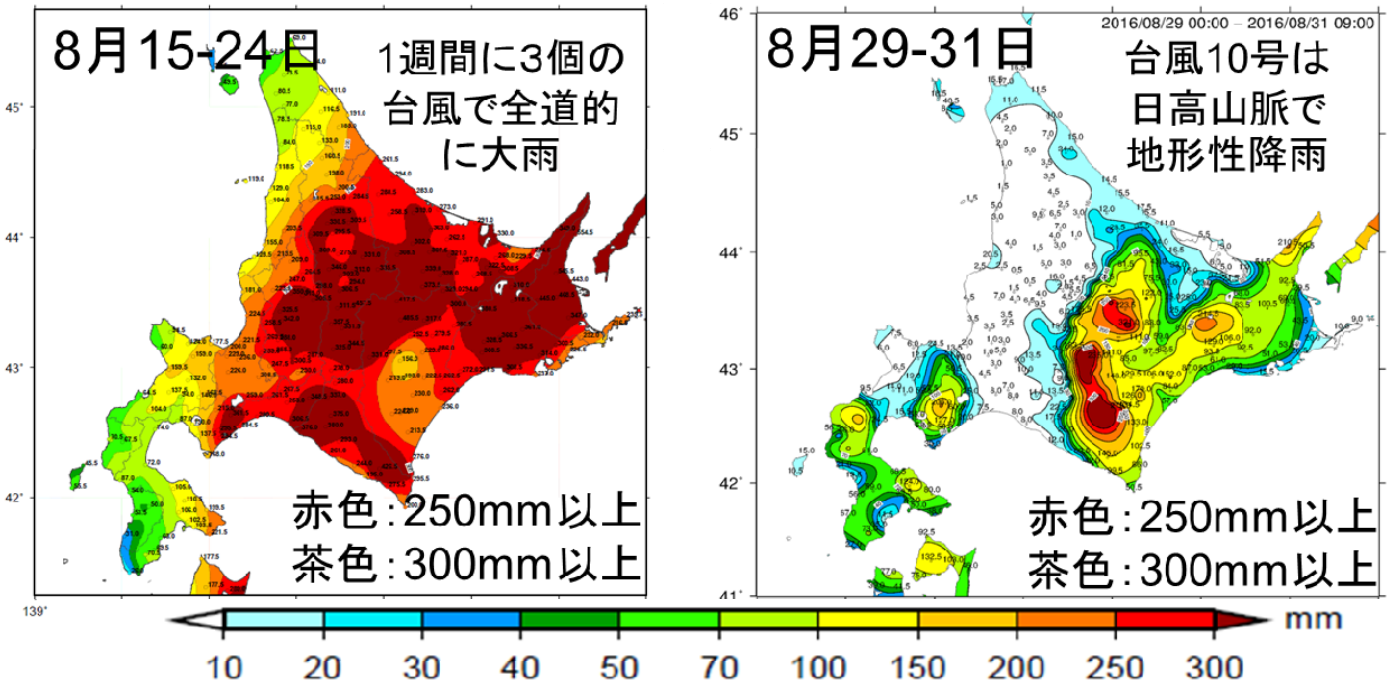
＊（d）のカラーバーは範囲が０～３００mmとなっている．

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



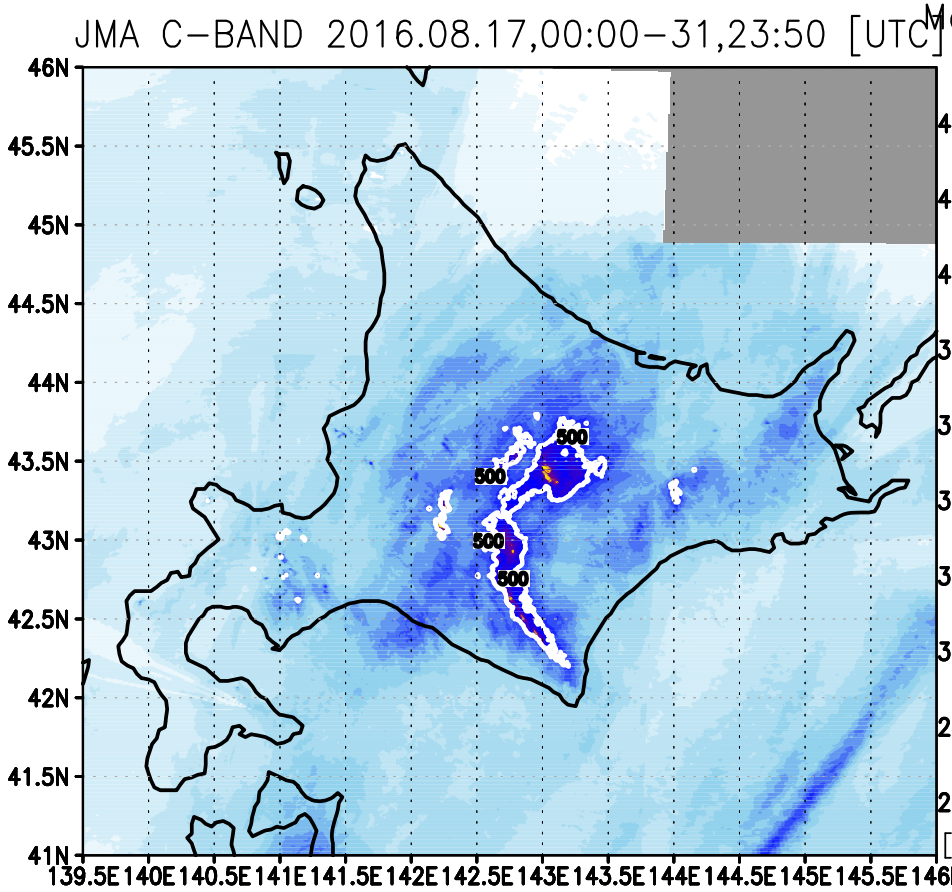


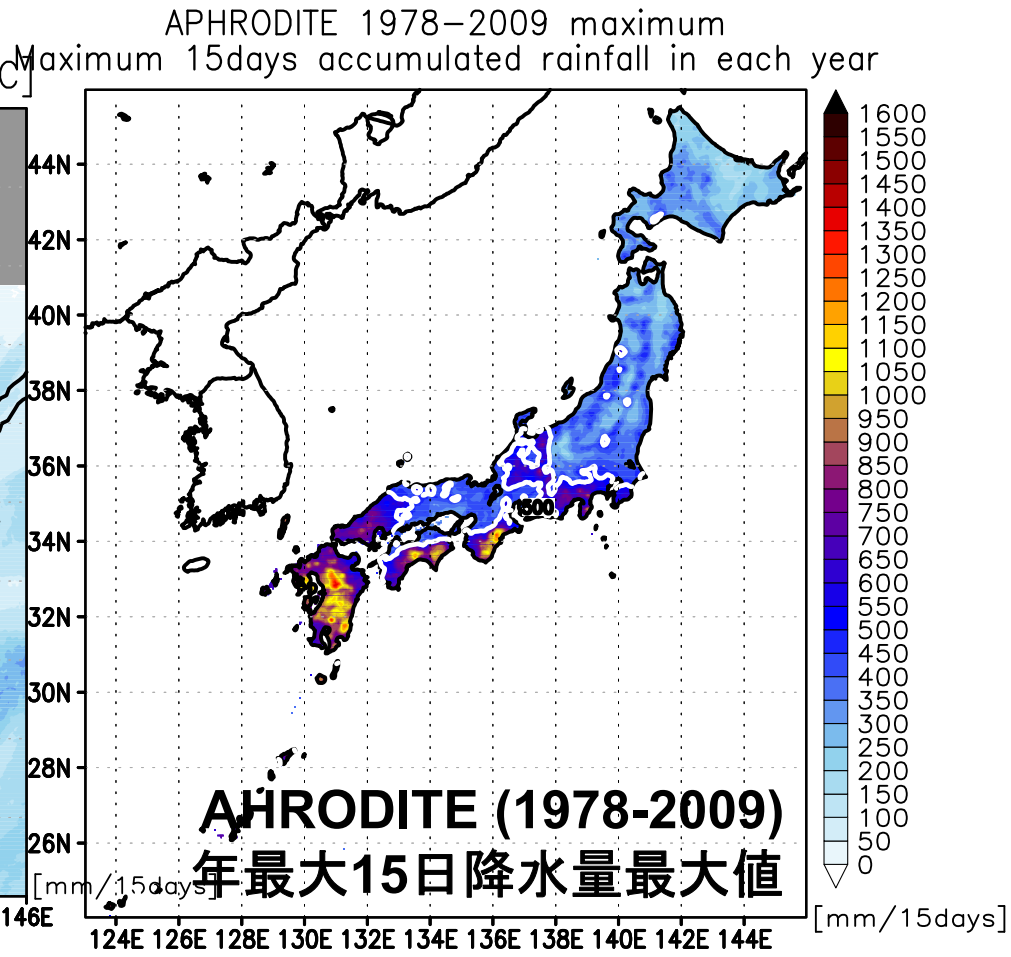
松岡直基氏（日本気象協会）作成資料より

降雨の規模　15日間の積算

一連の4つの台風は15日間で大雨をもたらした.
今回の豪雨は**関東・中部地域と同等規模**の降雨量.

※図中白の実線は500[mm/15days]

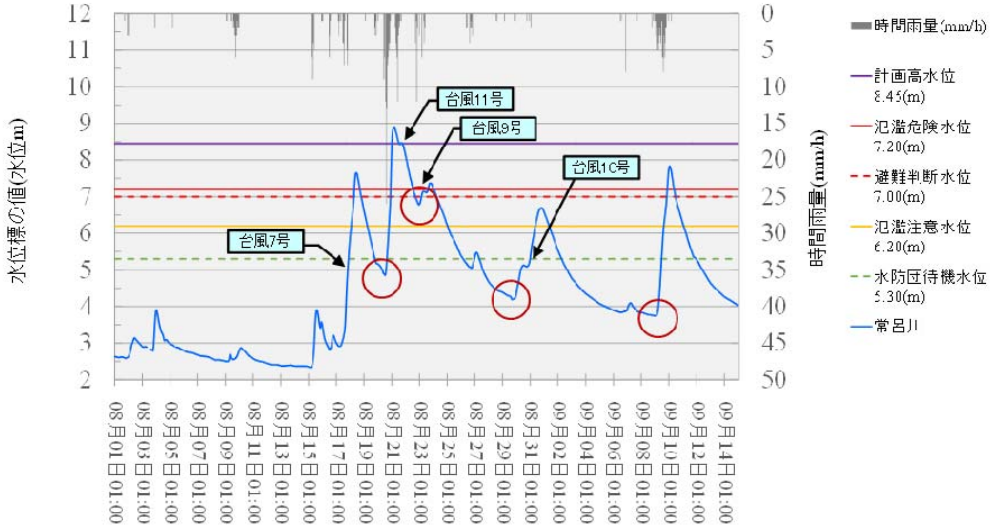




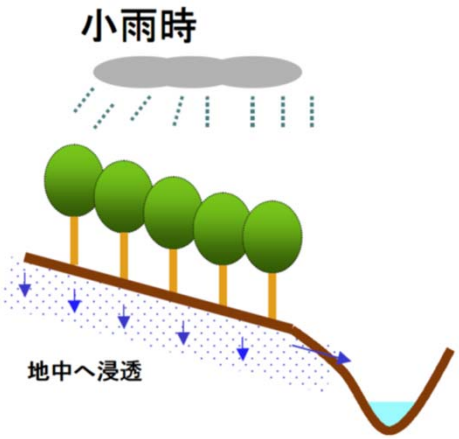
北大・山田朋人准教授の資料より

洪水流出の特徴 繰り返す大雨による流出のイメージ

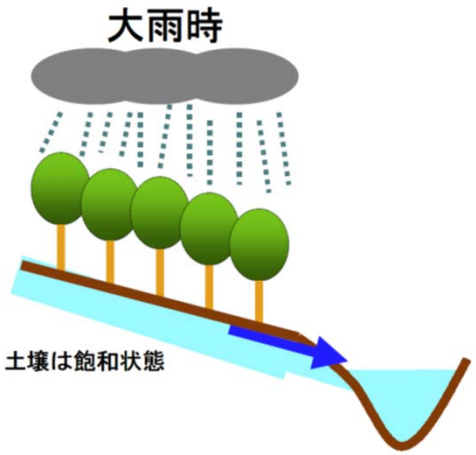
常呂川流域 上川沿地点水位（2016/8/1～2016/9/14）



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

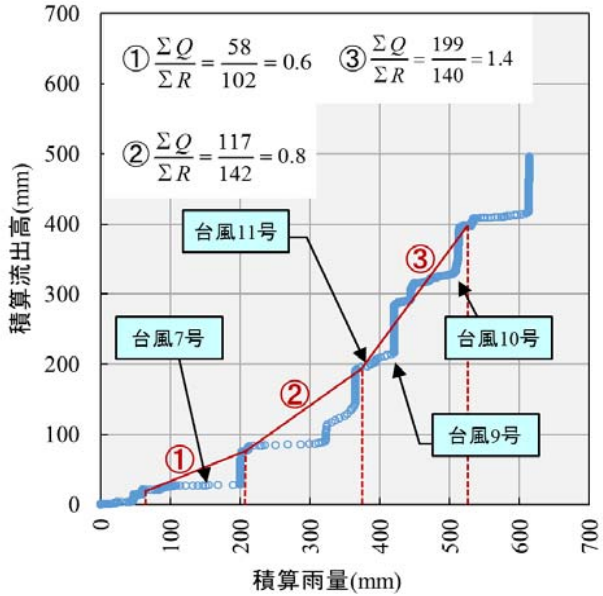


小雨時には、雨は地中に浸透し直接流れ出る量は少ない。



大雨では、土壌が飽和状態となり、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

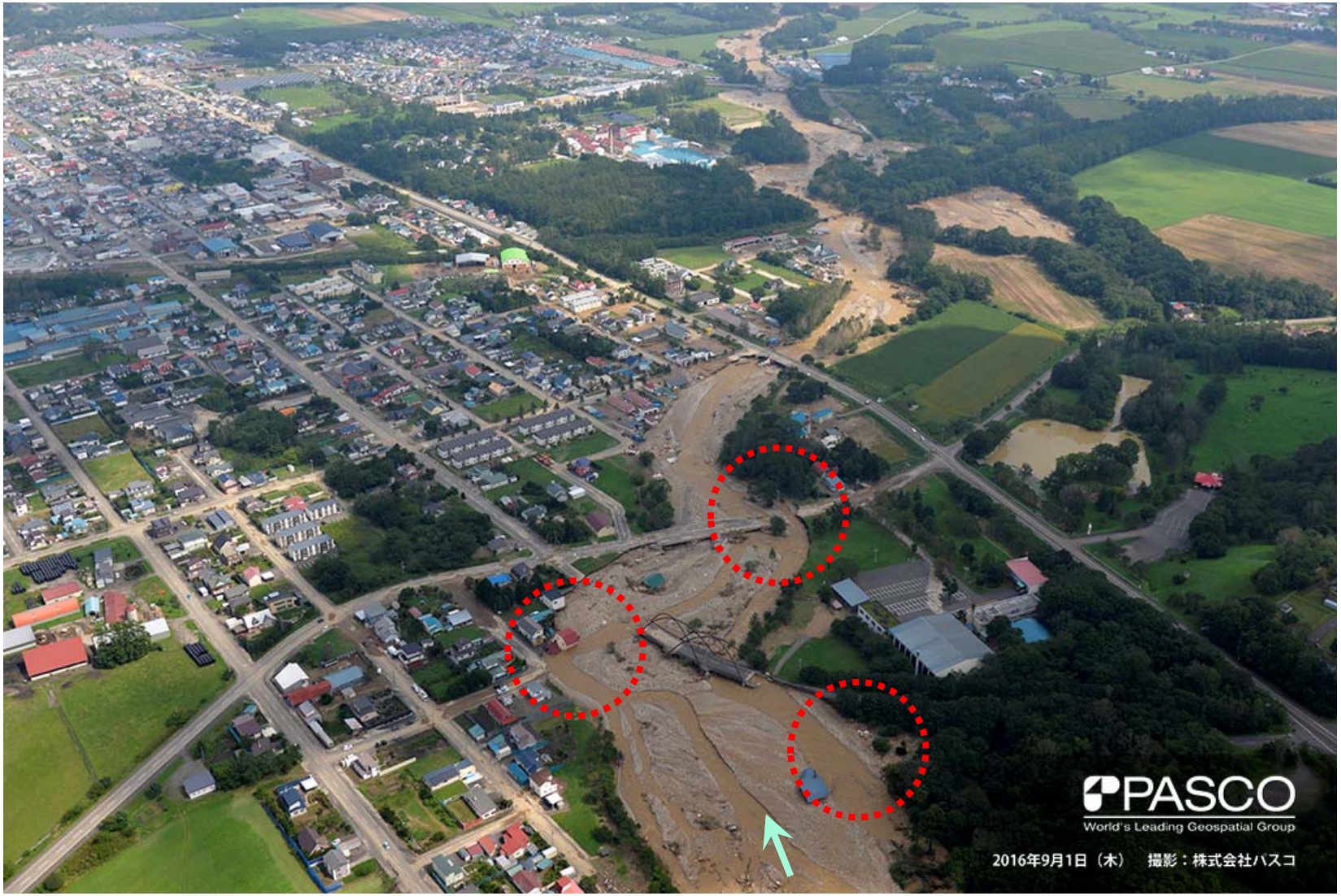


中津川誠（室蘭工業大学）作成

新得町　パンケ新得川の河岸浸食・JR橋の被災

写真：株式会社パスコ

清水町　ペケレベツ川の河岸浸食・住宅被害



写真：株式会社パスコ

北海道南富良野町での堤防決壊と氾濫

空知川（そらちがわ） 堤防決壊状況

国土交通省
北海道開発局
札幌開発建設部

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）

考えるべきこと　本来の川の姿を知る

空知川の
河道の変遷

©Google

1948年
空中写真

©国土地理院

考えるべきこと　本来の川の姿を知る

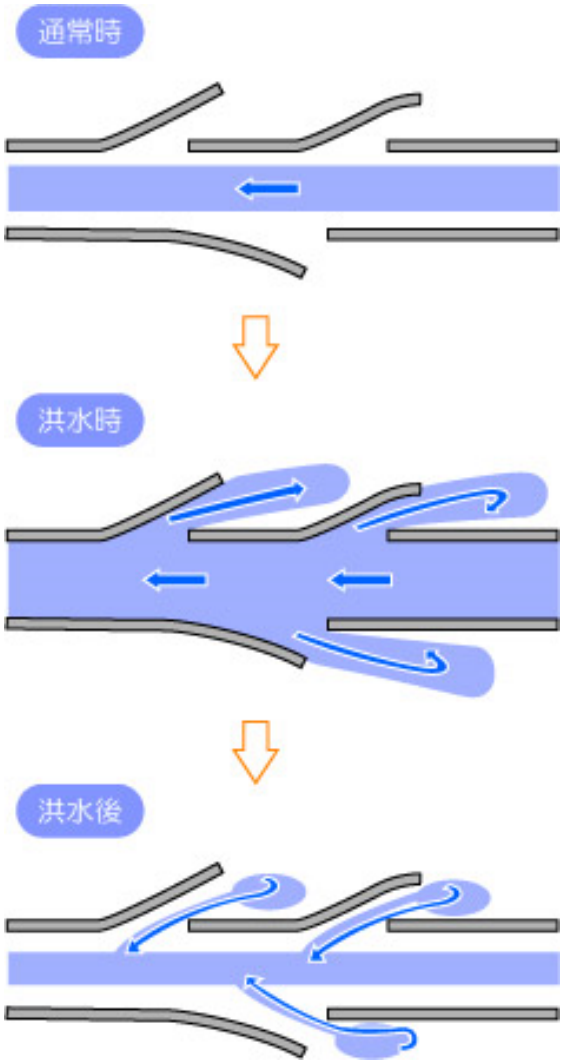
胆振幌別川の河道の変遷

国土地理院　1948年空中写真

国土地理院　2009年空中写真

考えるべきこと
温故知新

霞提



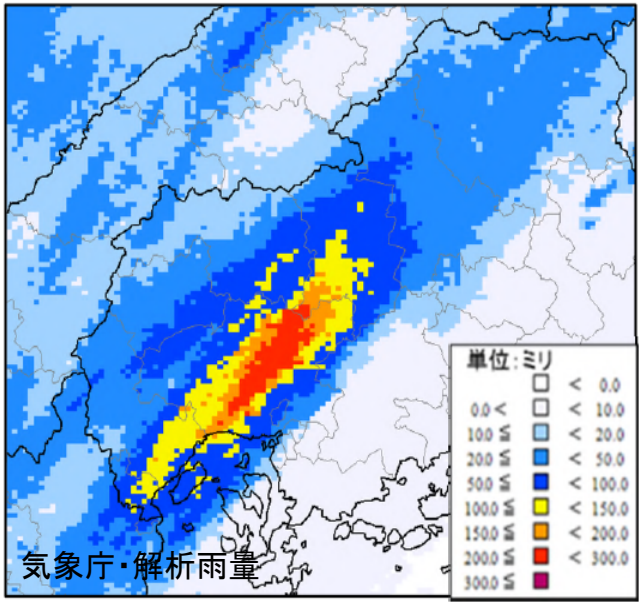
手取川

（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

台風だけでない！　線状降水帯の脅威

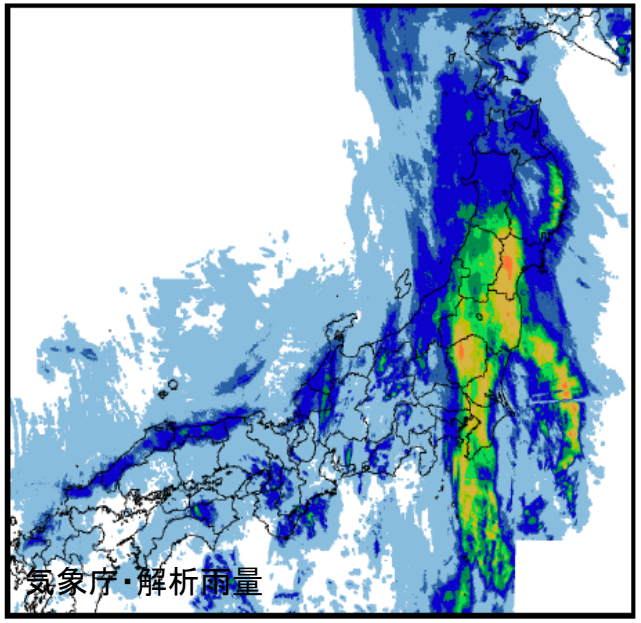
2014年広島豪雨

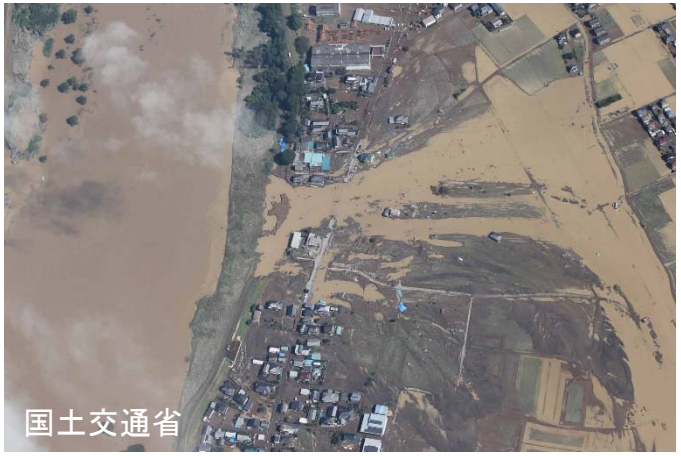
8 月 19 日 12 時～20 日 12 時



2015年関東・東北豪雨

9 月 10 日

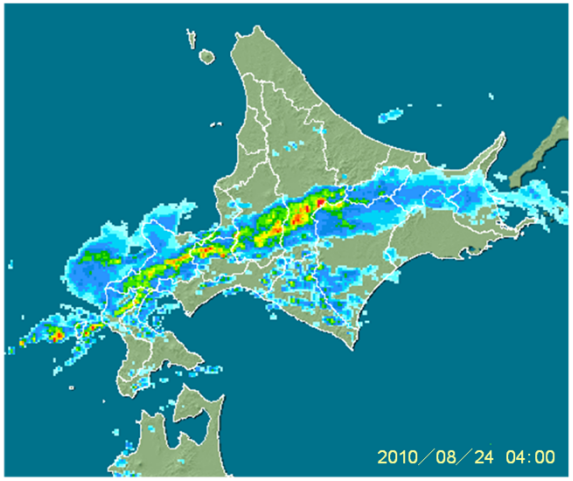




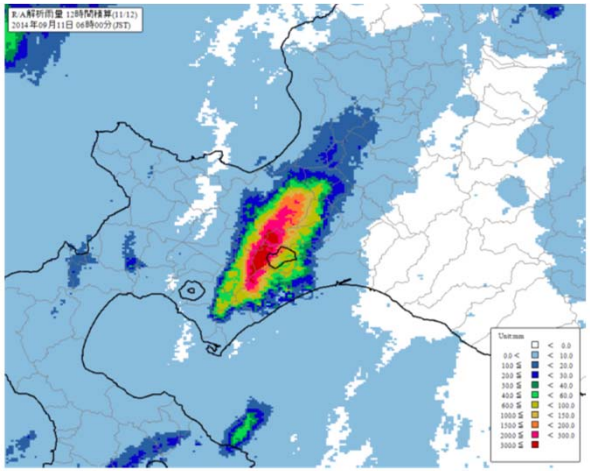
台風だけでない！　線状降水帯の脅威
北海道でも！

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



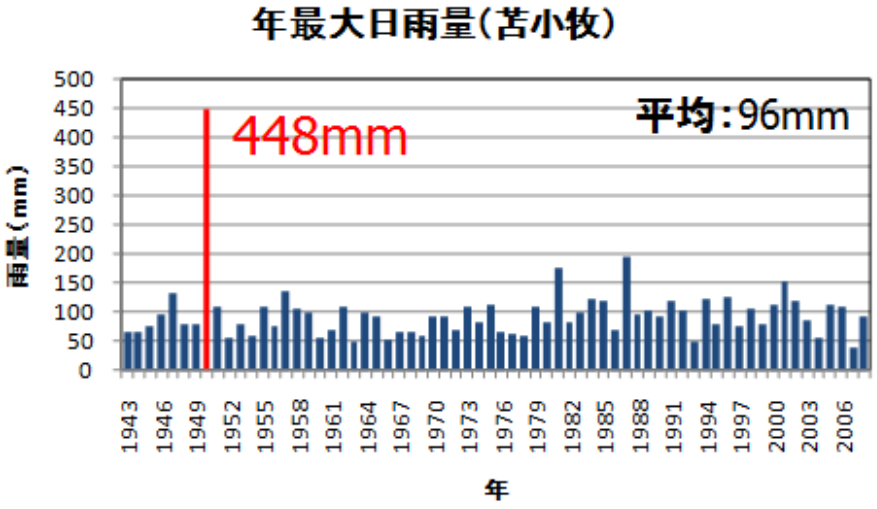
【レーダーエコー】
～1mm/h
1～2mm/h
2～4mm/h
4～8mm/h
8～12mm/h
12～16mm/h
16～24mm/h
24～32mm/h
32～40mm/h
40～48mm/h
48～56mm/h
56～64mm/h
64～80mm/h
80mm/h～
不明

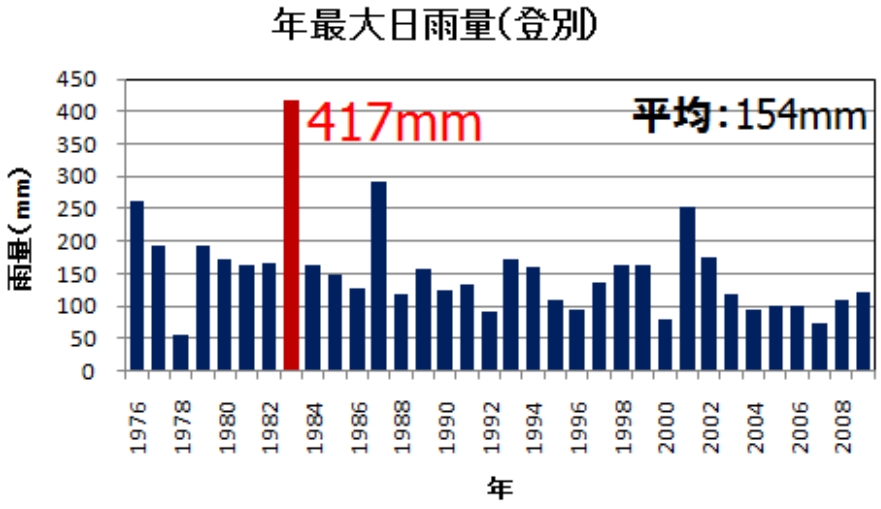


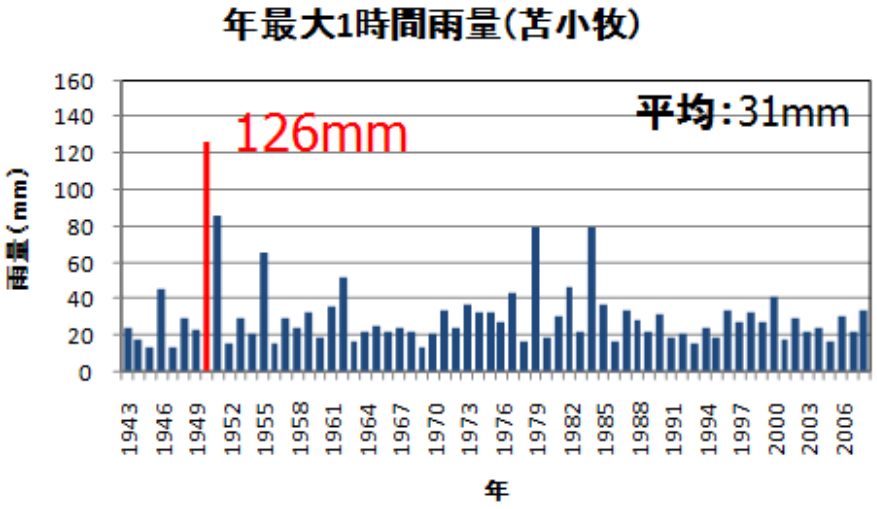
2014年9月10日19時～11日06時までの12時間降水量分布
気象庁作成資料

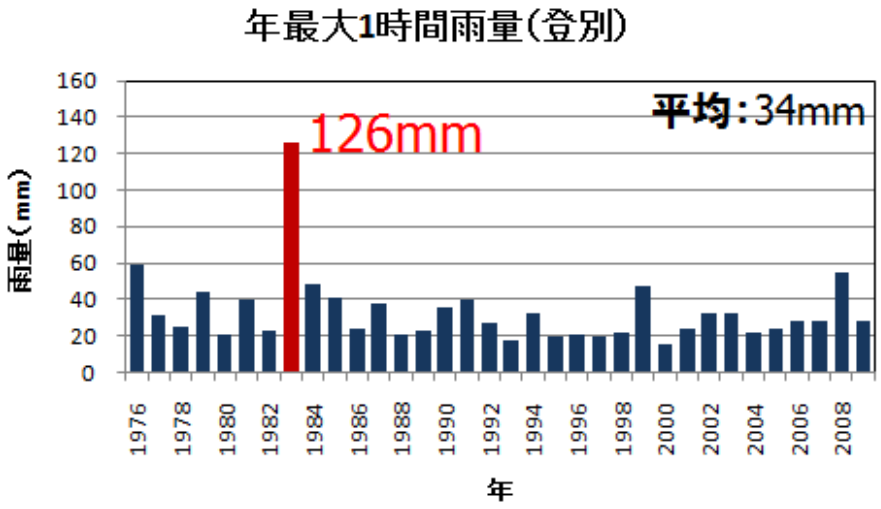
資料は松岡直基氏（日本気象協会）より提供

このようなことも起きる！　極端現象!?









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

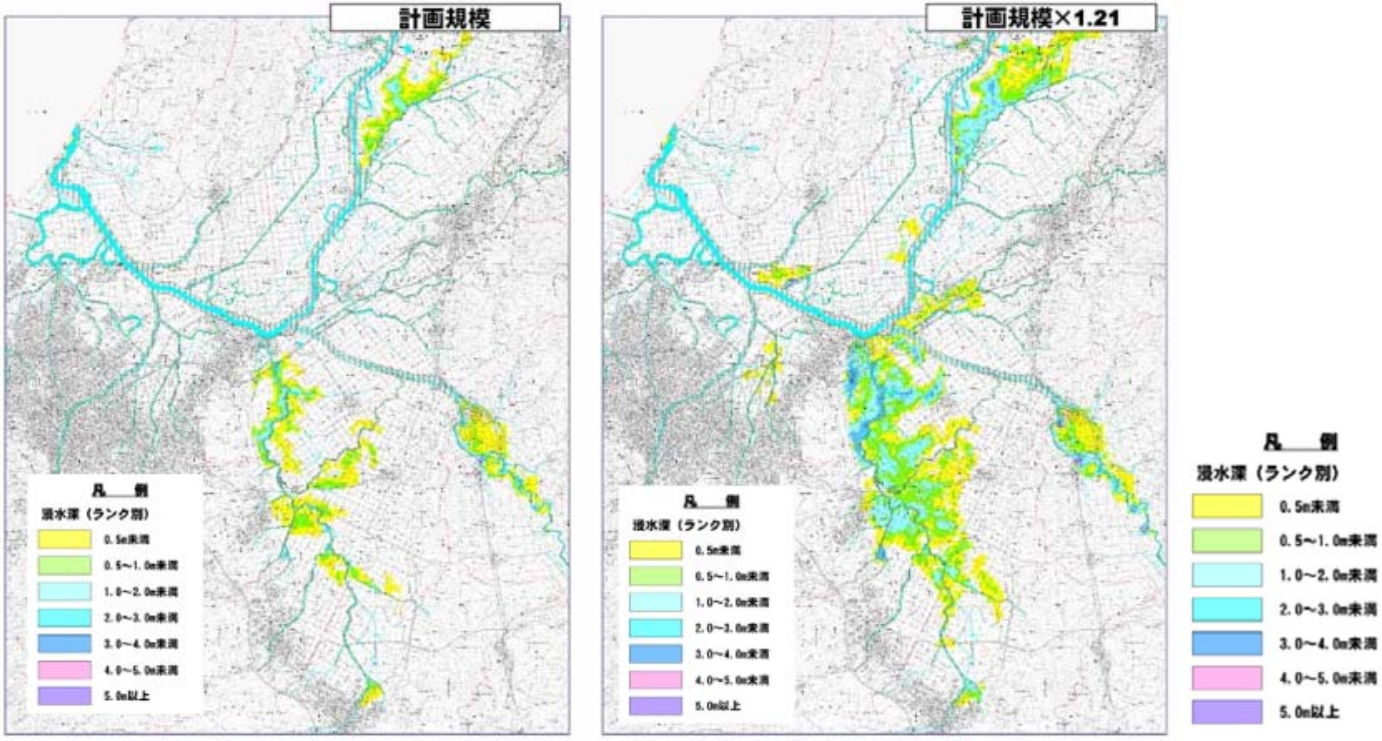
2000年5月の豪雨時

2016年5月の平常時

さらに！　今後の地球温暖化で予想される大雨災害

- IPCC第5次報告書によると，**地球平均気温の2℃上昇**は避けられない．
- 日本では北ほど気温上昇は高い（気象庁地球温暖化情報第8巻）．
- 地球の平均気温が2℃上昇した際，北海道内の主要流域では**年最大雨量は増加（1.2倍）**となり，石狩川流域では**浸水面積は2.2倍**との予測結果（文科省RECCA北海道による）．

石狩川流域の浸水想定区域の変化　北海道開発局札幌開発建設部報告書より



IPCC第5次評価報告書の概要

(参考)日本における影響例

農作物

米が白濁するなど品質の低下が頻発。

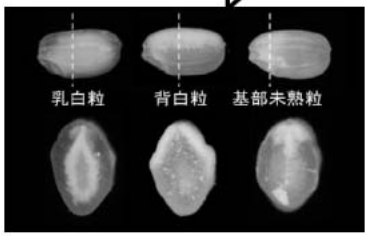


図1. 水稲の白未熟粒

洪　水

図2. 洪水被害の事例

熱中症・感染症

2013年夏、20都市・地区計で**15,189人**の熱中症患者が救急車で病院に運ばれた。
（国立環境研究所　熱中症患者情報速報 平成25年度報告書より）

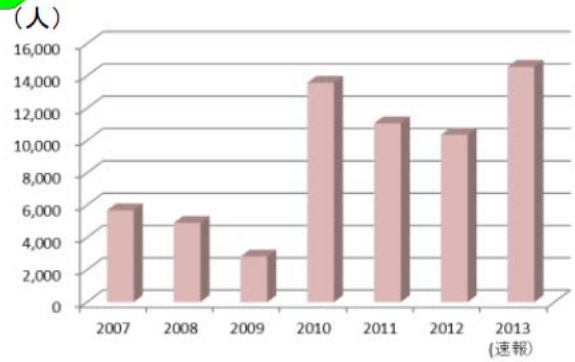


図3. 吸血中のヒトスジシマカ

デング熱の媒介生物である
ヒトスジシマカの分布域北上

生態系

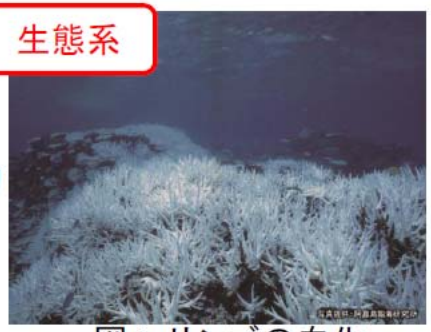


図4. サンゴの白化

異常気象の頻発

出典：図1.九州沖縄農業研究センター提供、図2.国土交通省中部地方整備局提供
図3. 国立感染症研究所提供、図4.阿嘉島臨海研究所提供

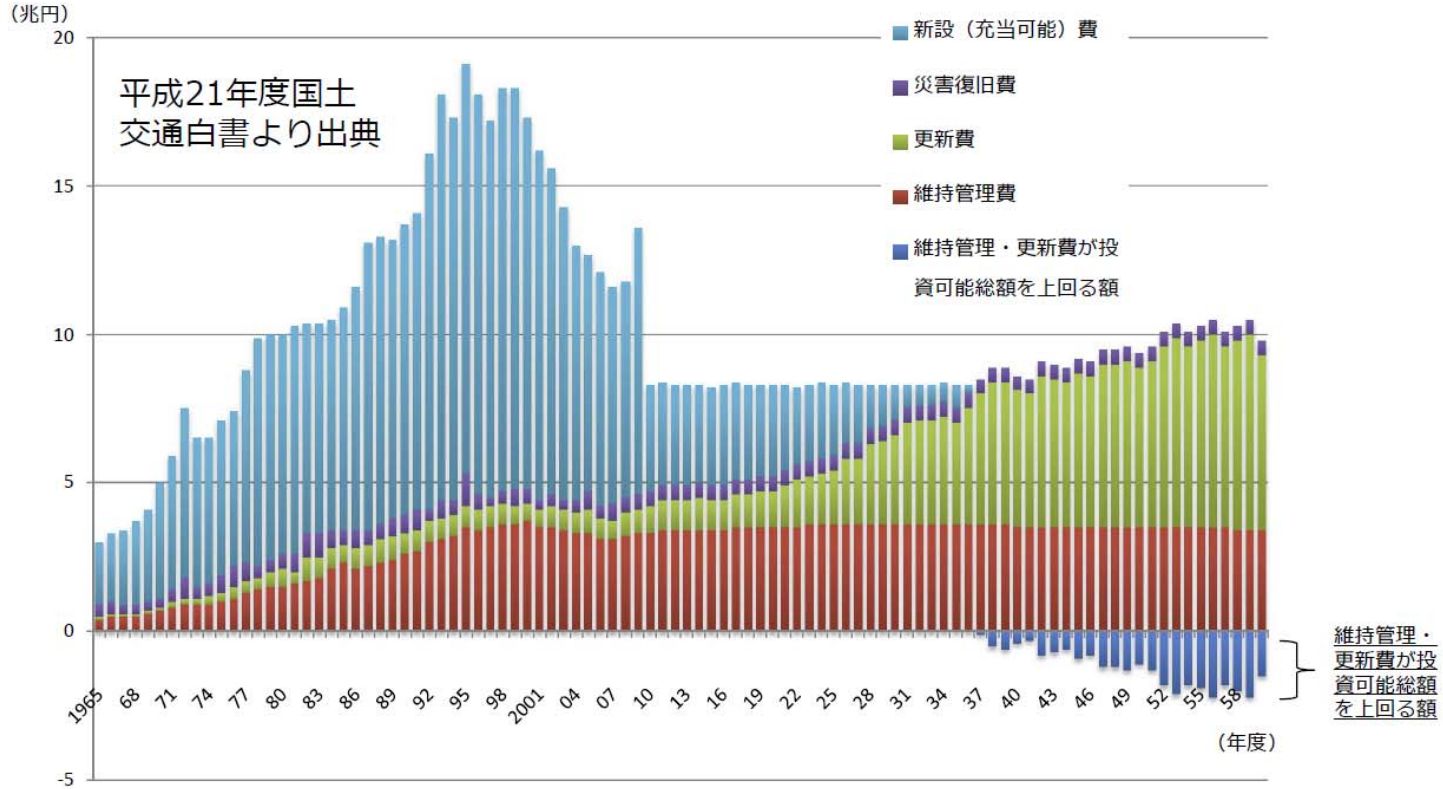
環境省　IPCC第5次評価報告書の概要2014年12月版より

一方で！　無視できない与条件

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

維持管理・更新費の推計（従来通りの維持管理・更新をした場合）

今後の投資可能総額の伸びが2010年度以降対前年度比±0%で、維持管理・更新に関して今まで通りの対応をした場合。
維持管理・更新費が投資総額に占める割合は、2010年度時点で50%であるが、2037年度時点で投資可能総額を上回る。

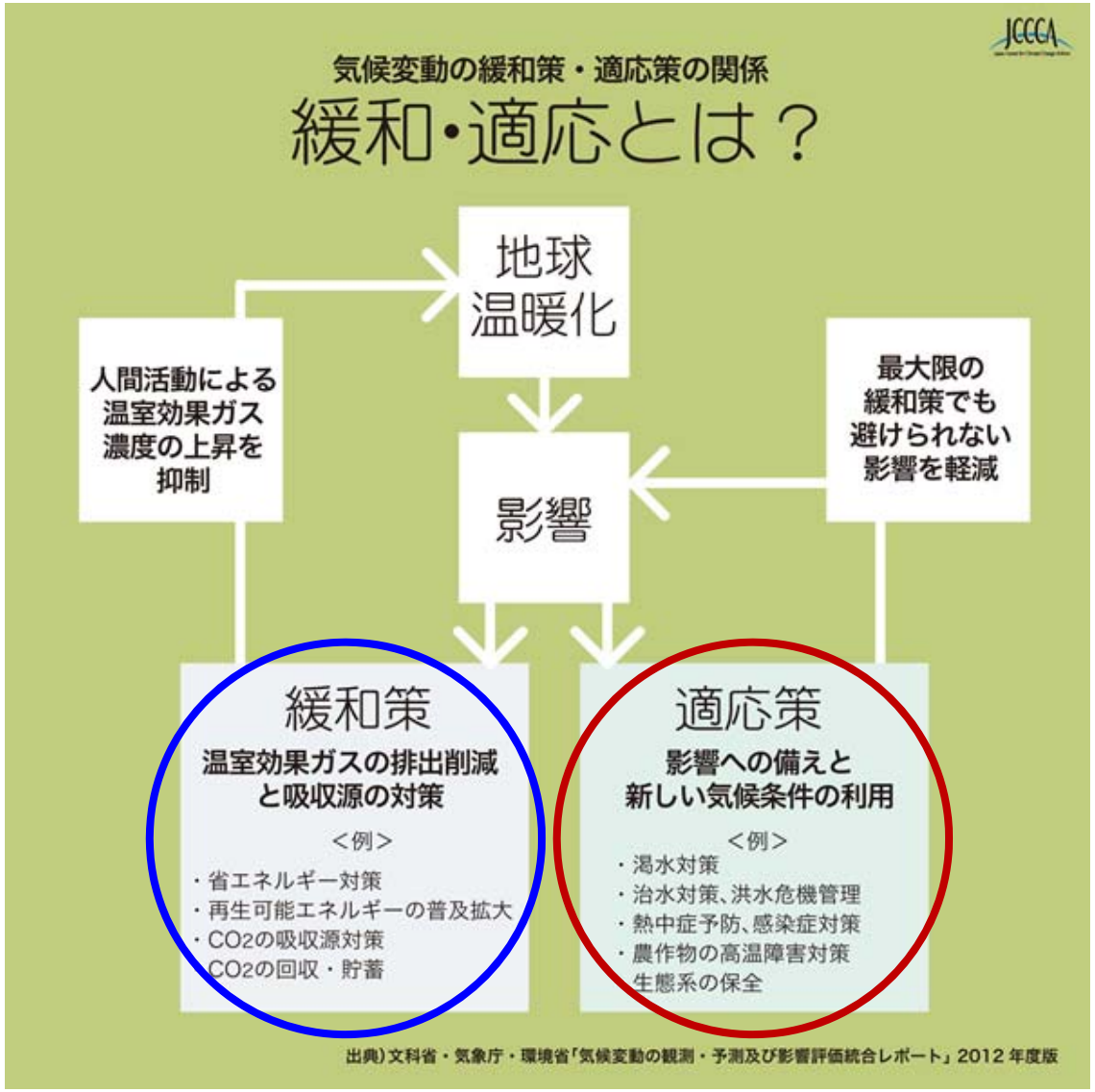


（注）推計方法について
国土交通省所管の8分野（道路、港湾、空港、公共賃貸住宅、下水道、都市公園、治水、海岸）の直轄・補助・地単事業を対象に、2011年度以降につき次のような設定を行い、推計。
・更新費は、耐用年数を経過した後、同一機能で更新すると仮定し、当初新設費を基準に更新費の実態を踏まえて設定。耐用年数は、税法上の耐用年数を示す財務省令を基に、それぞれの施設の更新の実態を踏まえて設定。
・維持管理費は、社会資本のストック額との相関に基づき推計。（なお、更新費・維持管理費は、近年のコスト縮減の取組み実績を反映）
・災害復旧費は、過去の年平均額を設定
・新設（充当可能）費は。投資可能総額から維持管理費、更新費、災害復旧費を差し引いた額であり、新設需要を示したものではない。
・用地費・補償費を含まない。各高速道路会社等の独法等を含まない。

出典：平成21年度国土交通白書

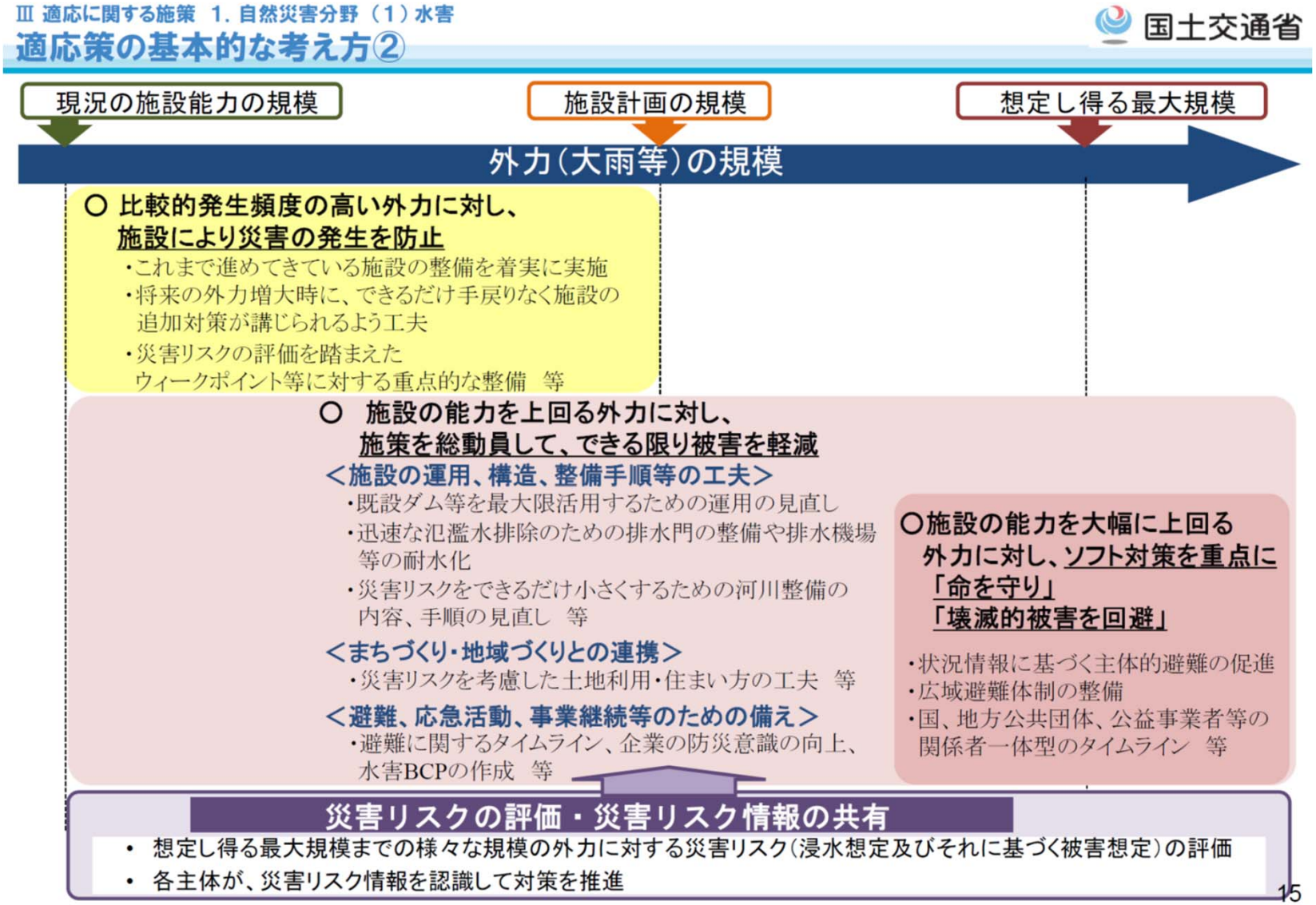
内閣府HPより

温暖化対策の考え方～緩和策と適応策



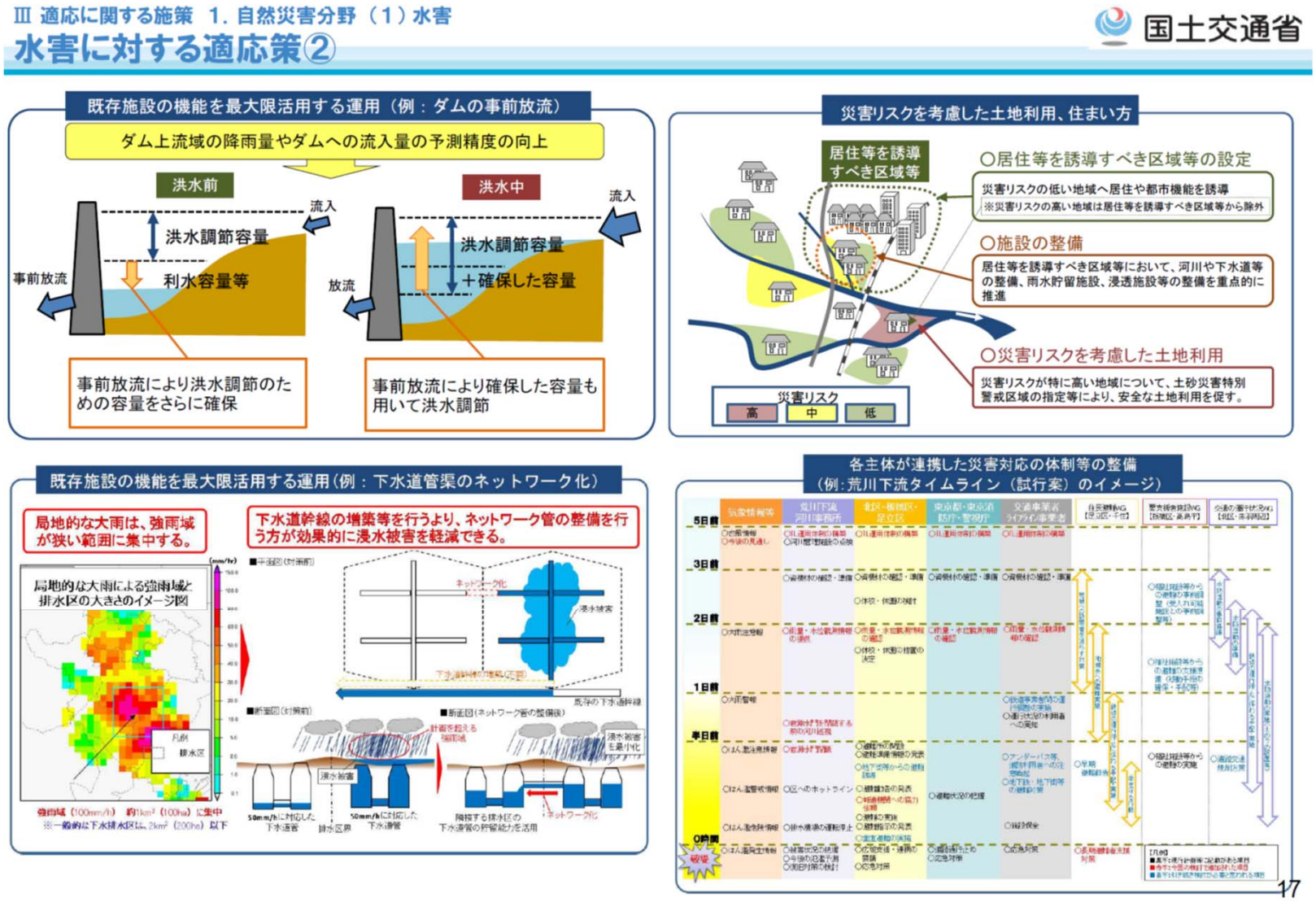
(C) 2013 JCCCA 全国地球温暖化防止活動推進センター

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



©国土交通省 気候変動適応計画参考資料（2015.11）
（http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_fr_000130.html）

水害に対する適応策～施策
国土交通省気候変動適応計画



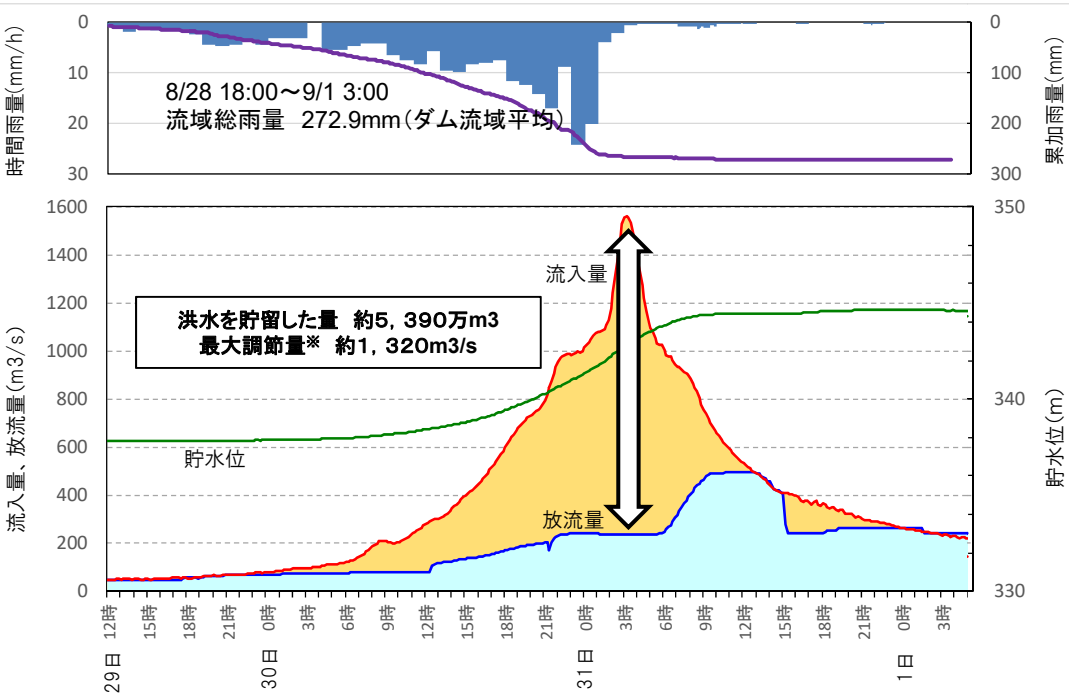
©国土交通省　気候変動適応計画参考資料(2015.11)
（http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_fr_000130.html）

既存施設の機能

2016年8月洪水時のダム運用状況

金山ダムでは 8月17日～31日に4度の洪水調節を実施．特に上流の幾寅地区が決壊した8月29日～9月1日には1,500m^3/sを超える流入量に対し，1,320m^3/sの調節効果を発揮した．

金山ダム洪水調節状況（8月29日～9月1日）



金山ダム貯水状況（8月31日撮影）

北海道開発局提供資料より作成

想定を超える洪水も　2000.9東海恵南豪雨時の矢作川

洪水調節中の矢作ダム

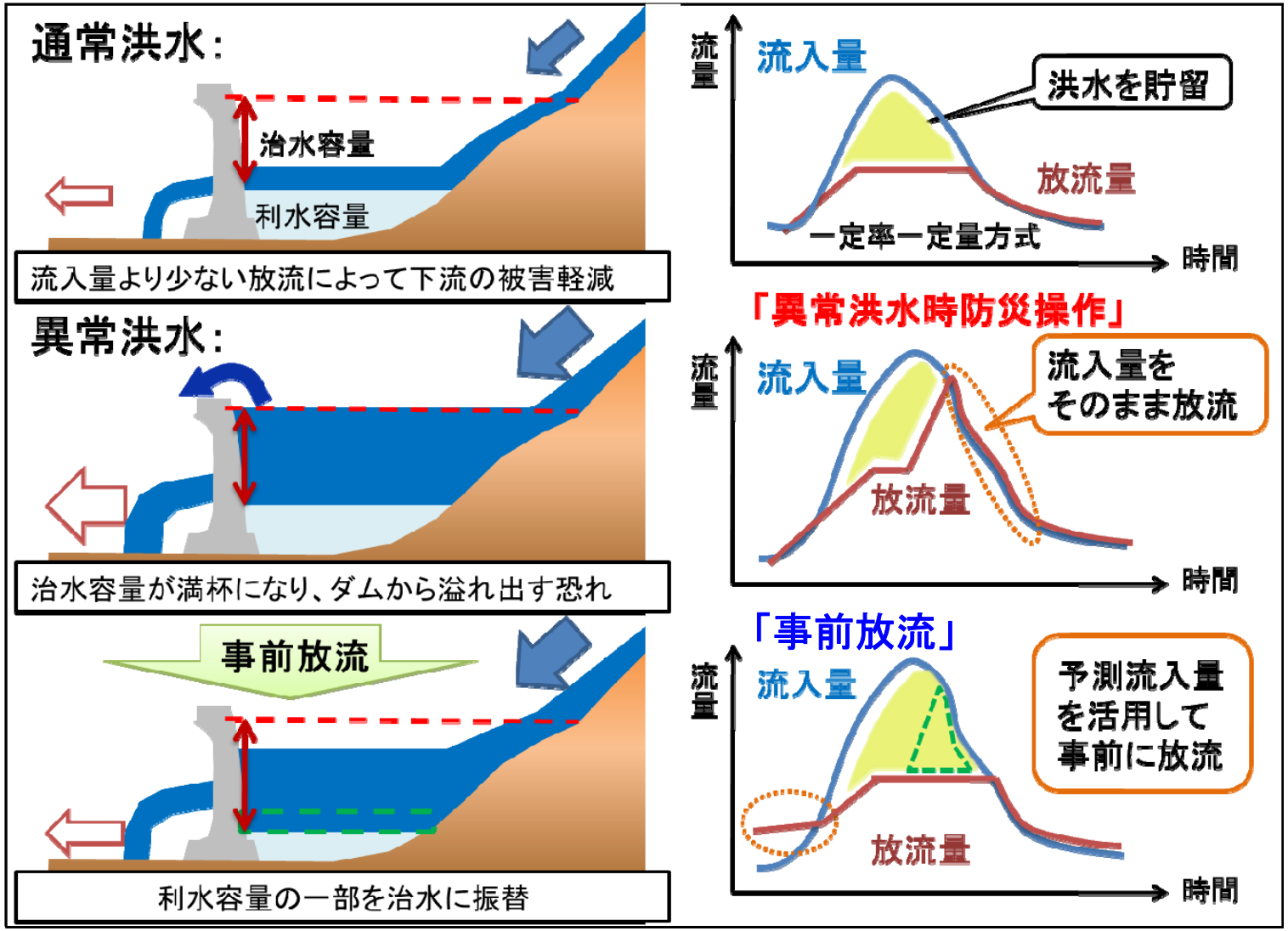
浸水した家屋（豊田市藤沢町）

流失した幼稚園（旭町小渡）

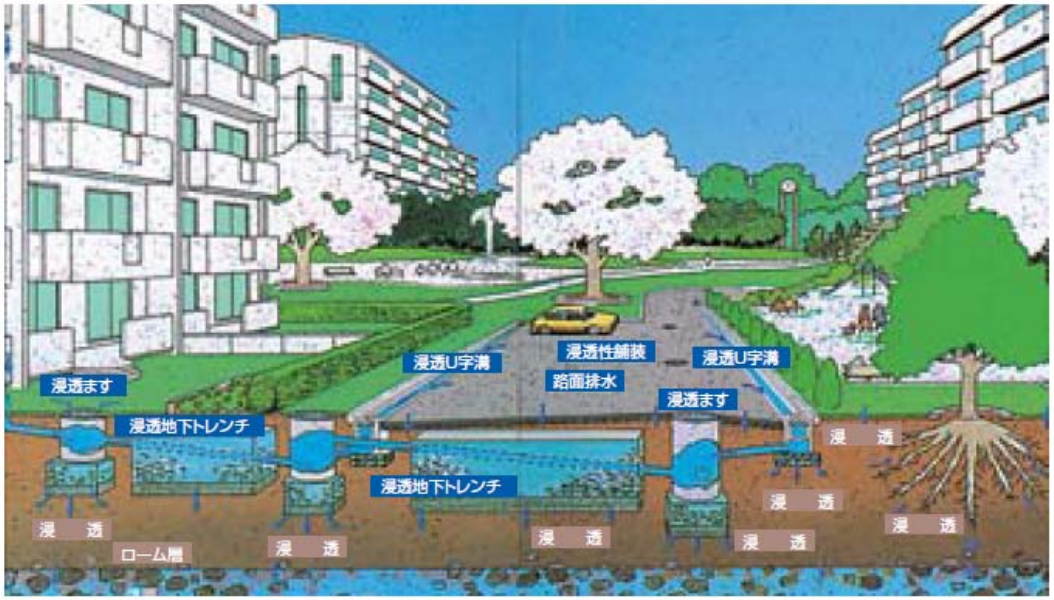
中部地方整備局・豊橋河川事務所
矢作川流域委員会資料より

知恵が必要！

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

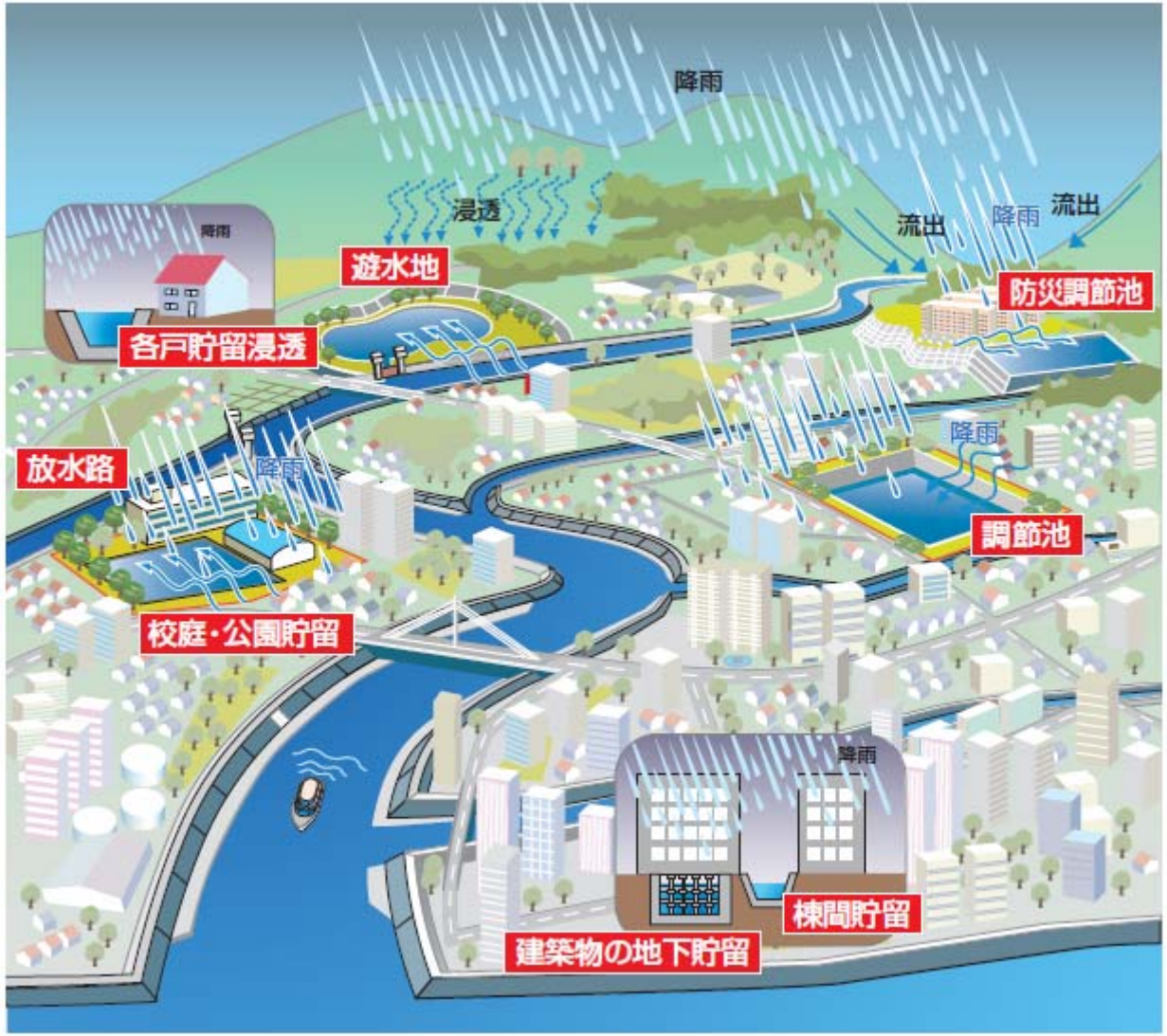


まちづくりとの連携



国交省河川事業概要より

総合的な治水対策のイメージ



国交省河川事業概要より

動き出す施策　水防災意識社会再構築ビジョン

水防災意識社会 再構築ビジョン

関東・東北豪雨を踏まえ、新たに**「水防災意識社会 再構築ビジョン」**として、**全ての直轄河川とその沿川市町村（109水系、730市町村）において、平成32年度目途に水防災意識社会を再構築する取組を行う。**

＜ソフト対策＞・住民が自らリスクを察知し主体的に避難できるよう、より実効性のある「住民目線のソフト対策」へ転換し、平成28年出水期までを目途に重点的に実施。

＜ハード対策＞・「洪水氾濫を未然に防ぐ対策」に加え、氾濫が発生した場合にも被害を軽減する「危機管理型ハード対策」を導入し、平成32年度を目途に実施。

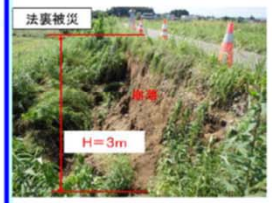
主な対策

各地域において、河川管理者・都道府県・市町村等からなる協議会等を新たに設置して減災のための目標を共有し、ハード・ソフト対策を一体的・計画的に推進する。

＜危機管理型ハード対策＞

○越水等が発生した場合でも決壊までの時間を少しでも引き延ばすよう堤防構造を工夫する対策の推進

＜被害軽減を図るための堤防構造の工夫（対策例）＞



天端のアスファルト等が、越水による侵食から堤体を保護（鳴瀬川水系吉田川、平成27年9月関東・東北豪雨）

横断図

＜洪水氾濫を未然に防ぐ対策＞

○優先的に整備が必要な区間において、堤防のかさ上げや浸透対策などを実施

＜住民目線のソフト対策＞

○住民等の行動につながるリスク情報の周知
- ・立ち退き避難が必要な家屋倒壊等氾濫想定区域等の公表
- ・住民のとるべき行動を分かりやすく示したハザードマップへの改良
- ・不動産関連事業者への説明会の開催

○事前の行動計画作成、訓練の促進
- ・タイムラインの策定

○避難行動のきっかけとなる情報をリアルタイムで提供
- ・水位計やライブカメラの設置
- ・スマホ等によるプッシュ型の洪水予報等の提供

家屋倒壊等氾濫想定区域※

※ 家屋の倒壊・流失をもたらすような堤防決壊に伴う激しい氾濫流や河岸侵食が発生することが想定される区域

国土交通省資料より

気候変動適応策を具体化する時が来た!?

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
関	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。

北海道開発局資料より

動き出す施策　北海道発の適応策の具体化？

委員会報告を踏まえた今後の水防災対策の行動計画

国土交通省北海道開発局・北海道
平成29年3月

	水防災対策の内容	概ね５年以内の取組	フォローアップ
（1）気候変動を考慮した治水対策	気候変動の影響を予測し、治水対策を構築	※十勝川等のモデル河川から順次検討し、全道へ展開 → ※時間軸を意識しながら、対策を担う主体の役割分担を明確にしながら進める	
	【気候変動の影響予測】	○最新の知見をもとに、流域レベルへのダウンスケールにより将来の降雨量や洪水流量を予測	・予測技術の進展等を踏まえて検証
	【リスク評価と社会的共有】	○リスク評価方法の検討（※予測の変動幅を考慮） ○将来の治水安全度の低下、被害想定等の算出 ○将来のリスクを具体的に数値やマップ等で示し、社会的に共有	・リスク評価方法の検証 ・リスク情報の検証
	【リスクに対する対策の構築】	○諸外国の適応策の事例の収集や課題の整理 ○治水計画やリスク管理の目標の設定 ○リスクに対するハード・ソフト対策の構築：（２）参照 ○リスクの最小化などの観点を踏まえた最適な治水計画	・適応策の状況、技術的知見、社会・経済状況等を踏まえて検証
	【将来的に気候変動に迅速に対応できる対策】	○外力の増大に早期に対応できる柔軟な施設改良や設計等について、諸外国の事例の収集や課題の整理、モデル事例で検討	・実施状況、技術的知見等を踏まえて検証
（2）ハード対策とソフト対策の総動員	施設整備を行うとともに、施設能力を超える洪水を前提とした対策の構築	※ハード･ソフト対策の検討、順次対策を実施 → ※減災対策協議会等の場を活用しつつ議論	
	〔施設の整備〕	○引き続き施設整備の着実な推進 ○リスク評価をもとに既存施設再開発や新規施設の可能性検討・整備	・実施状況、効果の検証 ・新たな対策等の検討
	〔避難の強化〕	○避難の強化に向けた方策の検討・実施（具体には（３）参照） ○リスク評価をもとに避難の確実性・困難性を地域と議論しながら避難の強化	・実施状況、効果の検証 ・新たな強化方法等の検討
	〔災害リスクを考慮した土地利用に関する取組〕	○リスクの低い地域への土地利用の誘導を目的としたリスク情報の検討 ○リスク評価をもとにリスク情報の提供、他事例などをもとに取組の検討	・実施状況、効果の検証 ・取組へ向けた検討
	〔土地利用と一体となった氾濫抑制等の対策〕	○地域の意向も踏まえながら土地利用と一体となった治水対策の検討・実施	・実施状況、効果の検証 ・新たな対策等の検討
	〔危機管理型の施設整備〕	○危機管理型の施設整備の検討・実施	・実施状況、効果の検証 ・新たな対策等の検討
	【減災工法の技術開発】 【構造物の安全性の確認】	○堤防決壊時の抑制工などの減災工法の技術開発 ○超過外力時の施設の安全性の評価方法等の検討、モデル事例で検討	・技術開発の状況、技術的知見等を踏まえて検証

北海道開発局資料より

動き出す施策　北海道発の適応策の具体化？

委員会報告を踏まえた今後の水防災対策の行動計画

国土交通省北海道開発局・北海道
平成29年3月

	水防災対策の内容	概ね５年以内の取組	フォローアップ
（３） 避難の強化と避難体制の充実	【水防災意識社会再構築の取組の推進】 ※減災対策協議会の取組推進	○北海道管理区間で協議会を設置、取組方針作成、ホットライン等の取組 ○地下空間の避難や浸水防止対策を含む大都市部の危機管理体制の強化 ○自治体への支援の充実、技術力向上の取組、経験の蓄積を図る仕組みづくり	・実施状況、効果の検証
	【住民等との水害リスク情報の共有化】	○より避難行動に直結する災害リスク情報の提供方法の検討・実施 ○水位周知河川の指定の拡大	・実施状況、効果の検証
	【避難施設の整備】	○避難路や避難場所等の施設を、地域の意向も踏まえ、関係機関のもと検討	・整備状況、効果の検証
（４） 支川や上流部等の治水対策	【水系一貫した治水対策】	○水系一貫した河川整備や河川管理	・実施状況、検証
	【支川や上流部等の治水安全度の向上】	○支川や上流部等の安全度を早期に効率的に向上させる方法を検討・実施 ○今次災害を踏まえて、支川や上流部等の河道計画等への反映方法検討・反映	・実施状況、効果、技術的知見、を踏まえて検証
	【土砂等の影響への対策】	○今次災害の土砂等の影響を調査・分析、災害の防止方策を検討・実施	・実施状況、効果、技術的知見、を踏まえて検証
（５） 既存施設の評価及び有効活用	【既設ダムの有効活用】	○ダム再開発、事前放流や操作ルール変更等の可能性の検討・実施	・実施状況、効果の検証
	【堤防の評価や強化対策】	○堤防被災箇所の調査・分析等より、堤防管理や堤防強化方法等の検討・実施	・実施状況、効果、技術的知見、を踏まえて検証
	【観測体制の強化・洪水予測精度向上】	○高精度レーダー雨量計の整備、CCTVカメラ活用等の観測体制の強化 ○避難勧告等の発令やダム管理等に活用可能な洪水予測技術の開発	・実施状況、効果発現、技術的知見の状況を踏まえて検証
	【河川の適切な管理、 河川管理施設の効果の確実な発現】	○河道内樹木等の有効利用促進、砂利採取可能な河川の拡大 ○施設の適切な維持管理・更新、管理水準の持続的な確保 ○樋門等の自動化の推進、地域の協力体制の検討・強化 ○管理水準の持続的な確保、ICT等の技術を用いた管理の高度化	・実施状況、進捗状況、効果発現状況、技術的知見の状況を踏まえて検証
（６） 許可工作物等への対応	【被災要因分析と対策、防災・減災技術の開発、ソフト対策】	○橋脚などの被災要因を分析、防災・減災対策の技術開発	・実施状況、技術的知見の状況を踏まえて検証
		○情報共有や伝達方法等のソフト対策の検討	・実施状況、検証
（７） 生産空間の保全	【農業に関わる治水対策の適正な評価方法】	○農業に関わる治水経済効果の適正な評価方法の検討・方法の導入	・実施状況、検証
	【農地の利用形態等を考慮した治水対策、農業と河川事業の連携】	○地域の意向も踏まえて利用形態等を考慮した治水対策や連携方法検討・実施	・実施状況、効果の検証
	【河道掘削土等の農業への有効活用】	○河道掘削土・伐採木や流木、堤防除草等の地域の農業への有効利用促進	・進捗状況、検証

北海道開発局資料より

気候変動による大雨・洪水の頻発

ハード対策＋ソフト対策を合わせた総合的対策

災害を防ぐ　～防災～

＋

災害にともなう被害を減らす　～減災～

最後は逃げる

予測情報の活用

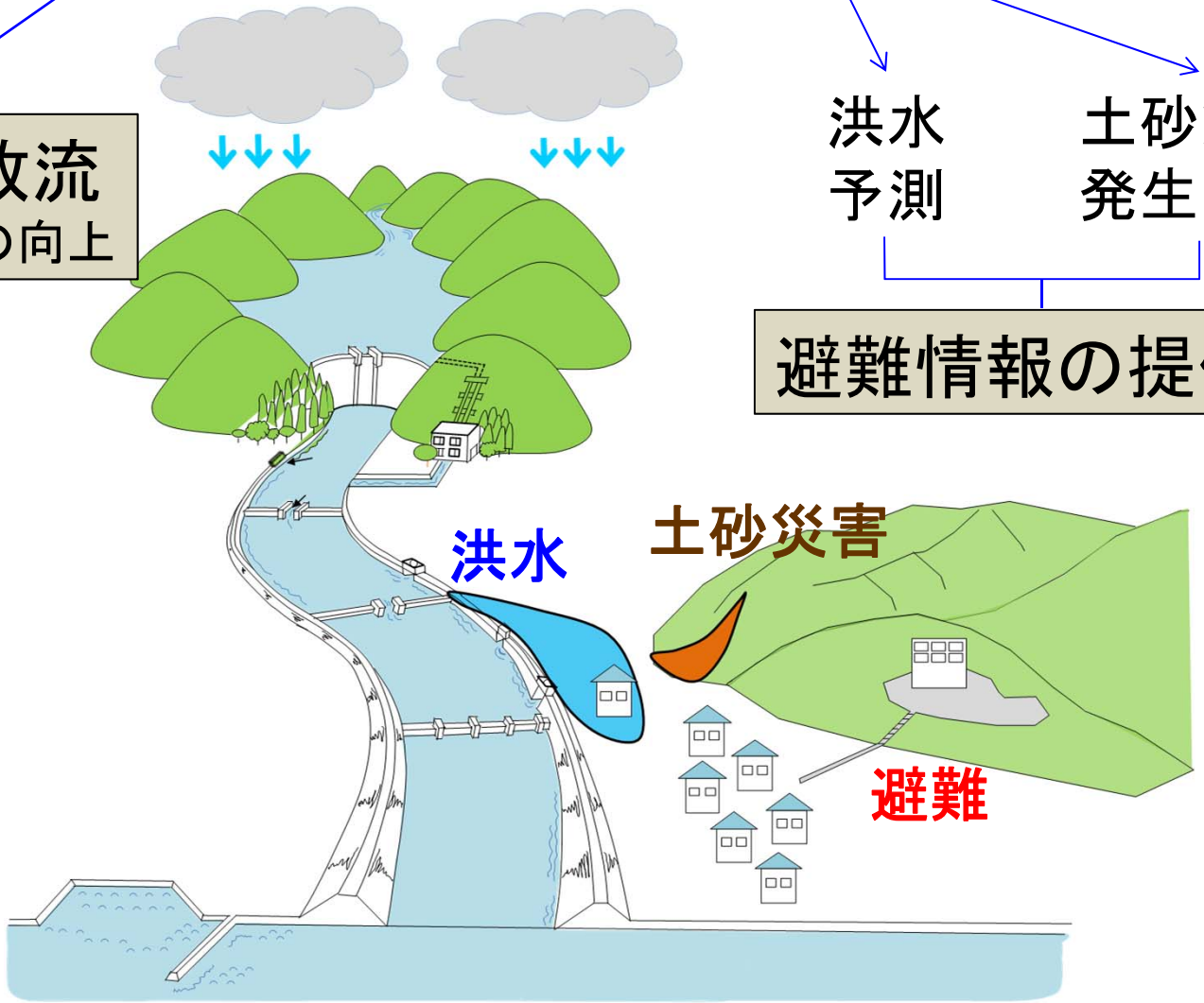
降雨（＋融雪）予測

ダム事前放流
洪水調節機能の向上

洪水予測

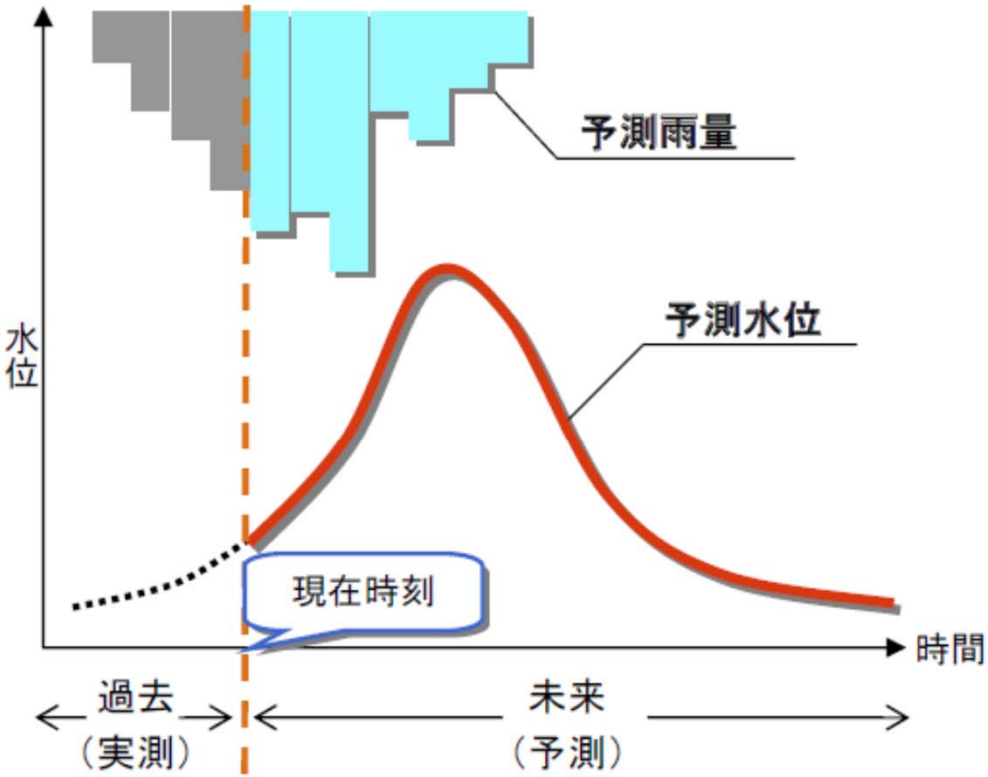
土砂災害発生予測

避難情報の提供



洪水・土砂災害のリスク管理のイメージ

洪水予測手法　物理モデル



洪水予測システムイメージ図

洪水を予測する基本的な流れ

インプット	予測雨量
変換手法	予測モデル
アウトプット	予測流量
水位流量変換	H－Q式
アウトプット	予測水位

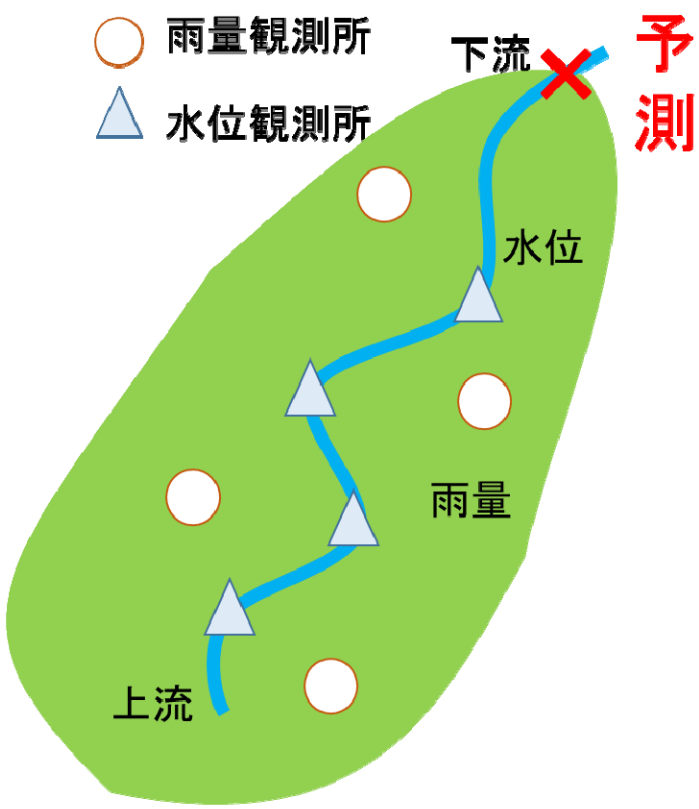
北海道開発局洪水予測システム【解説書】(H19.3)より

様々な誤差要因（予測雨量，流出モデル，H–Q変換式・・・）から精度向上が難しい！

洪水予測手法の進化

機械学習手法（＋人工知能？）による水位予測

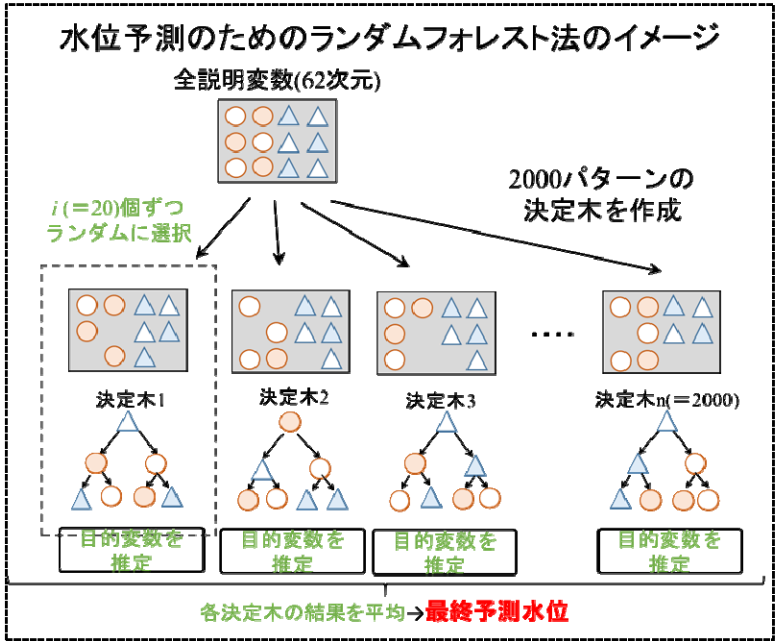
水位予測手法：対象地点より上流の多種多様な観測データ（Big Data）を活用



対象地点と相関のある情報や
ΔT時間（リードタイム）を
見つけ出す作業

~~人間が試行錯誤~~

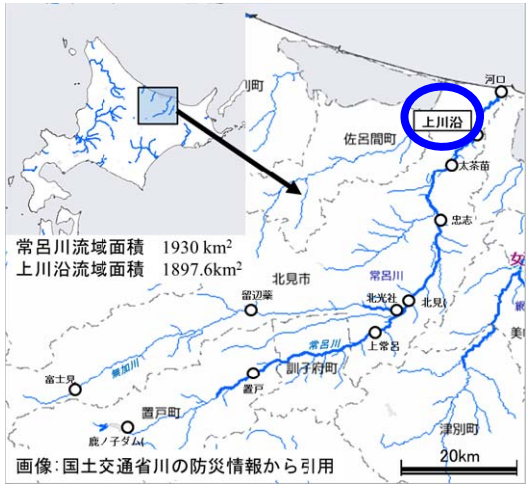
機械学習
強化学習
人工知能



*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

機械学習手法による水位予測

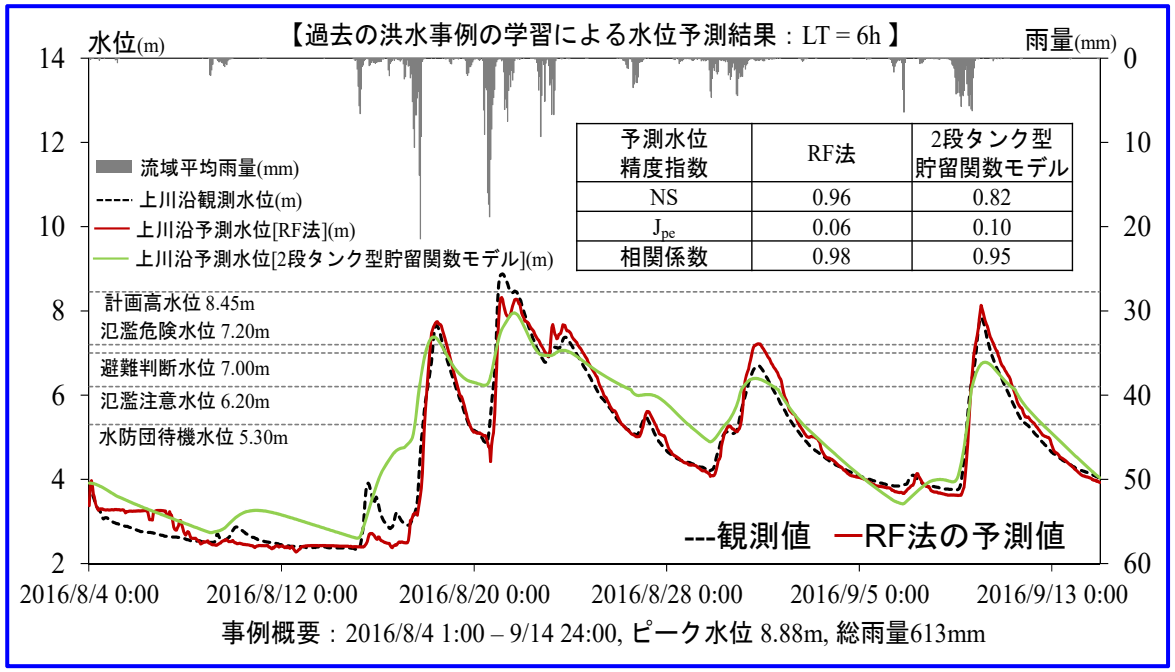
予測個所と説明変数(62)



観測項目	地点・流域	データ概要	避難に必要な時間(LT)
水位(m)	上川沿 太茶苗 忠志 北見 上常呂 置戸	地点観測水位(テレメータ水位)	6~10時間前の水位
時間雨量(mm)	上川沿 北見 置戸	地点観測雨量(テレメータ雨量)	6~10時間前の雨量
	常呂川流域	流域平均雨量(レーダ解析雨量)	6~10時間前の流域平均雨量
SWI_s※(mm)	常呂川流域	流域平均雨量(レーダ解析雨量)を入力した3段タンクモデルの1段目貯留高S_1	6~12,24,36,48,60,72時間前のSWI_S

※表層土壌雨量指数(Soil Water Index Surface)

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)



予測水位精度指数	RF法	2段タンク型貯留関数モデル
NS	0.96	0.82
J_{pe}	0.06	0.10
相関係数	0.98	0.95

上流域の水文データを用い，繰り返す洪水事例についても高い予測精度
進歩が著しい情報工学分野の知見が活用できる！？

*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

情報と判断～気象情報と対応

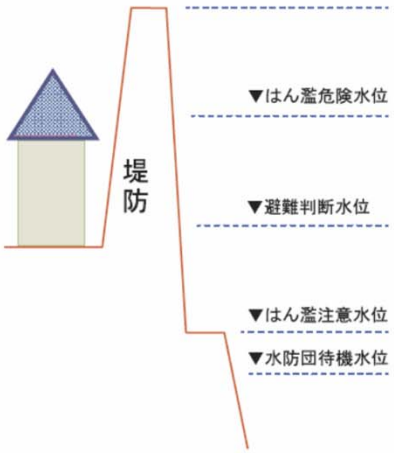
気象警報等発表時における市町村や住民の対応例

	気象警報等の種類								市町村の対応	住民の行動
		大雨		暴風	高潮	波浪	暴風雪	大雪		
		（土砂災害）	（浸水害）							
特別警報（重大な災害の起こるおそれが著しく大きい）	土砂災害警戒情報	大雨特別警報（土砂災害）	大雨特別警報（浸水害）	暴風特別警報	高潮特別警報	波浪特別警報	暴風雪特別警報	大雪特別警報	・直ちに最善を尽くして身を守るよう住民に呼びかけ ・特別警報が発表され非常に危険な状況であることの住民への周知	・直ちに命を守る行動をとる（避難所へ避難するか、外出することが危険な場合は家の中で安全な場所にとどまる）
警報（重大な災害の起こるおそれ）		大雨警報（土砂災害）	大雨警報（浸水害）	暴風警報	高潮警報	波浪警報	暴風雪警報	大雪警報	・避難の呼びかけ ・必要地域に避難勧告・指示 ・応急対応態勢確立 ・必要地域に避難準備（要援護者避難）情報 ・避難場所の準備、開設 ・警報の住民への周知	・早めの自主避難、又は市町村の勧告・指示による避難 ・暴風警報については、安全な場所に退避 ・日頃と異なったことがあれば、市役所などへ通報 ・危険な場所に近づかない ・避難の準備をする
注意報（災害の起こるおそれ）		大雨注意報		強風注意報	高潮注意報	波浪注意報	風雪注意報	大雪注意報	・警戒すべき区域の巡回 ・注意呼びかけ ・気象情報や雨量の状況を収集 ・担当職員の連絡態勢確立	・非常持出品の点検 ・避難場所の確認 ・窓や雨戸など家の外の点検 ・テレビ、ラジオ、気象庁HPなどから最新の気象情報を入手 ・気象情報に気をつける

©気象庁

情報と判断～水防情報と対応

洪水予報と市町村や住民の対応



危険度レベル	洪水予報の標題［種類］	発表基準	市町村・住民に求められる行動等
レベル5（はん濫発生）	●●川はん濫発生情報［洪水警報］	はん濫の発生（はん濫水の予報）	【市町村】新たにはん濫が及ぶ区域の住民の避難誘導等 【住　民】新たにはん濫が及ぶ区域では避難を判断
レベル4（危険）	●●川はん濫危険情報［洪水警報］	はん濫危険水位に到達	【住　民】避難を完了
レベル3（警戒）	●●川はん濫警戒情報［洪水警報］	①一定時間後にはん濫危険水位に到達することが見込まれる場合 ②避難判断水位に到達し、さらに水位の上昇が見込まれる場合	【市町村】避難勧告等の発令を判断し、状況に応じて発令 【住　民】避難を判断
レベル2（注意）	●●川はん濫注意情報［洪水注意報］	はん濫注意水位に到達し、さらに水位の上昇が見込まれる場合	【市町村】避難準備情報発令を判断し、状況に応じて発令 【住　民】はん濫に関する情報に注意
レベル1	（発表なし）	―	【市町村】水防団待機

©気象庁「集中豪雨への備え」

防災情報

（例）国交省防災情報提供センター

http://www.mlit.go.jp/saigai/bosaijoho/

©国土交通省

予測をどのように生かすか？

（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

↓

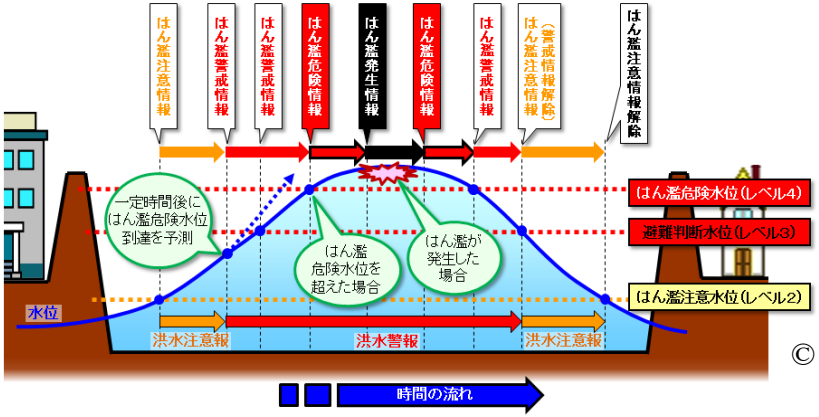
Action

水防活動

橋の通行止め

避難・・・

の実効性は？



© 気象庁HP

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。

		国土交通省		交通サービス	市町村	住民
台風発生	台風上陸3日前	○台風予報	体制の早期構築	運行停止の可能性を早めに周知	広域避難の可能性を早めに周知	
台風上陸の可能性		○台風に関する記者会見	○連絡体制等の確認 ○協力機関の体制確認	○交通サービス運行停止予告	○広域避難体制の確認・周知	○防災用品の準備
災害発生の危険性	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	○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	早期に広域避難を開始 ○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
台風接近	台風上陸12時間前	○大雨・暴風・高潮等特別警報 ○はん濫危険情報	○市町村長へ事態切迫状況の伝達	○運行停止 ○施設保全・待避終了	台風上陸前に避難を完了 ○避難勧告・指示	○屋内安全確保
台風上陸	0時間前	○はん濫発生情報	○TEC-FORCE活動（道路啓開等） ○被害状況の把握 ○緊急輸送路の確保	○被害状況の把握 ○施設点検 ○運行見通しの公表	早期復旧・再開が可能となるように運行停止 ○支援の要請	

©国土交通省

タイムラインの検討例　～滝川市

石狩川滝川地区水害タイムライン取組状況

近年大規模な水害が全国各地で発生していることから、滝川市では、住民の生命を守るために先を見越した早期災害対応を実現する「石狩川滝川地区水害タイムライン検討会」を設置し、取り組みを始めています。

タイムラインとは、台風や前線などの甚大な被害が発生するまで時間がかかる災害を対象として災害が想定される[数日前→発生→その後]の対応までを地域の災害対応にかかわる関係機関が連携し、「いつ」、「誰が」、「何をすべきか」をあらかじめ時系列で整理した防災行動計画のことです。

タイムラインを策定するために平成27年度は3回の検討会を滝川市内で開催（裏面を参照）しました。

また、平成28年度に数回の検討会を開催し、台風シーズン前にタイムライン試行版を完成させて、運用で検証・見直しを行う予定です。

昭和56年8月出水

タイムラインのイメージ

石狩川滝川地区水害タイムライン検討会参加機関等　※2016年4月1日現在

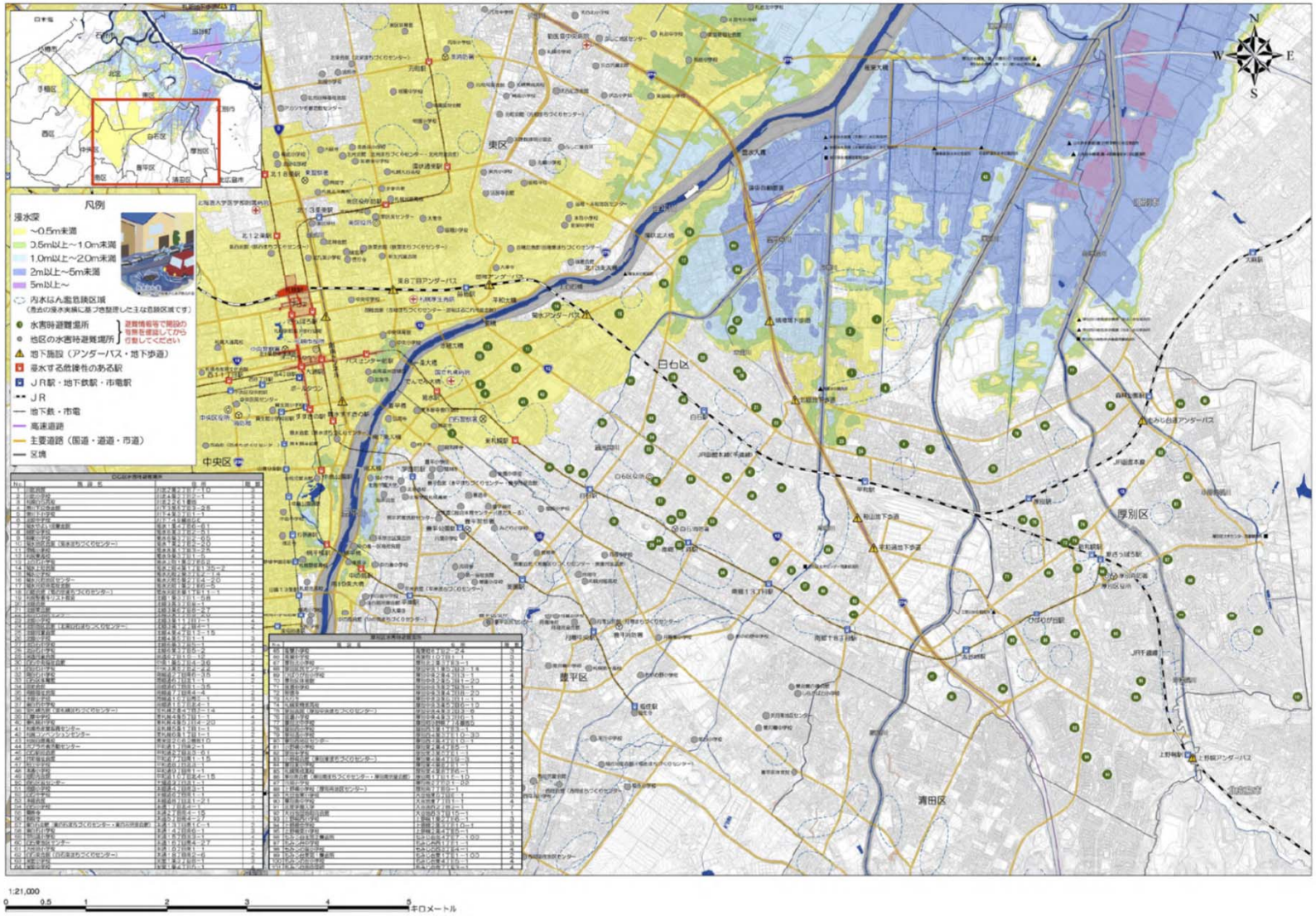
分類	機関名・職名
参加機関	・陸上自衛隊 ・空知総合振興局 ・滝川警察署 ・滝川地区広域消防事務組合 ・滝川市消防団 ・空知土地改良区 ・中空知広域水道企業団 ・滝川市社会福祉協議会 ・北海道旅客鉄道 ・北海道電力 ・日本赤十字社 ・NEXCO東日本 ・滝川ガス ・滝川市医師会 ・滝川建設協会 ・北海道中央バス ・NTT東日本 ・滝川市内自主防災組織（幸町第4区） ・滝川市内自主防災組織（泉町連合） ・東滝川連合町内会 ・東町連合町内会 ・西町連合町内会 ・西町中央連合町内会 ・有明町連合町内会 ・扇町町内会連合協議会 ・大町地区町内会連合会 ・新町町内会連合会 ・本町町内会連合会 ・緑町連合町内会 ・南地区町内会連合会 ・江部乙防犯協会 ・滝川市民生委員児童委員連合協議会 ・エフエムなかそらち ・札幌管区気象台 ・滝川市（関係部署含む） ・札幌開発建設部 《計36機関》
オブザーバー	北海道総務部危機対策局、北海道建設部建設政策局、中空知管内4市5町（赤平市、芦別市、歌志内市、砂川市、新十津川町、上砂川町、奈井江町、浦臼町、雨竜町）國學院大學北海道短期大学部
座長	NPO法人 環境防災総合政策研究機構 環境・防災研究所　松尾副所長
アドバイザー	日本放送協会　山崎解説主幹、NPO法人 環境防災研究機構 北海道　黒木専務理事、志田気象予報士
事務局	札幌開発建設部、札幌管区気象台、滝川市

※「石狩川滝川地区水害タイムライン検討会」は一般公開されており、どなたでも傍聴することができます。

北海道開発局札幌開発建設部HPより

洪水ハザードマップの例　～札幌市

札幌市洪水ハザードマップ(白石区・厚別区)
(洪水避難地図)



札幌市HPより

浸水・避難に関する情報

～浸水区域・ハザードマップ　ポータルサイト～

http://disaportal.gsi.go.jp/

©国土交通省

避難行動のあり方

避難準備情報・避難勧告・避難指示

- 自然災害に対しては，各人が自らの判断で避難行動をとることが原則
- 想定される浸水深さ及び居住している建物の階数に応じて建物からの立ち退き避難が必要か，建物の2階以上への垂直避難でよいか避難行動が異なる．
- 2階以上の高さにまで浸水すると想定される場所，堤防の近くではん濫水によって家屋の流失が想定される場所，半地下構造の建物にはん濫水が流入する場所，あるいは山間部等の川の流れの速いところで川岸の家屋が流失する場所などでは，屋内で待避していても命に危険が及ぶので立ち退き避難が必要．

内閣府「避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン（2014.9）」，北海道危機対策課「ほっかいどうの防災教育」より

避難行動のあり方（事例）

札幌市における2014年9月11日の特別警報（浸水害，土砂災害）発令時の避難について

- **781,000人**を対象に避難勧告　156個所の避難所開設
  →避難者は最大479名
- 災害情報の「空振り」に関する認識については，「実際に災害が発生しなかったとしても，可能性のある以上は空振りを恐れず，避難勧告・避難指示を出すべきだ」という回答が82.3%にのぼり，安全側にたった避難勧告等は市民が許容.
- 一方，避難場所の開設の遅れ，避難場所情報の把握の困難性，要配慮者利用施設等への連絡漏れ，勤務時間外の非常配備の指令に伴う参集の遅れ，避難勧告対象人数の多さに対して避難所への避難人数が少ないなどの課題
- 上記課題の検証が進められ，計画，マニュアル，本部運営体制，研修・訓練のあり方などの見直しを行い，今後の危機対応力の向上が図られている.

北海道総務部危機対策局危機対策課「９月１０日（水）からの大雨による被害状況等（第１２報／最終報）」
札幌市「札幌市9.11豪雨対応検証報告書（2015.3）」より

浸水のイメージ化

（注意！）水深だけでなく流速も影響

国土交通省 中国地方整備局 岡山河川事務所

浸水のイメージ化　淀川（大阪駅付近）の例

© 国土交通省近畿地方整備局

IPCC第5次評価報告書の概要

i .はじめに

- 過去の第2作業部会（WGII）報告書と比較して、第5次評価報告書（AR5）におけるWGII は、関連する科学、技術及び社会経済分野の文献の極めて広範な知識基盤を評価している
（IPCC AR5 WGII SPM p.3,10-11行目）
- 文献の増加によって、より幅広いトピックや分野にわたる包括的評価が促進され、人間システム、適応、及び海洋については取扱う範囲が拡大された
（IPCC AR5 WGII SPM p.3,11-12行目）

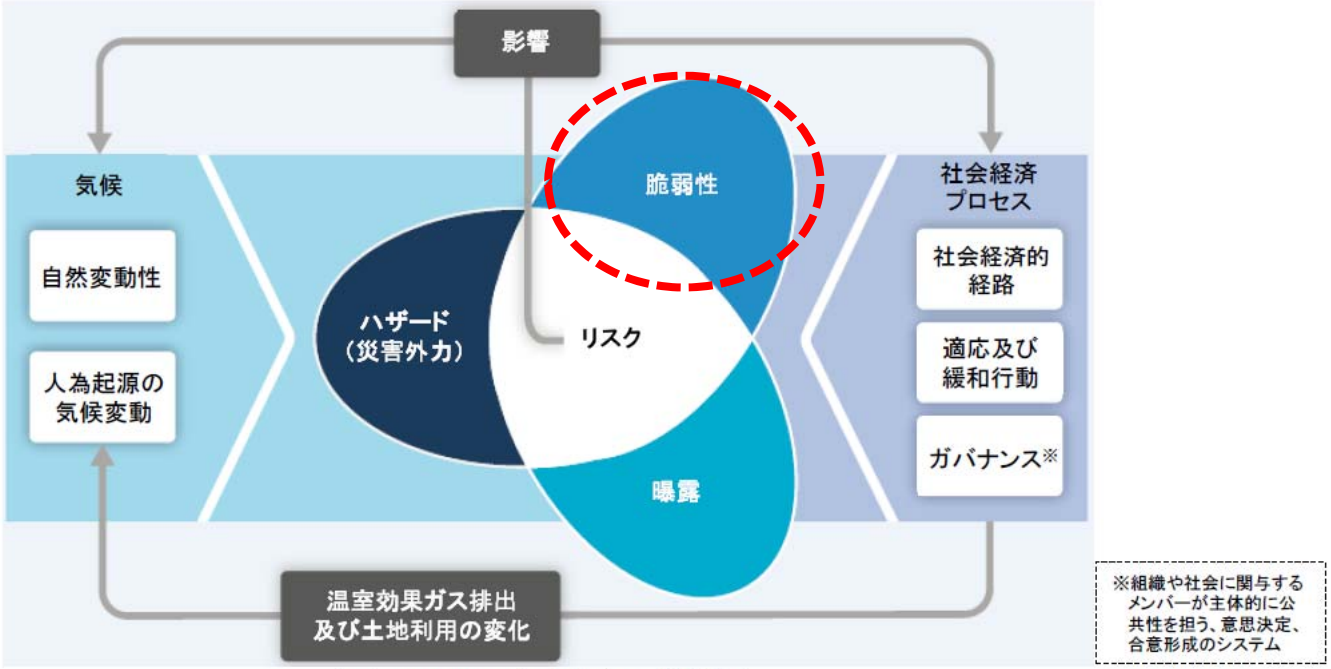


図. WGIIの中核となる概念図

気候に関連した影響のリスクは、人間及び自然システムの脆弱性や曝露と気候に関連するハザード（災害外力）（危険な事象や傾向など）との相互作用の結果もたらされる。気候システム（左）及び適応と緩和を含む社会経済プロセス（右）双方における変化が、ハザード、曝露及び脆弱性の根本原因である

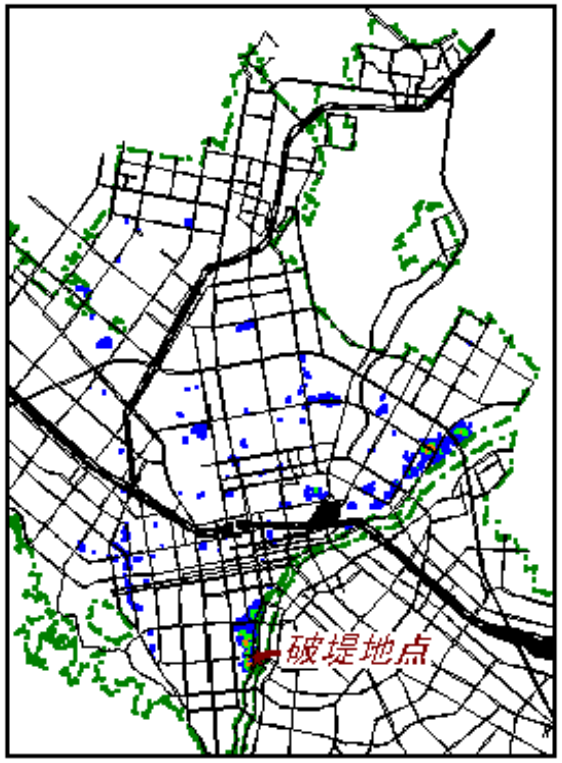
出典：図. IPCC AR5 WGII SPM Fig SPM.1

環境省　IPCC第5次評価報告書の概要2014年12月版より

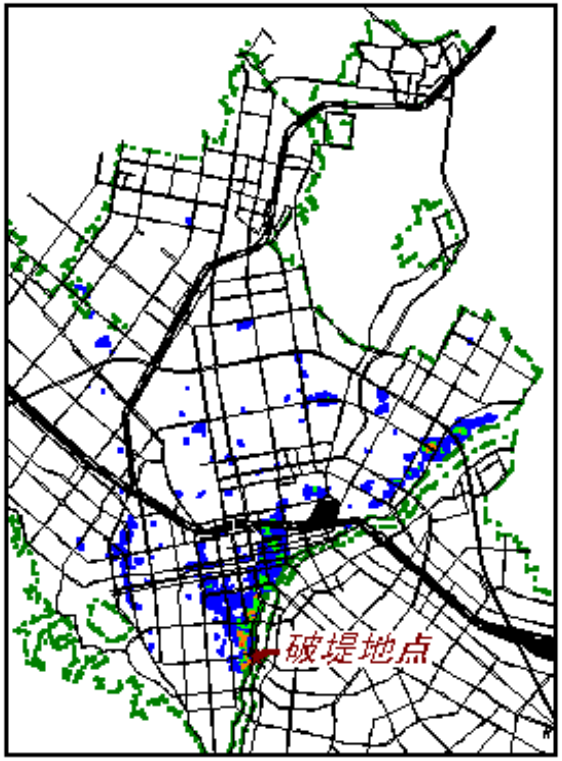
北海道の水害リスク　豊平川 大都市の急流河川

豊平川氾濫シミュレーションの結果の例

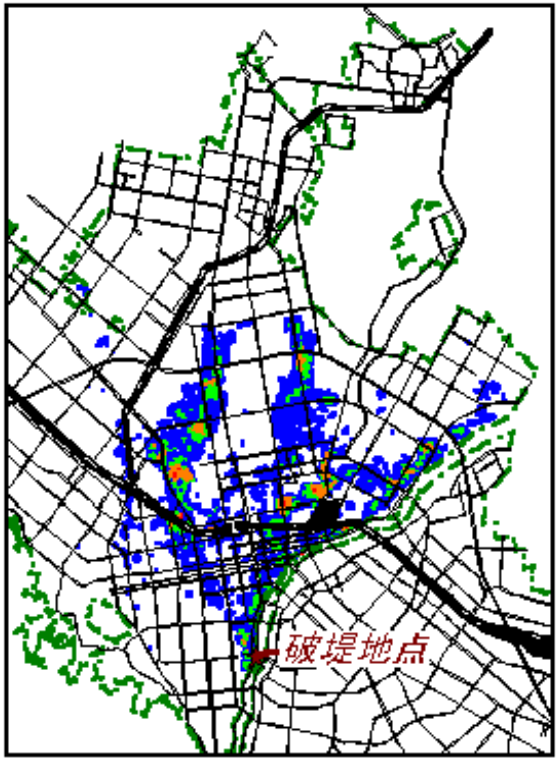
豊平川危機管理計画の検討結果(1998)より



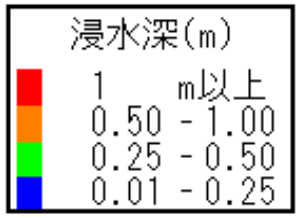
破堤30分後浸水深分布



破堤１時間後浸水深分布



破堤３時間後浸水深分布



豊平川 危機管理

大都市の脆弱性．被害も甚大．関係機関も多岐にわたる．

・連携体制～タイムライン
・情報提供
・地下空間対応
・避難の仕方（いつ，どこに）
・レスキュー
・対応の持続性，PDCA
など

豊平川洪水危機管理検討委員会構成表　1997年当時

学識経験者（防災工学）	陸上自衛隊北部方面総監部
学識経験者（都市工学）	陸上自衛隊第11師団
北海道開発局建設部	北海道警察本部
北海道開発局石狩川建設部（1級河川管理）	札幌市消防局
北海道開発局札幌開発建設部（国道管理）	札幌市建設局（河川・道路管理）
札幌管区気象台	北海道電力株式会社
北海道総務部（防災）	日本電信電話株式会社
北海道建設部（河川管理）	北海道ガス株式会社
北海道石狩支庁（地域防災）	日本放送協会

危機管理という観点での
洪水への防災・減災についての所見

水害の頻発　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）．**予断を排した外力**に対する備えが必要
- ConstructionからManagementへシフトは不可避→ハードだけには頼れない．災害は必ず起き，その被害を**どのように最小化するかの知恵**（まちづくり，実効性のある避難など）を総動員することが必要．水防災意識を地域ぐるみで共有．
- 雨量といったハザードだけでなく，**地域のもっている脆弱性**の認識と準備が必要．過去に経験がないという過信は捨てる．
- 防災・減災分野にUAV，ロボット，IT，情報技術（人工知能など）といった**先端技術**の積極的導入→コストの削減も図る

など