

基 調 講 演

テーマ：気候変動による水災害リスクの増大と適応

講 師：京都大学防災研究所 教授 中北 英一



略歴

昭和 60 年 10 月 京都大学防災研究所 助手
平成 3 年 1 月 京都大学防災研究所 助教授
平成 12 年 4 月 京都大学大学院 工学研究科 助教授
平成 16 年 10 月 京都大学防災研究所 教授（現在に至る）

研究活動

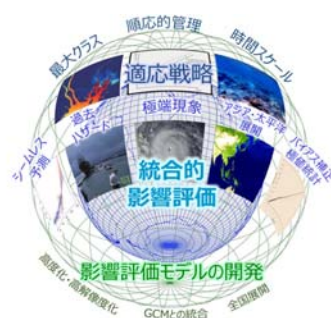
専門は、レーダー水文学、水文気象学。気象レーダーを用いた豪雨・洪水予測に長年携わるとともに、ハリケーンカトリーナ等の国内外の災害調査にも従事。現在は気候変動による国内外の災害環境への影響評価も実施している。科学研究費などによる豪雨観測とゲリラ豪雨早期探知・予測に関するプログラム(2004年～)をリードするとともに、文部科学省による気候変動予測に関するプログラム(2007～)の領域代表をつとめてきている。また、豪雨観測・予測や災害への気候変動影響評価・適応に関して国交省、気象庁、文科省、環境省、農水省の委員をつとめている。

平成 24 年 9 月：水文・水資源学会 学術賞
平成 28 年 5 月：日本気象学会 岸保賞
平成 30 年 11 月/令和元年 11 月：土木学会水工学委員会 水工学論文賞
令和元年 6 月：土木学会 研究業績賞

講演概要

地球温暖化の影響が出だしているのではないかと、豪雨がより頻繁に、より強力に、初めての地域に起き始めてきているのではないかと、今までの常識が通用しないのではないかと多くの人が考えるようになってきている。Yesである。その中、科学的な気候変動将来予測を軸にした適応計画を早急に立て、今実行に移して行かないといけない。すなわち次世代のためにも、治水の基礎体力の増強、治水の考え方の変革、危機管理の深化、自助・共助としての防災力の強化を考え直ちに実行に移す必要がある。しかし、すべて時間がかかる。しかし、じわじわでも温暖化進行は早い。このような視点をベースに、2017年九州北部豪雨災害、2018年西日豪雨災害、2020年7月豪雨災害を交えながら、気候変動による水災害リスクと適応に関して話題提供をする。

気候変動による水災害リスクの増大と適応



中北英一
京都大学 防災研究所
気候変動リスク予測・適応研究
連携研究ユニット ユニット長



内 容

- 最近の災害から思うこと
- 典型的な梅雨豪雨
- 平成30年7月豪雨と災害
- 気候変動との関係は？
- 気候変動適応とは？
- 流域治水とは？
- おわりに

近年における水害・土砂災害の発生状況

【2012年7月九州北部豪雨】



①白川における浸水被害
(熊本県熊本市)

【2013年9月台風18号】



②由良川の浸水状況
(京都府福知山市)

【2014年8月19日から大雨】



③土砂災害の状況
(広島県広島市)

【2015年9月 月関東・東北豪雨】



④鬼怒川の堤防決壊による浸水被害
(茨城県常総市)

【2016年8月台風10号】



⑤小本川の氾濫による浸水被害
(岩手県岩泉町)

【2017年7月九州北部豪雨】



⑥桂川における浸水被害
(福岡県朝倉市)

【2018年7月豪雨】



⑦小田川における浸水被害
(岡山県倉敷市)

【2018年台風第21号】



⑧神戸港六甲アイランドにおける浸水被害
(兵庫県神戸市)

【2019年台風第19号】

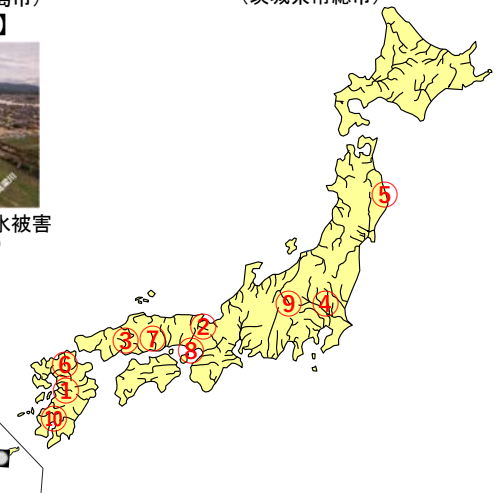


⑨北陸新幹線車両基地
(長野県長野市)

【2020年7月豪雨】



⑩球磨川における浸水被害
(熊本県人吉市)

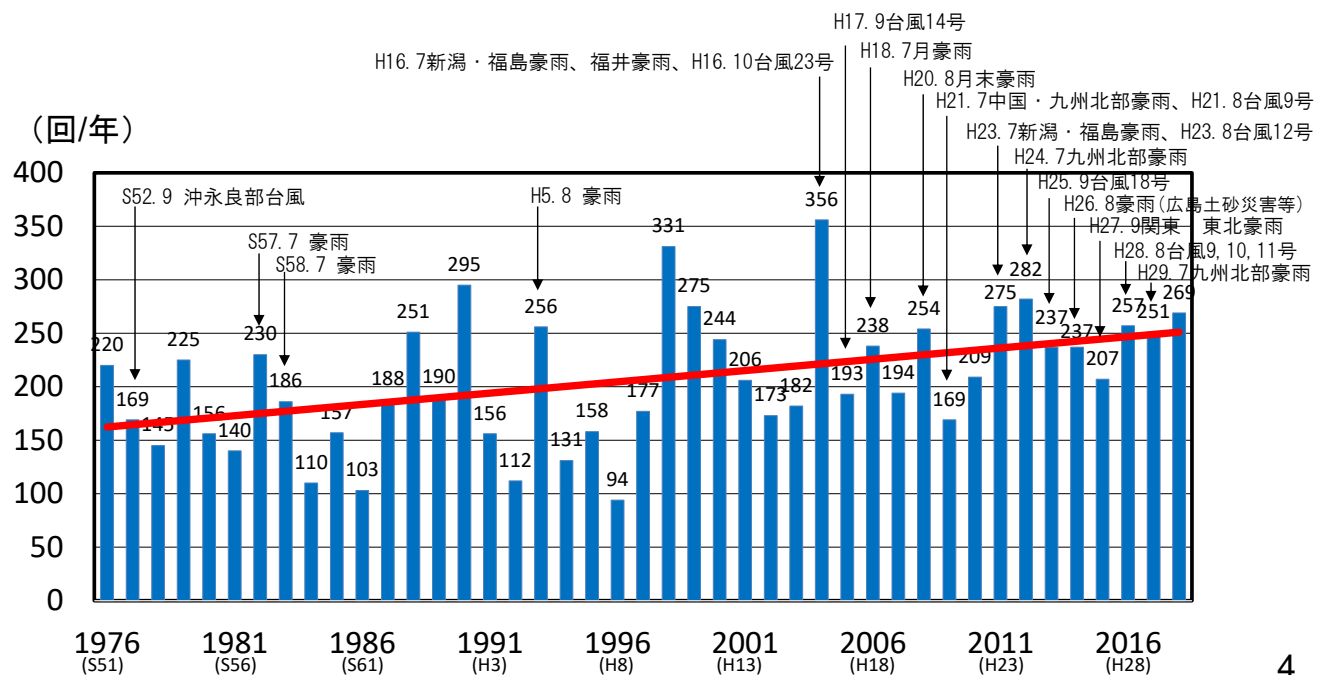


国土交通省(2019)に中北が追加

3

近年、雨の降り方が変化

- 時間雨量50mmを超える短時間強雨の発生件数が増加。
- 気候変動の影響により、水害の更なる頻発・激甚化が懸念。



4

1時間降水量50mm以上の年間発生回数(アメダス1,000地点あたり)

※気象庁資料より作成
(気象庁が命名した気象現象等を追記)

作成:国土交通省

最近の災害から思うこと

- 地球温暖化の影響が出だしているのではないかな？
- 今までの常識が通用しない。
 - 豪雨:より頻繁に、より強力に、初めての地域に=>未経験
 - 西日本豪雨:強力ではないが、広域で長期間
- 後悔しない、地球温暖化への適応
 - 科学的な気候変動将来予測を軸にした適応
 - 治水の基礎体力の増強
 - 危機管理の深化
 - 自助・共助としての防災力の増強
 - とともに時間がかかる。じわじわでも温暖化進行の方が早い。=>後悔しない早い目そして計画的な対応が必要！
- では、何を？どの優先順に適応するか？
 - 将来予測の共有
 - 災害からの教訓
- 水工学・土木工学・気象学"研究"として抜けているものはないかな？



5

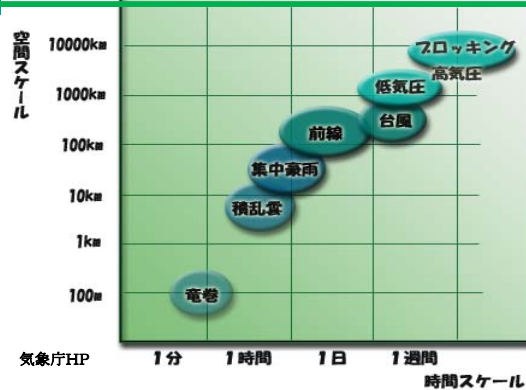
中北(2018, 2019)

内 容

- 最近の災害から思うこと
- 典型的な梅雨豪雨
- 平成30年7月豪雨と災害
- 気候変動との関係は？
- 気候変動適応とは？
- 流域治水とは？
- おわりに

気候変動影響評価が可能な豪雨は？

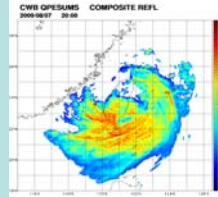
台風



範囲: 1000km

継続時間: 1日から数日

大河川での洪水、大規模水害、土砂災害
2009/08/08 in 台湾



台湾中央気象局、台湾国家災害防救科技中心

集中豪雨

範囲: 100km

継続時間: 6時間から半日程度

中・小河川での洪水、内水氾濫、土砂災害
2010/10/20 in 奄美



南日本新聞 OFFICIAL SITE

ゲリラ豪雨(局地的豪雨)

範囲: 数km

継続時間: 1時間程度

小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫
2008/07/28 at 都賀川 2008/08/05 at 雑司ヶ谷



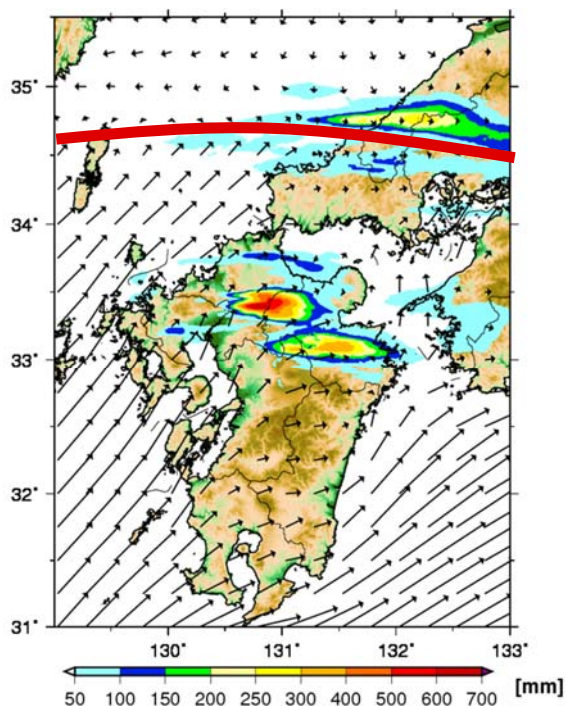
都賀川モニタリング映像



共同通信

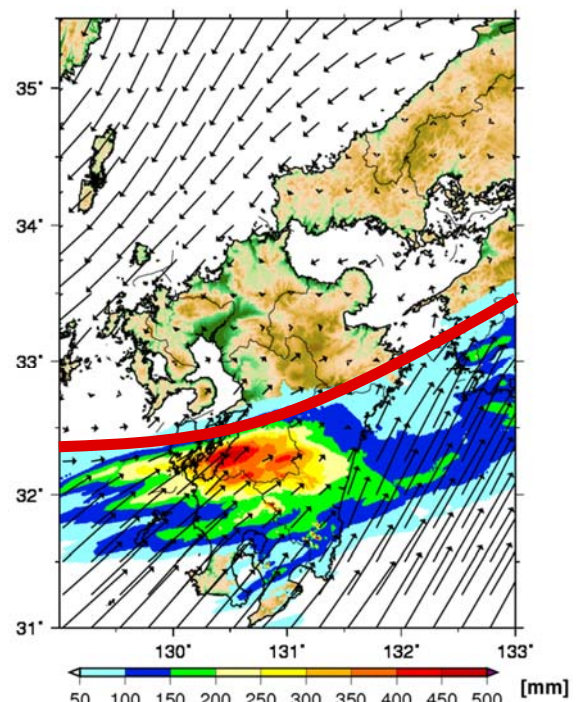
梅雨豪雨の代表的な“線状降水帯”

2017年九州北部豪雨



- 空間スケールが小さい
- 梅雨前線の100km以上南方

2020年球磨川豪雨



- 空間スケールが相対的に大きい
- 梅雨前線直下 小坂田・中村・中北(2020)



【写真1】九州北部豪雨災害（奈良ヶ谷川、アジア航測（株）撮影）

筑後川右岸流域の被害状況



令和2年7月豪雨 全国の被害概況

- 今回の豪雨により、死者82名※1、住家被害約18,000棟※1など極めて甚大な被害
- 住宅やインフラへの被害に伴い、多数の避難者や集落の孤立※2が発生
- 河川の氾濫等により、全国で約13,000haが浸水、多数の道路や鉄道が被災。

※1 消防庁情報（令和2年8月17日時点）
※2 最大時で避難者約11,000人、孤立世帯約4,000世帯

河川の氾濫

※全国で国管理7河川、都道府県管理193河川が氾濫



道路被害

※全国で高速道路や国道、県道等
約780区間が被災



鉄道被害

※全国で13事業者20路線が被災



土砂災害

※全国で929件発生



国土交通省(2020)

1

河川の氾濫による浸水被害

- 今回の豪雨により、球磨川（くまがわ）や筑後川（ちくごがわ）など国が管理する7河川※1、都道府県が管理する193河川※1で氾濫などの浸水被害が発生。
- 全国で約13,000ha※2が浸水。（浸水はすでに解消済）

※1 国土交通省 令和2年7月豪雨災害による被害状況等について（第47報）」（令和2年8月17日）
※2 国土交通省調べ、8月17日現在の速報値であり、今後数値が変更となる場合がある。

国が管理する河川で氾濫が発生した河川（7水系7河川）

筑後川流域の浸水被害



久留米市や佐賀市などで約9,000ha、約2,000戸が浸水

球磨川流域の浸水被害



人吉市、球磨村などで約1,060ha、約7,400戸が浸水

※本情報は速報値であるため、今後の調査等で変わる可能性があります。



※このほか、最上川（東北）、江の川（中国）、吉野川（四国）で氾濫が発生

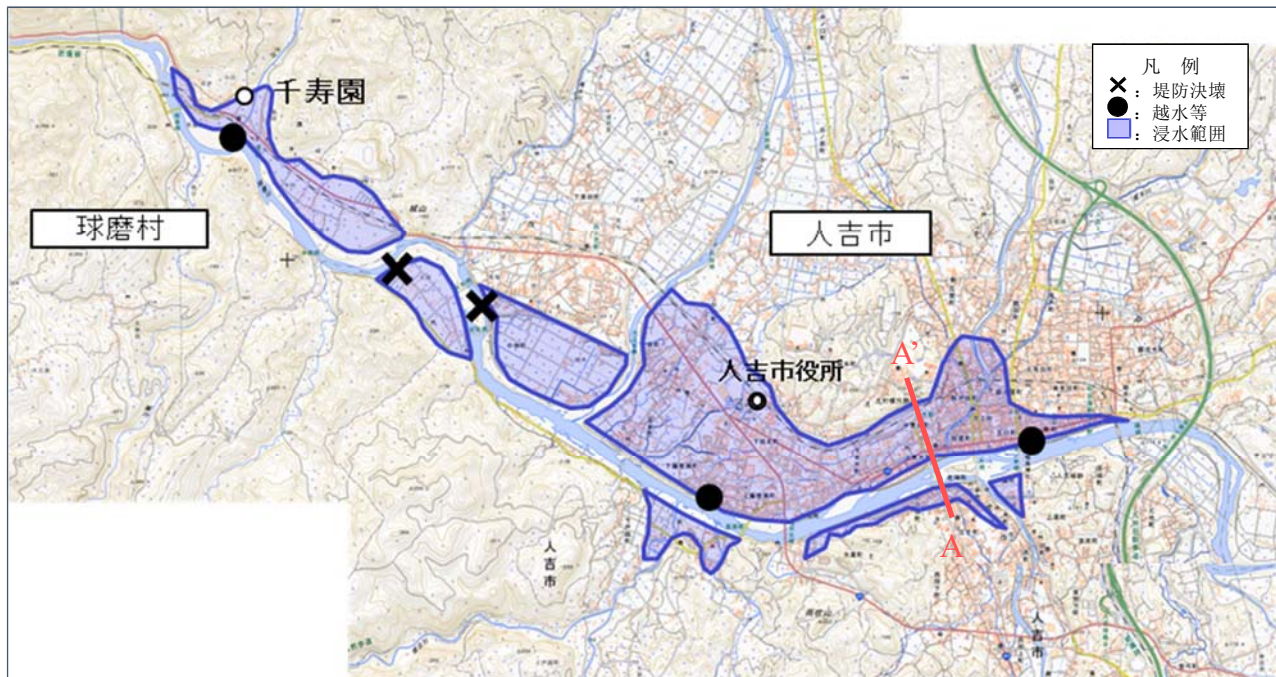
国土交通省(2020)

2

球磨川中流域における浸水範囲

- 球磨川流域では 人吉市の中心市街地など約1,060haが浸水し 佐敷川（さしめがわ）など
 その他河川や土砂災害による被害も含めると約7,400戸（棟）の家屋が被災。

※消防庁情報（令和2年8月17日）

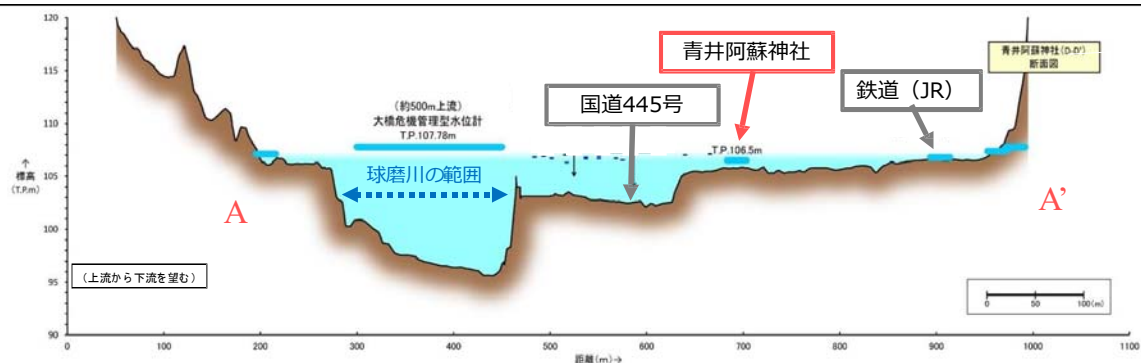


※本情報は速報値であるため、今後の調査等で変わる可能性があります。

国土交通省(2020) 5

球磨川流域における浸水範囲・氾濫形態

- 青井阿蘇神社（あおい あそじんじや）の洪水痕跡T.P.106.5mや周辺の痕跡調査結果等より、人吉市街地では堤防天端を1.5m程度超える水位と想定される。



※本情報は速報値であるため、今後の調査等で変わる可能性があります。

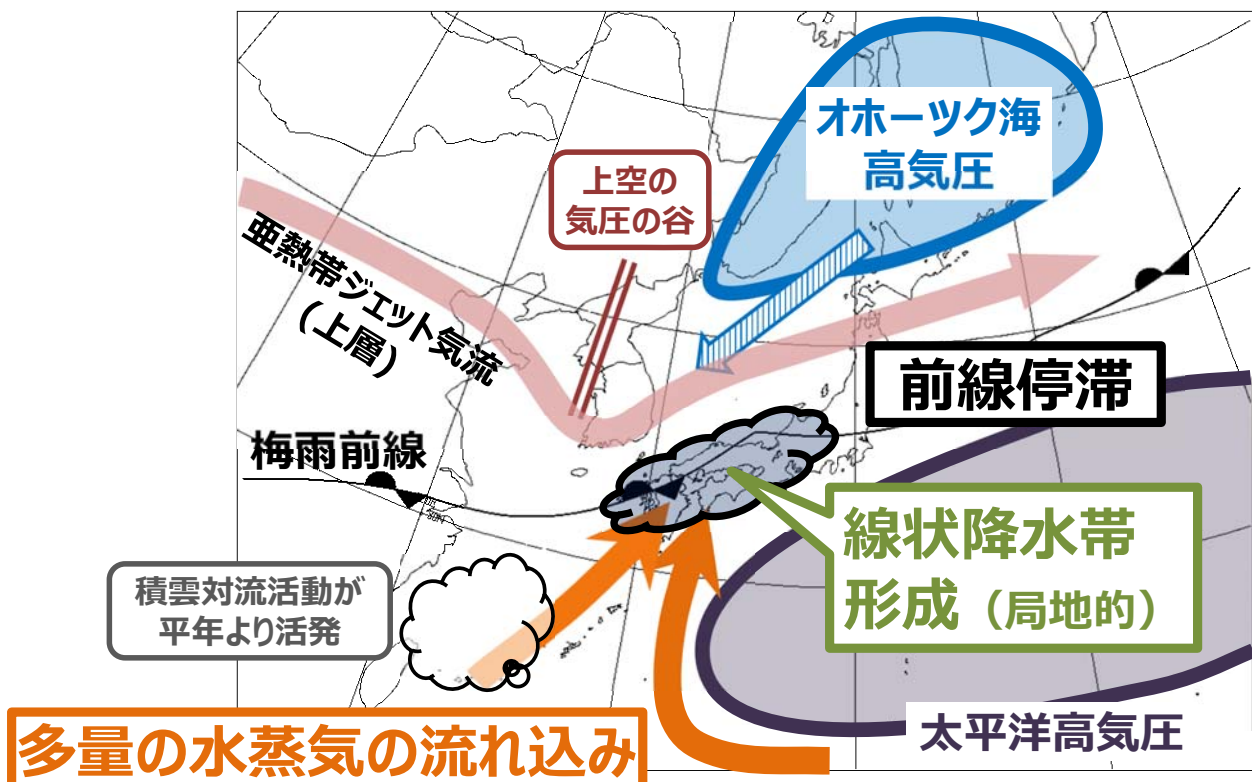
国土交通省(2020) 6

内 容

- 最近の災害から思うこと
- 典型的な梅雨豪雨
- **平成30年7月豪雨と災害**
- 気候変動との関係は？
- 気候変動適応とは？
- 流域治水とは？
- おわりに

15

**西日本を中心とした記録的な大雨（7月5日から8日）
をもたらした大気の流れ**



16

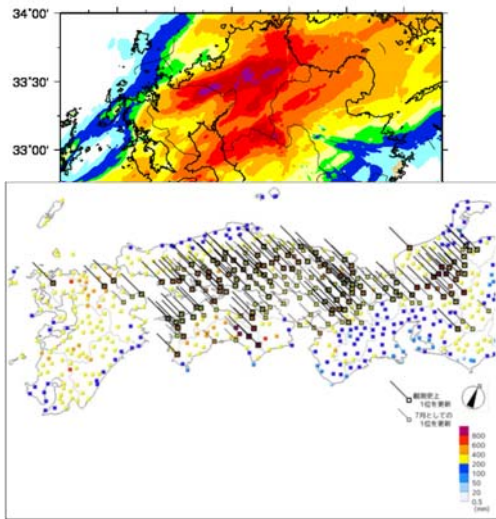
平成30年西日本豪雨

7月4日～7日までの3日雨量

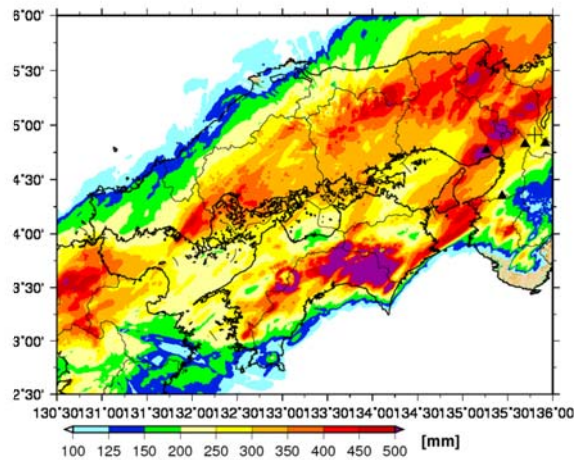
Rainrate 20180707 11:59

7月6日の1日雨量

Rainrate 20180706 23:59



7月4日～7日までの3日雨量



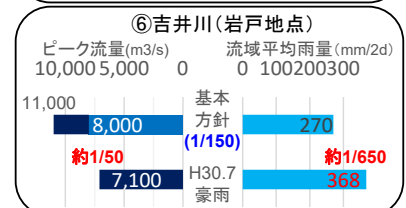
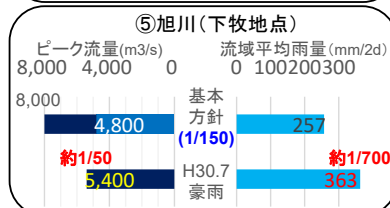
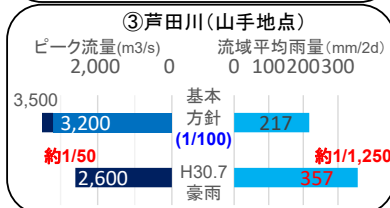
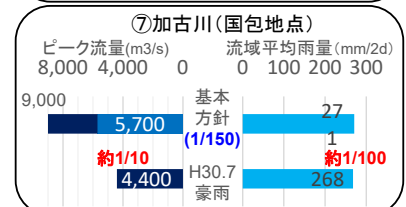
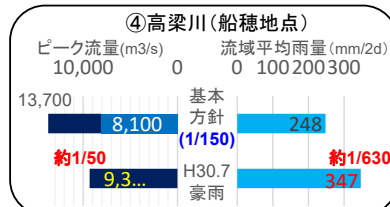
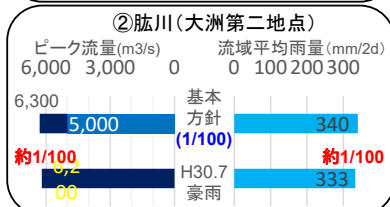
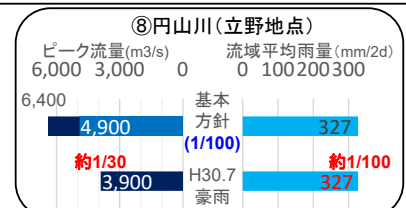
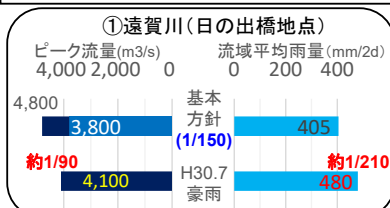
元々筋状の線状降水帯が生起しやすい場所で、総降雨量分布では筋状が見える。そして、今まで起きていないところでも筋状が見える。背が低い。雷少ない。

国土交通省XRAINから作成(中北・小坂田・山口)

17

降雨量・ピーク流量の状況(治水計画との比較)

- 氾濫危険水位を超過した国管理河川のうち、8河川では、基本高水の計画規模の降雨量*と同程度又は上回った。
- しかし、基準地点の流量は、河川整備計画の目標流量を超過した河川はあるものの、基本高水のピーク流量を超過した河川はなかった。



数字: 河川整備計画の目標流量 黄色: ピーク流量が整備計画以上の値 赤字: 流域平均雨量が基本方針以上の値
* 基本高水のピーク流量を算定する際の計画規模の降雨量。 ※値は全て速報値 流量はダム氾濫戻し、流域平均雨量は地点上流。

平成30年7月豪雨により氾濫危険水位を超えた国管理河川

国管理河川では、26水系50河川で、氾濫危険水位を超過。
このうち、23水系46 河川は記録的な大雨となった西日本に集中。

由良川水系由良川(福知山市) 7月7日 13時頃

由泉川水鶏 島島J急停3 7。5k



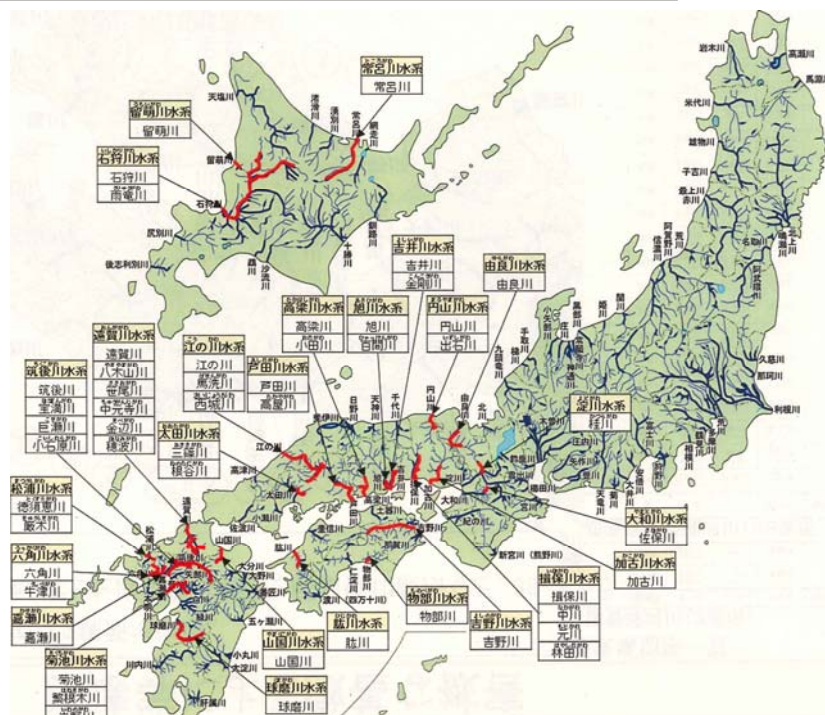
京都府福知山市 事務所鉄塔



太田川水系三篠川(広島市) 7月6日22:00頃



福岡県久留米市田主丸町 片ノ瀬(出)



国土交通省
大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策検討小委員会資料

19

浸水被害の発生状況

○ 堤防の決壊や越水による河川氾濫等により、西日本を中心に各地で浸水被害が発生した。

高梁川水系小田川(岡山県倉敷市)
・ 左岸及び複数の支川の決壊、右岸の越水により、多数の家屋等浸水(約1,200ha、約4,600戸)(7/7)
・ 排水作業により浸水は概ね解消(7/11)
・ 決壊2箇所及び法面れき溜所にて緊急復旧を実施。
7月15日に堤防補修盛土の施工が完了。



7月7日撮影



肱川水系肱川(愛媛県大洲市)

・ 全ての暫定堤防箇所や、東大洲地区の二線堤からの越水等により、大洲市全域で浸水家屋数3,114棟(床上2,296棟、床下818棟)の被害が発生(8月30日 19時現在大洲市調べ)。
・ 7月8日までに浸水は解消



東大洲地区の浸水状況

○ 国管理河川の主な浸水被害地域

No.	水系	主な河川	主な市町村
①	由良川	由良川	京都府福知山市
②	江の川	江の川	島根県江津市
③	江の川	馬洗川	広島県三次市
④	高梁川	小田川	岡山県倉敷市
⑤	芦田川	芦田川	広島県福山市、府中市
⑥	太田川	三篠川	広島県広島市
⑦	肱川	肱川	愛媛県大洲市
⑧	遠賀川	遠賀川	福岡県飯塚市
⑨	筑後川	巨瀬川	福岡県久留米市
⑩	六角川	武雄川	佐賀県武雄市

○ 府県管理河川の主な浸水被害地域

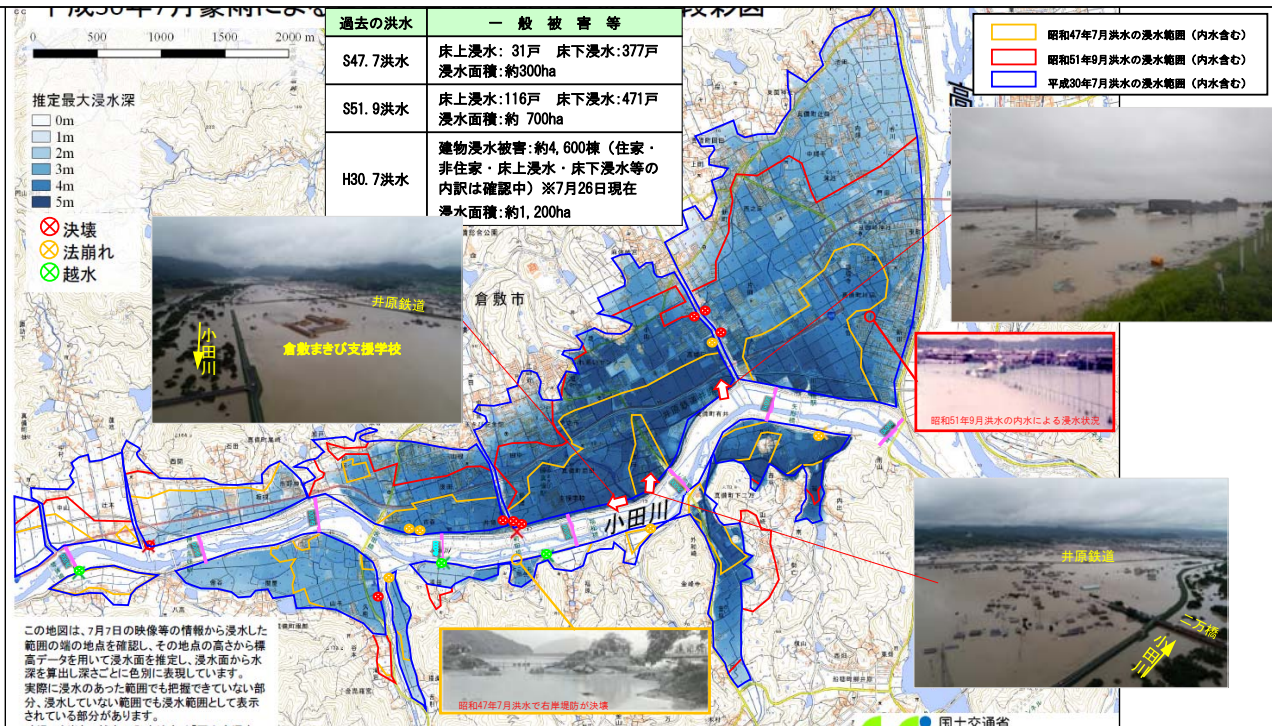
No.	水系	主な河川	主な市町村
①	木曾川	津保川	岐阜県関市
②	由良川	鹿川	京都府綾部市
③	高野川	高野川	京都府舞鶴市
④	旭川	旭川	岡山県岡山市
⑤	旭川	砂川	岡山県岡山市
⑥	旭川	備中川	岡山県真庭市
⑦	高梁川	高梁川	岡山県総社市、高梁市
⑧	高梁川	小田川	岡山県久美町、井原市
⑨	高梁川	尾坂川	岡山県笠岡市
⑩	芦田川	高屋川	岡山県井原市
⑪	芦田川	福川	広島県福山市
⑫	芦田川	西谷川	広島県福山市
⑬	芦田川	瀬戸川	広島県福山市
⑭	手城川	手城川	広島県福山市
⑮	芦田川	御願川	広島県府中市
⑯	太田川	矢口川	広島県広島市
⑰	太田川	奥田川	広島県広島市
⑱	太田川	府中太田川	広島県広島市
⑲	太田川	堤川	広島県府中市
⑳	総瀬川	総瀬川	広島県飯塚市
㉑	瀬野川	瀬野川	広島県広島市
㉒	矢野川	矢野川	広島県広島市
㉓	西野川	西野川	広島県三原市
㉔	沼田川	沼田川	広島県三原市
㉕	野呂川	野呂川	広島県広島市
㉖	島田川	島田川	山口県周南市、光市
㉗	肱川	肱川	愛媛県大洲市、西予市
㉘	渡川	渡川	愛媛県松野町、鬼北町
㉙	安芸川	安芸川	高知県安芸市
㉚	松田川	松田川	高知県高岡市
㉛	筑後川	山ノ井川	福岡県久留米市
㉜	筑後川	池町川	福岡県久留米市
㉝	筑後川	不動川	福岡県久留米市
㉞	筑後川	築地川	福岡県小郡市
㉟	筑後川	下弓瀬川	福岡県久留米市
㊱	筑後川	大刀洗川	福岡県大刀洗町
㊲	筑後川	陣屋川	福岡県大刀洗町
㊳	相割川	相割川	福岡県北九州市
㊴	御幸川	高尾川	福岡県筑紫野市

国土交通省
大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策検討小委員会資料

20

倉敷市真備町の浸水状況（小田川）

- 高梁川および小田川の急激な水位上昇等に伴い、小田川(2箇所)および二次支川(6箇所)で堤防が決壊。
○昭和47年7月洪水(小田川右岸が決壊及び内水氾濫)、昭和51年9月洪水(内水氾濫)を上回る浸水被害が発生。



国土交通省
大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策検討小委員会資料

を中国地方整備局で一部加工

国土交通省
国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

動画: 国土交通省中国地方整備局 21

平成30年7月豪雨による内水被害の概要

- 内水氾濫による浸水被害が西日本を中心に19道府県88市町村で発生。
○浸水戸数は全国で約2.9万戸。うち内水被害が約1.9万戸。

○主な内水被害団体※(被害戸数 1,000戸以上)

都道府県		市	被害状況		合計
			床上(戸)	床下(F)	
			)		5,415
岡山県	岡山市	1687	3,728		1,434
福岡県	久留米市	423	1011		1,389
合計		88地方公共団体	6,104	12,749	18,853
広島県	福山市	751	638		

○内水被害発生団体※ (肉は市町村数)
北海道 8、富山県 1、石川県 1、岐阜県 2、愛知県 1、京都府 3、大阪府 3、兵庫県 3、和歌山県 3、岡山県 1、広島県 0、山口県 0、香川県 1、愛媛県 4、高知県 0、福岡県 4、佐賀県 6、長崎県 1、沖縄県 2

※被害戸数は地方公共団体からの報告による。
なお、外水被害を含む場合があることから、今後変動することがある。



国土交通省
大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策検討小委員会資料

平成30年7月豪雨による土砂災害の発生状況

9月25日時点

土砂災害発生件数
(7月2日以降を集計)

(都道府県報告)
1道2府28県

2,512件※

±土石流等: 769件
地すべり: 55件
がけ崩れ: 1,688件

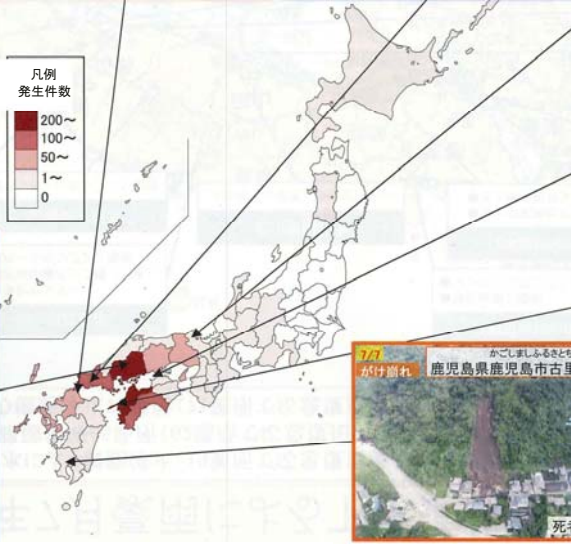
【被害状況】

人的被害: 死者 119名
負傷者 29名
人家被害: 全壊 213戸
半壊 340戸
一部損壊 290戸

※被害状況等については精査中

※1 近10年(H20～29)の平均土砂災害発生件数 1.106件/年

※2 近10年(H20～29)の最大土砂災害発生件数 1,514件/年<H29>



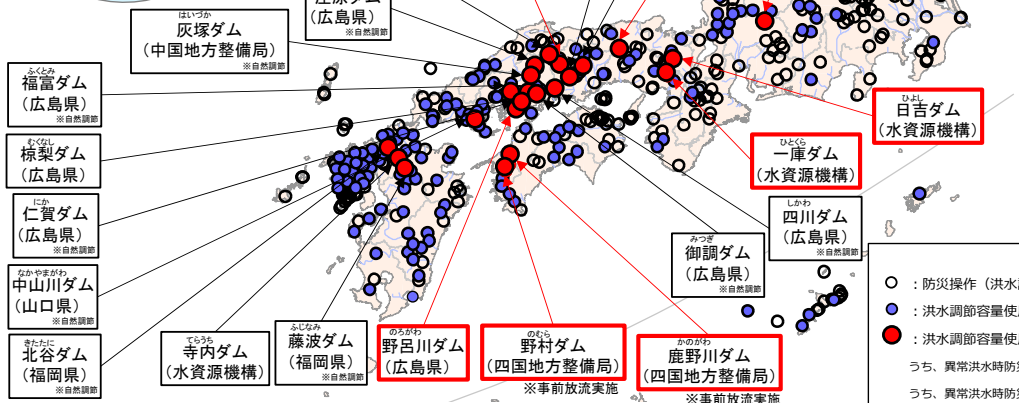
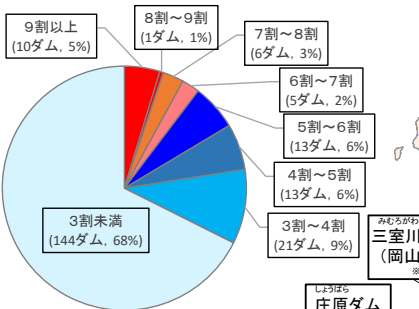
国土交通省

大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策検討小委員会資料

平成30年7月豪雨におけるダム状況や特徴

○平成30年7月豪雨で洪水調節を行った213ダムのうち、22ダムは洪水調節容量の6割以上を使用。

平成30年7月豪雨で洪水調節を実施した
213ダムの洪水調節容量使用率毎の割合



<22ダムの特徴>

- 長時間にわたる降雨による複数のピーク流量を形成する洪水により、洪水調節容量を長時間にわたり使用し続けたダム。
- 急激な降雨の増大による鋭いピーク流量を形成する洪水により、洪水調節容量を短時間で一気に使用したダム。
- 事前放流を実施してもなお洪水調節容量を使い切り、異常洪水時防災操作へ移行したダム。
- 下流河川の流下能力等に応じた暫定的な操作規則において、洪水調節容量を使い切り、異常洪水時防災操作へ移行したダム。

【凡例】

- : 防災操作(洪水調節)を実施していないダム (345ダム)
- : 洪水調節容量使用率が6割未満のダム (191ダム)
- : 洪水調節容量使用率が6割以上のダム (22ダム)
- : うち、異常洪水時防災操作を実施していないダム (14ダム)
- : うち、異常洪水時防災操作を実施したダム (8ダム)

国土交通省

大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策検討小委員会資料

平成30年7月豪雨の特徴

平成30年7月豪雨の特徴を大枠でまとめますと、

- ① 梅雨豪雨としては珍しく、長期間に広い範囲でたくさんの総雨量がもたらされた、
- ② それによって満身創痍になっていた多くの山腹斜面・河川流域・ダム貯水池で、通り過ぎていった**そう強くない豪雨の一波二波第三波第四波**がトンカチがたたき付けるがごとく土砂崩壊、洪水、ダムの小貯水池からの緊急放流をもたらした。
- ③ そのため、情報伝達、避難に関して多くの視点をもたらした、

となります。満身創痍とは山腹斜面、河川流域の山々、ダム貯水池が水で満杯になっていて、それ以上少しでも豪雨があると土石流・斜面崩壊・崖崩れが生じたり、河川流域の山々からすでに満杯の川やダム貯水池に雨水が流出したりしやすい状態を言っています。耐えることのできる限界にあとことを言っています。そして事実、その上で加えての豪雨がやってきたのです。トンカチ役である**そう強くない豪雨の一波二波の影響を評価するには、レーダー等を使った短時間降雨予測の強化とその利用の促進を図る必要がある。**

中北(2018)

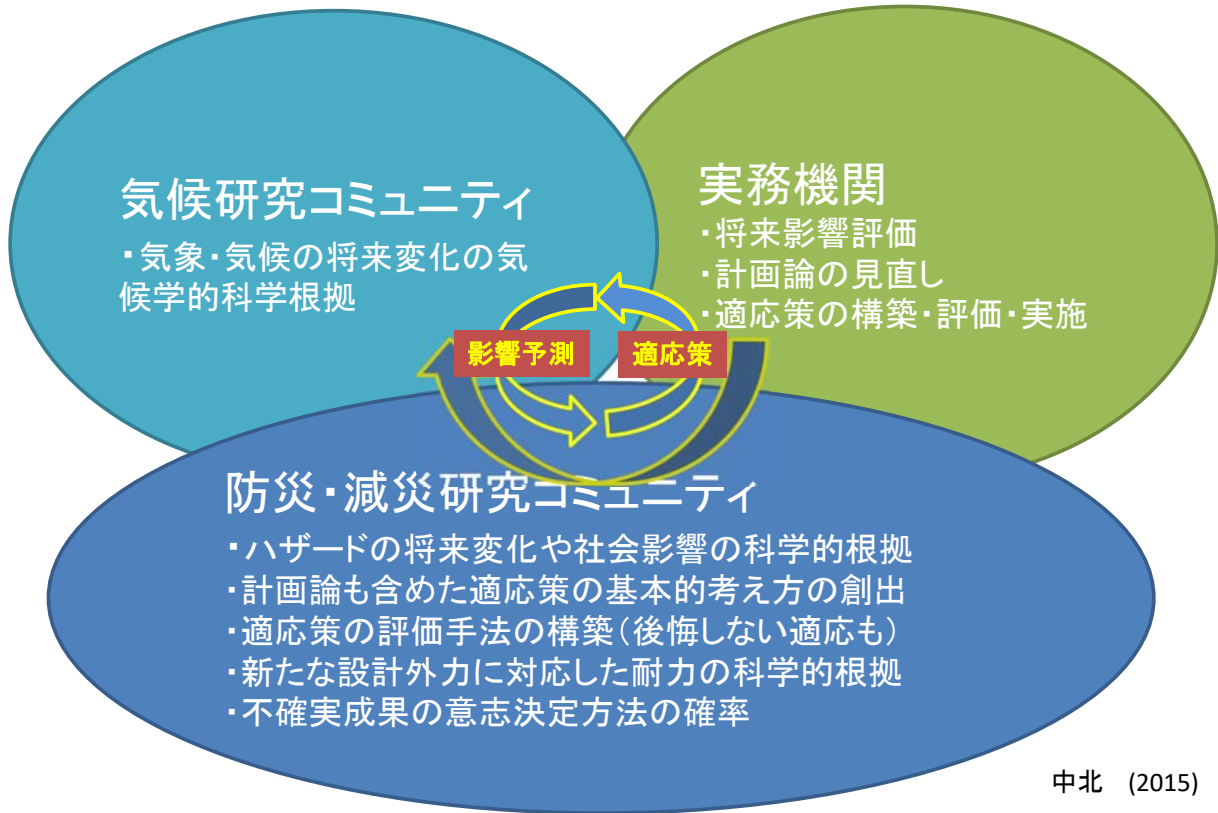
25

内 容

- ・ 最近の災害から思うこと
- ・ 典型的な梅雨豪雨
- ・ 平成30年7月豪雨と災害
- ・ **気候変動との関係は？**
- ・ 気候変動適応とは？
- ・ 流域治水とは？
- ・ おわりに

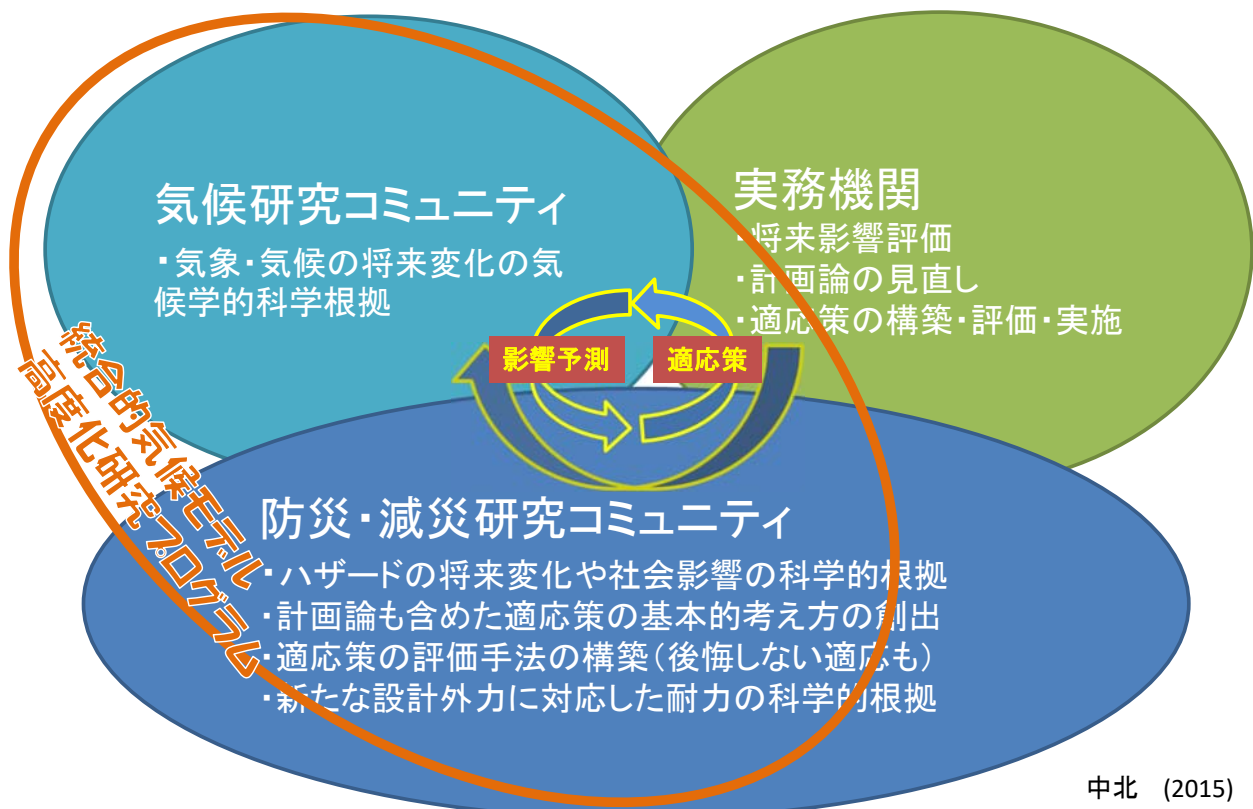
26

気候研究コミュニティ,防災減災研究コミュニティ,実務機関 協働の重要性



27

気候研究コミュニティ,防災減災研究コミュニティ,実務機関 協働の重要性



28

文部科学省・統合的気候モデル高度化研究プログラム

4つの研究領域テーマを連携させた統合的な研究体制の構築

全球規模の気候変動予測と基盤的モデル開発 (代表：東大)

気候変動予測を可能とする「**全球気候モデル**」を構築し、他の研究・予測へと活用。



炭素循環・気候感度・ティッピング・エレメント等の解明 (代表：JANSTEC)

炭素・窒素の循環も含む「地球システムモデル」を構築。**気候感度(*)**や**ティッピングエレメント(**)**等を解明。



統合的気候変動予測 (代表：気象研)

日本周辺を中心とした「**領域気候モデル**」を構築し、適応策検討に活用できるよう、高精度な予測情報を創出。



統合的ハザード予測 (代表：京大)

温暖化により激甚化が想定される**高潮・洪水等のハザード**の予測。



* 気候感度：大気中のCO2濃度が2倍になった時の気温上昇量。

** ティッピング・エレメント：気候変動があるレベルを超えたとき、気候システムにしばしば不可逆性を伴うような激変が生じる現象。

○前身事業以降開発しているわが国独自の気候モデルの利用数は、世界でもトップクラス。

○創出された気候変動予測情報は、気候変動の影響評価の基盤として活用。

29

作成：文部科学省（水災害・水資源分野における気候変動の影響と適応に関するシンポジウム資料、2109）

01 Sep 208X 00 UTC

地球温暖化で地球はどうなるだろう 気候モデルによる科学ベースの将来予測

気候学・コンピューターサイエンス・地球工学の融合

文部科学省・統合的気候予測モデル高度化プログラム

©MRI, JMA, JAMSTEC, MEXT

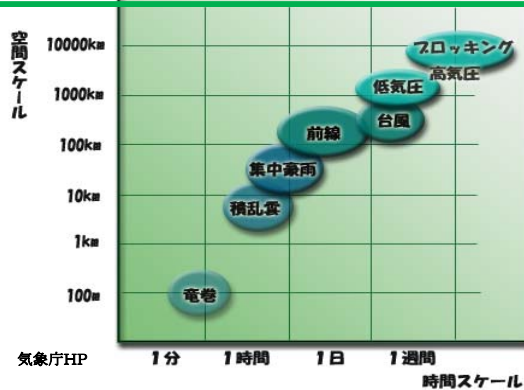


SOUSEI



気候変動影響評価が可能な豪雨は？

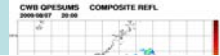
台風



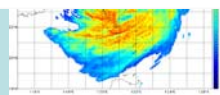
範囲: 1000km

継続時間: 1日から数日

大河川での洪水、大規模水害、土砂災害
2009/08/08 in 台湾



20/60km格子モデル(AGCM20/60)



台湾中央気象局、台湾国家災害防救科技中心

集中豪雨

範囲: 100km

継続時間: 6時間から半日程度

中・小河川での洪水、内水氾濫、土砂災害
2010/10/20 in 奄美

5km格子モデル(NHRCM05)



南日本新聞 OFFICIAL SITE

ゲリラ豪雨(局地的豪雨)

範囲: 数km

継続時間: 1時間程度

小河川や下水道内での鉄砲水、都市内水氾濫
2008/07/28 in 都賀川 2008/08/05 in 雄司川谷

2km格子モデル(NHRCM02)



都賀川モニタリング映像

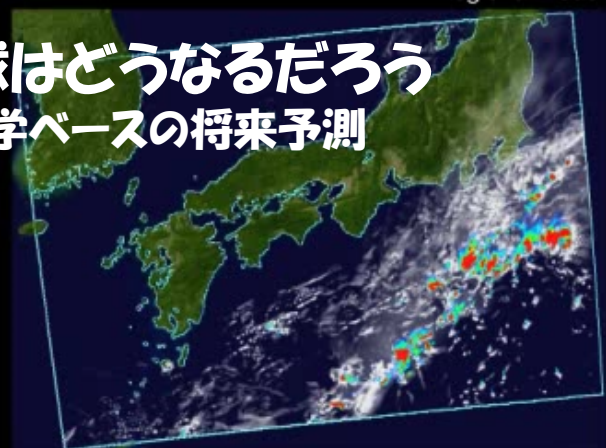
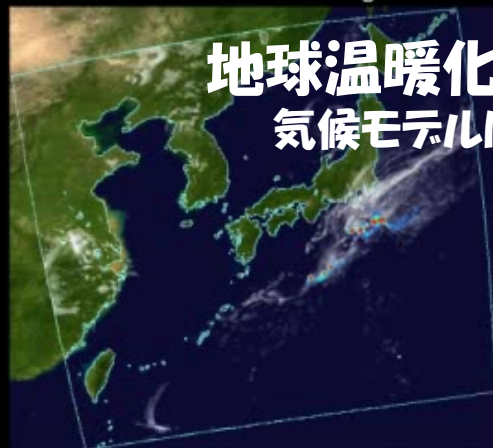


共同通信

5km Regional Model

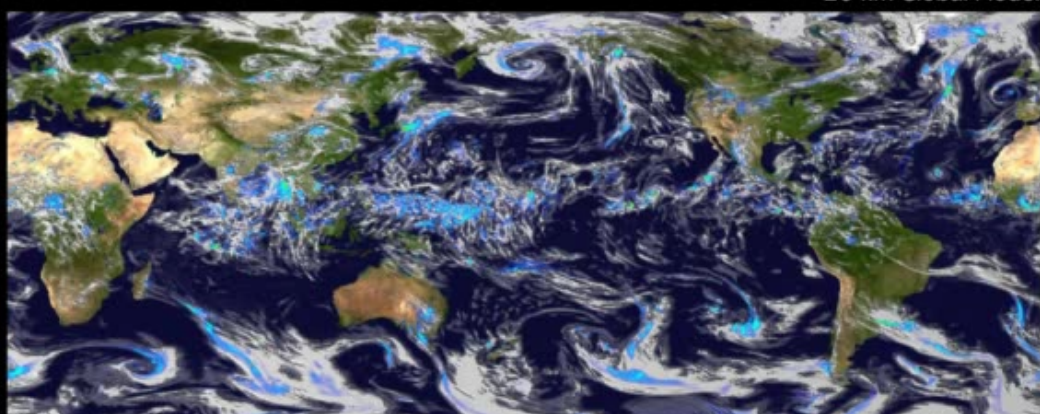
2km Regional Model

地球温暖化で地球はどうなるだろう 気候モデルによる科学ベースの将来予測



05 Sep
208X
00 UTC

20 km Global Model



©MRI,JMA,JAMSTEC,MEXT

温暖化による日本への影響推測

・ 台風 :

- 日本への到来回数は減る
- スーパー台風の危険性は高まる
- 移動速度が遅くなる

・ 梅雨 :

- 7月上旬の日100mm以上の割合がます
- 豪雨の生起回数や総雨量が増える
- 北海道や東北でも増える

・ ゲリラ豪雨 :

- 生起回数増える
- 強度が増すだろう



SOUSEI



KAKUSHIN

33

水災害・水資源に関し、我が国で おおよそ何が推測されているか？

- ・ 100年に一度起こる規模の河川最大流量が全国で増大する
- ・ 10年に一度の少ない規模で起こる河川流量が北日本と中部山岳地帯を除く多くの流域で悪化し、融雪水を利用している地域では、融雪ピークの減少やそれが早期化する
- ・ ダム操作の有効性が変化する(洪水時も、渇水時も)
- ・ 西日本太平洋側を中心に、表層崩壊や、深層崩壊という数10mの深さでかつ水平規模の大きい斜面崩壊の危険性が増大すること
- ・ 100年に一度の規模で起こる高潮・高波が主要湾で悪化すること
- ・ 降雪、積雪状況の変化により、水ストレスが増加すること

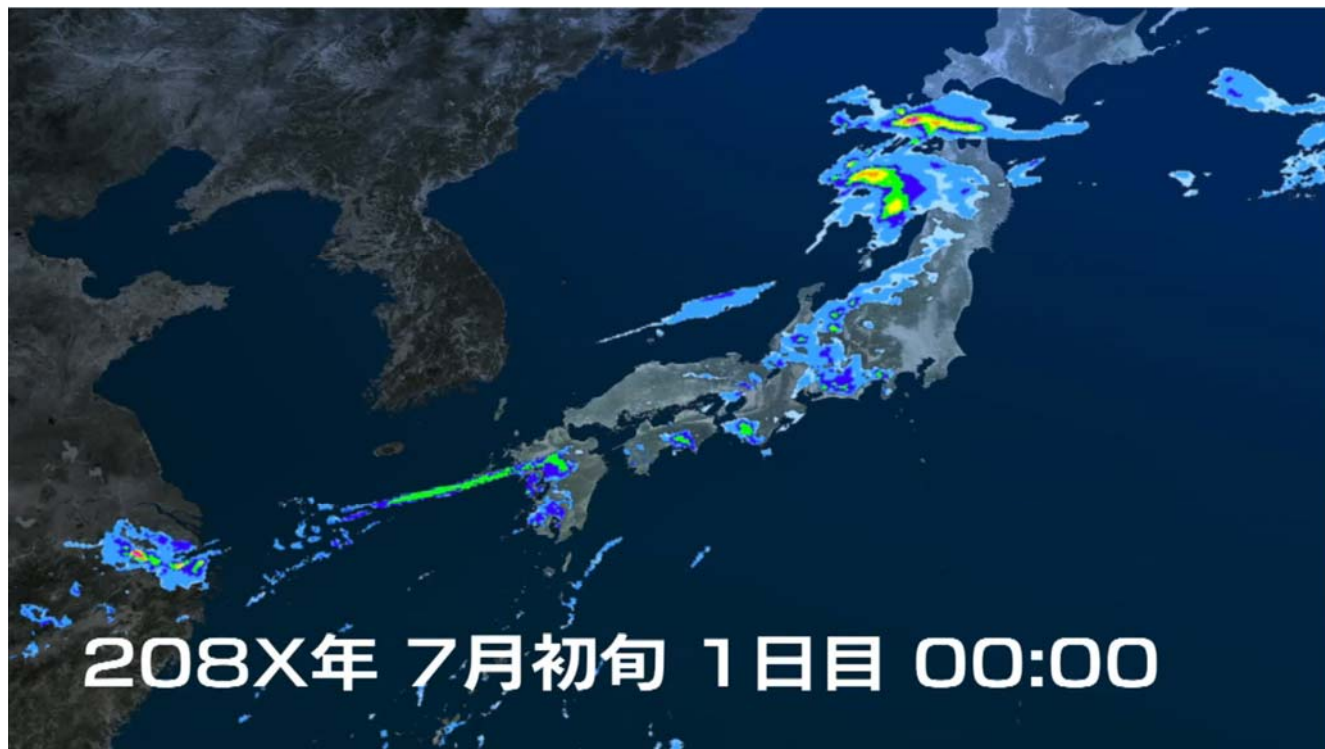


SOUSEI



KAKUSHIN

34



シミュレーション: 気象庁気象研究所
画像作成: NHK

35



36

梅雨豪雨発生頻度の将来変化

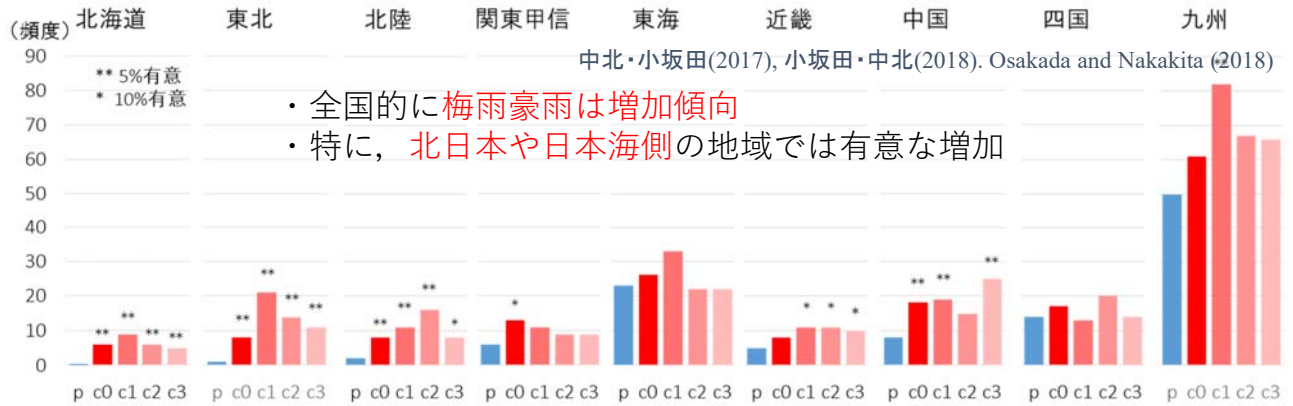
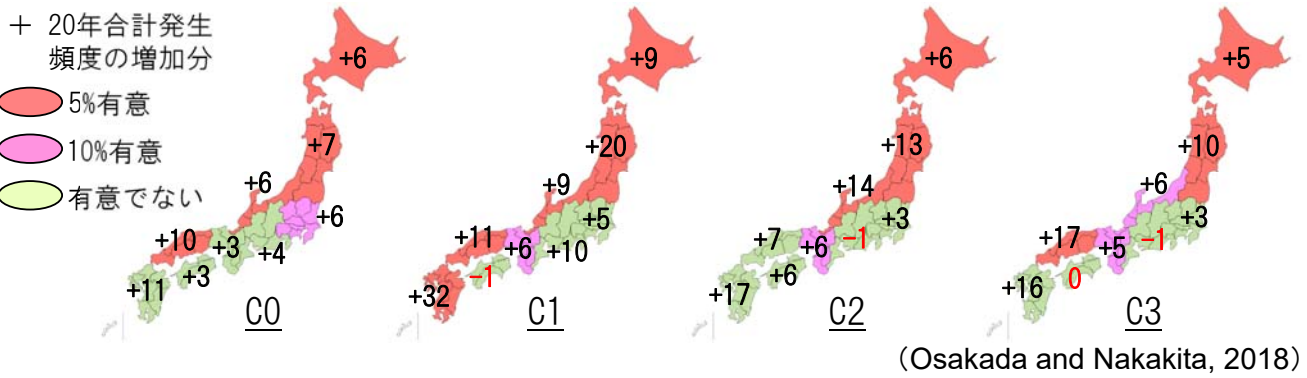
中北・小坂田(2017), 小坂田・中北(2018), Osakada and Nakakita (2018)

+ 20年合計発生
頻度の増加分

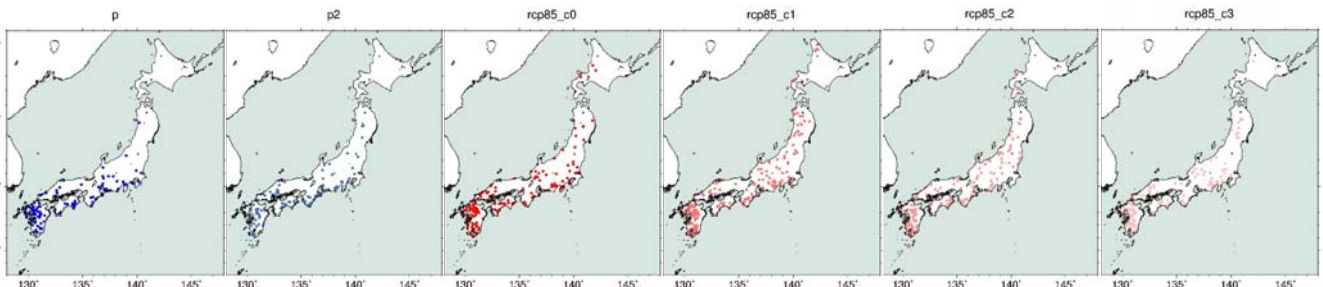
5%有意

10%有意

有意でない



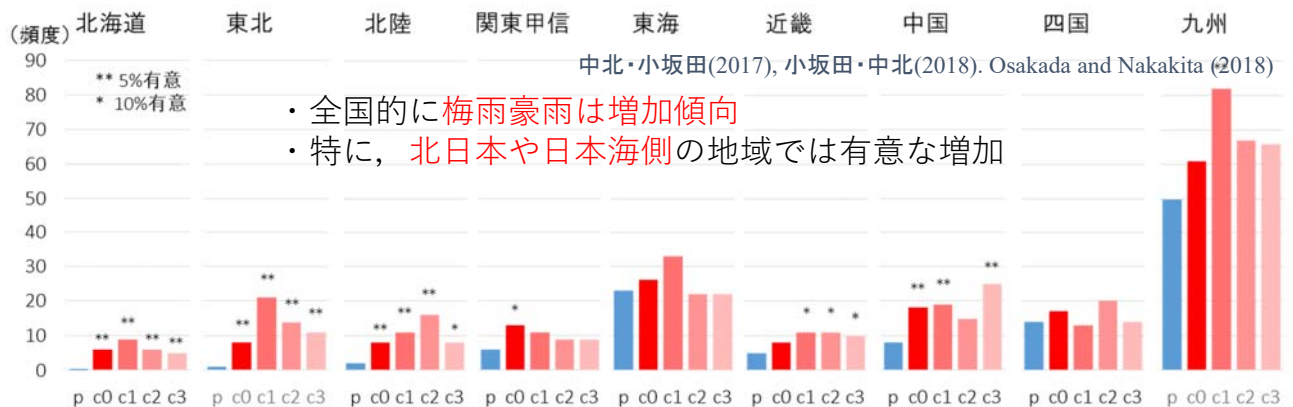
梅雨豪雨発生頻度の将来変化



現在再現 (青)

将来予測 (赤)

(小坂田, 中村, 中北 2020)

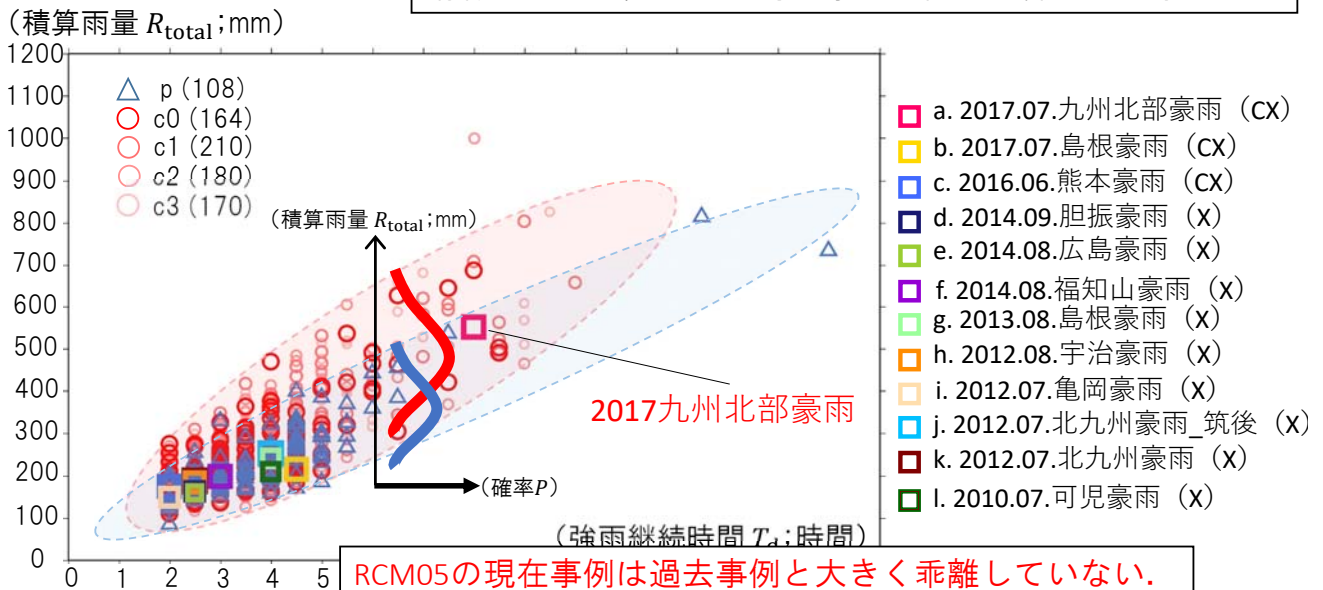


梅雨豪雨の強雨総雨量の将来変化



中北・小坂田(2017), 小坂田・中北(2018), Osakada and Nakakita (2018)

定量的な情報である偏波のXバンドレーダ及びCX合成雨量情報を用いて、過去の梅雨豪雨事例の積算雨量を解析。



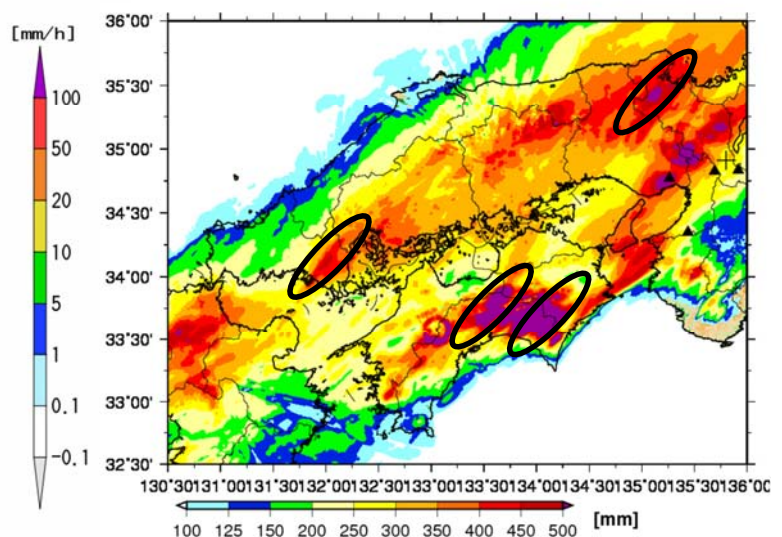
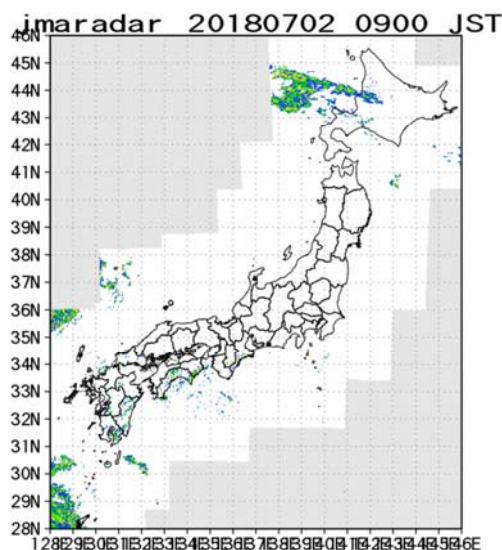
小坂田・中北(2018)

さらに、2017年九州北部豪雨は現在では非常に極端な事例であった一方、将来では特別極端ではないことがわかった。

2018年西日本豪雨は…？

気象庁Cバンドレーダによる
降雨強度

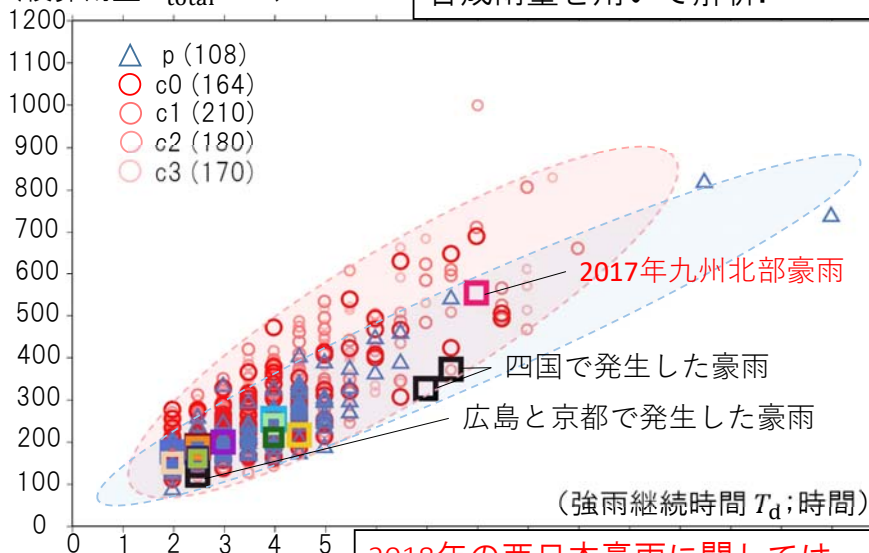
CX合成雨量による
2018.07.04 12:00 ~ 2018.07.07 11:59
3日間積算雨量



過去の梅雨豪雨事例との比較

2018年西日本豪雨において発生した豪雨のうち、**本研究**における“梅雨豪雨”の定義に合った豪雨について、CX合成雨量を用いて解析。

(積算雨量 R_{total} ; mm)



- a. 2017.07.九州北部豪雨 (CX)
- b. 2017.07.島根豪雨 (CX)
- c. 2016.06.熊本豪雨 (CX)
- d. 2014.09.胆振豪雨 (X)
- e. 2014.08.広島豪雨 (X)
- f. 2014.08.福知山豪雨 (X)
- g. 2013.08.島根豪雨 (X)
- h. 2012.08.宇治豪雨 (X)
- i. 2012.07.亀岡豪雨 (X)
- j. 2012.07.北九州豪雨_筑後 (X)
- k. 2012.07.北九州豪雨 (X)
- l. 2010.07.可児豪雨 (X)

2018年の西日本豪雨に関しては、メソβスケールの梅雨豪雨の定義では、その異常さを評価できない。
→1つ大きなスケールから特徴を捉えることが必要。

小坂田・中北(2018)

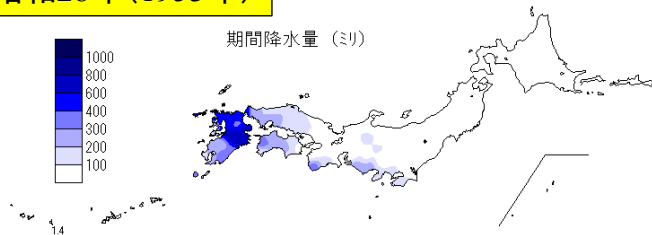
41

昭和28年と昭和47年の災害（梅雨前線）

昭和28年(1953年)

出典: 気象庁

昭和28年(1953年) 6/23-6/30

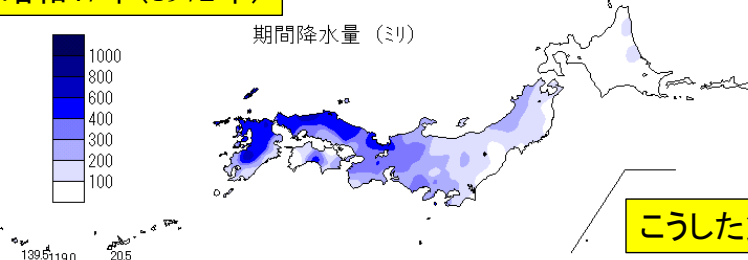


死者748名、行方不明者265名、
負傷者2,720名
住家全壊5,699棟、半壊11,671棟
床上浸水199,979棟、床下浸水
254,664棟など(消防白書より)

これを契機に筑後川の治水計画改定
(松原・下笠ダム)

昭和47年(1972年)

昭和47年(1972年) 7/3-7/15



死者421名、行方不明者26名、
負傷者1,056名
住家全壊2,977棟、半壊10,204棟
床上浸水55,537棟、床下浸水
276,291棟など(消防白書より)

こうした災害経験を忘れてはいないか？

今回と同様に、西日本で広範囲に
同時多発に水害発生

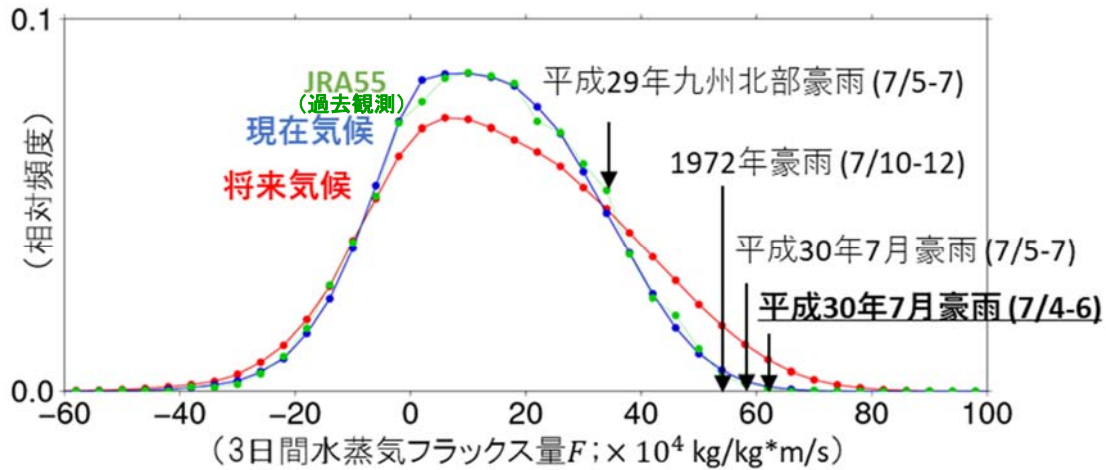
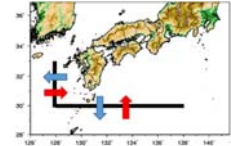
死者220名、行方不明者10名、負傷者407名
住家全壊5,236棟、半壊5,790棟
床上浸水13,258棟、床下浸水20,942棟など
(消防庁資料より)

角(2018)

平成30年(2018年)

42

平成30年西日本豪雨の水蒸気浸潤の異常さ

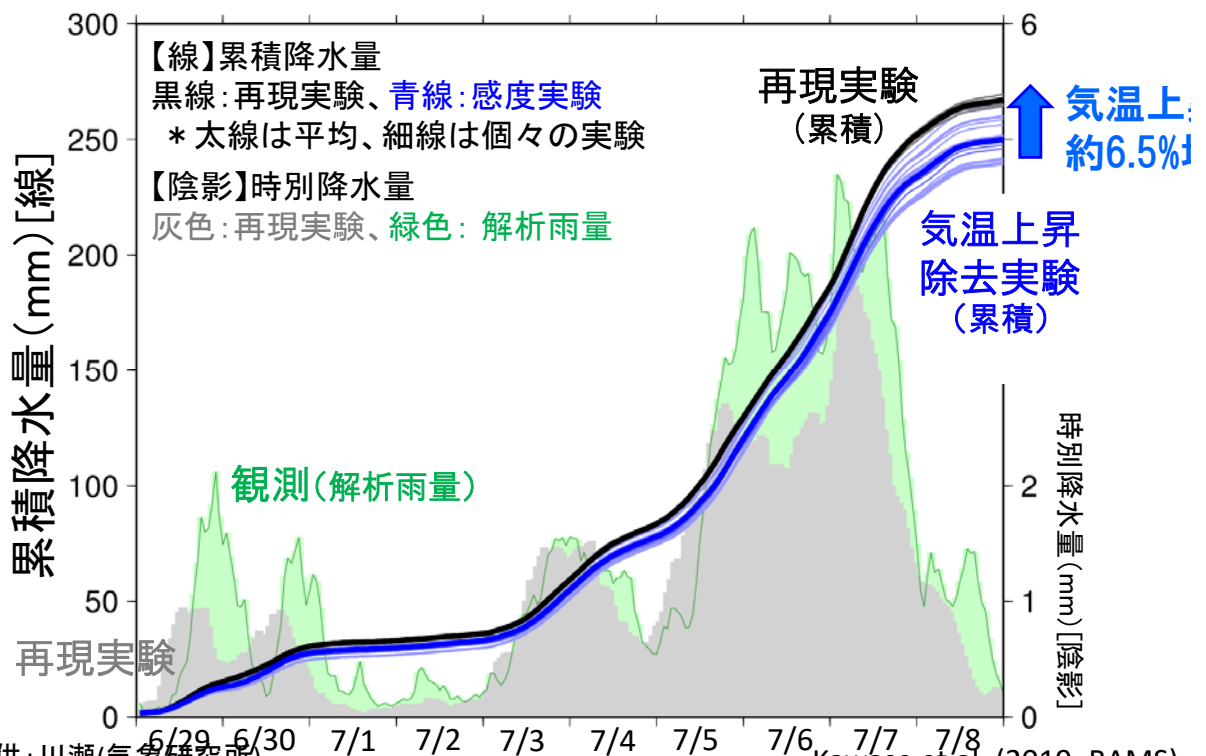


小坂田・中北(2018)

43

平成30年7月豪雨に温暖化がどの程度「量的に」寄与したか？

東日本から西日本の陸上で平均した降水量



スライド提供: 川瀬(気象研究所)

Kawase et al. (2019, BAMS)

梅雨豪雨と温暖化、意見

平成30年7月豪雨の特徴を大枠でまとめますと、

- ① 梅雨豪雨としては珍しく、長期間に広い範囲でたくさんの総雨量がもたらされた、
- ② それによって満身創痍になっていた多くの山腹斜面・河川流域・ダム貯水池で、通り過ぎていったそう強くない豪雨の一波二波三波四波がトンカチのごとく土砂崩壊、洪水、ダムの小貯水池からの緊急放流をもたらした。（第一回でお見せした動画も参照ください）
- ③ そのため、情報伝達、避難に関して多くの視点をもたらした、

となります。満身創痍とは山腹斜面、河川流域の山々、ダム貯水池が水で満杯になっていて、それ以上少しでも豪雨があると土石流・斜面崩壊・崖崩れが生じたり、河川流域の山々からすでに満杯の川やダム貯水池に雨水が流出したりしやすい状態を言っています。耐えることのできる限界にあったことを言っています。そして事実、その上で加えての豪雨がやってきたのです。トンカチ役であるそう強くない豪雨の一波二波の影響を評価するには、レーダー等を使った短時間降雨予測の強化とその利用の促進を図る必要がある。

では、温暖化による将来予測との関係はどうでしょうか？

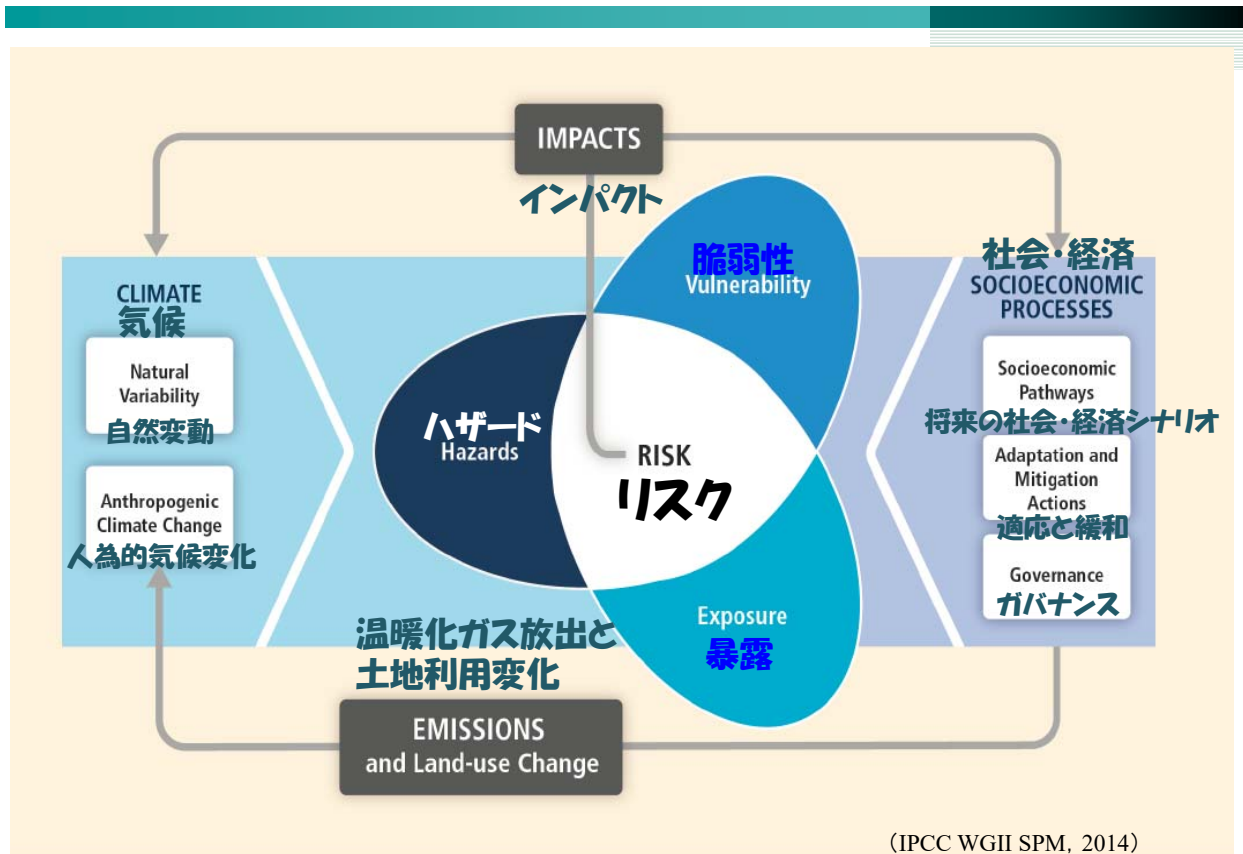
- ① 線状降水帯型梅雨豪雨の頻度は将来増加する。これまでほとんどなかった地域でも生起する。同じ強雨の継続時間内でも、その時間内での強雨総雨量は増大する。
- ② しかし、平成30年7月豪雨のように停滞する大気のパターンは、九州北部豪雨と違い、将来増える兆候は見られません。
- ③ 平成30年7月豪雨時の流入水蒸気量は、勿論現在気候でも将来気候でも珍しく多い範疇になりますが、将来は珍しくはなくなります。したがって、総降雨量が増えることに対する対策が必要になります。

中北(2018)

内 容

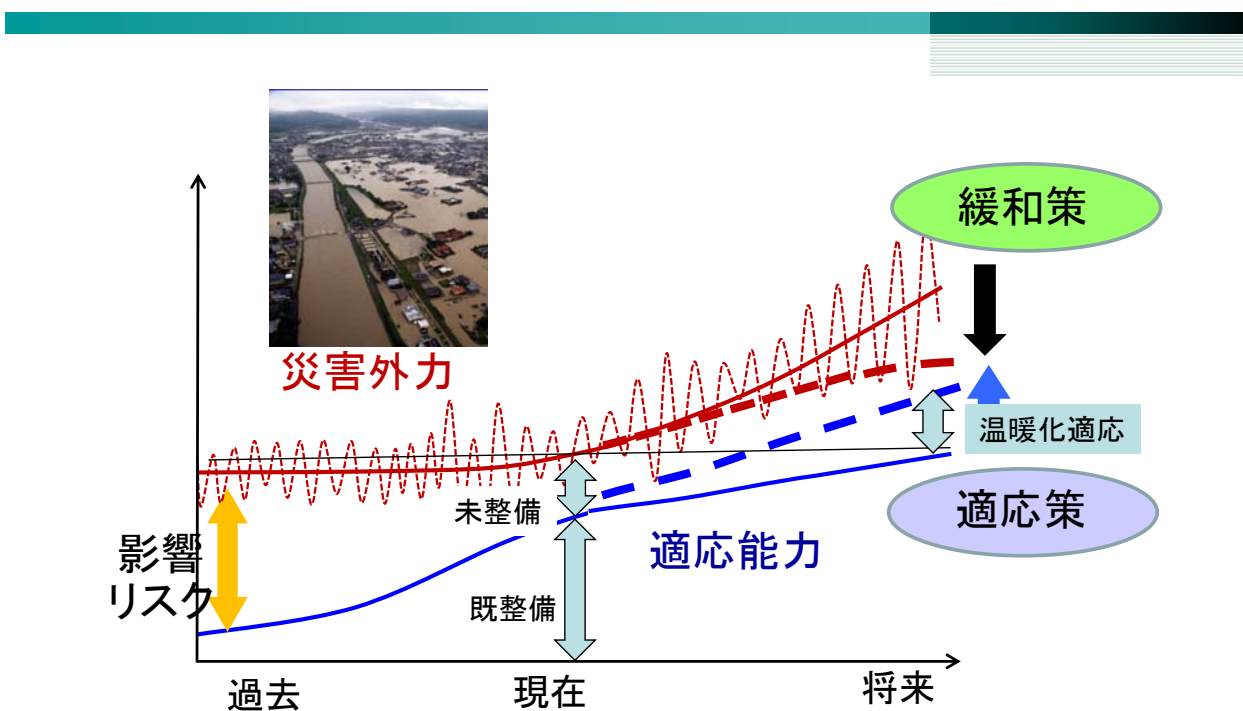
- ・ 最近の災害から思うこと
- ・ 典型的な梅雨豪雨
- ・ 平成30年7月豪雨と災害
- ・ 気候変動との関係は？
- ・ 気候変動適応とは？
- ・ 流域治水とは？
- ・ おわりに

気候変動リスクに関連する要因



47

適応策の役割

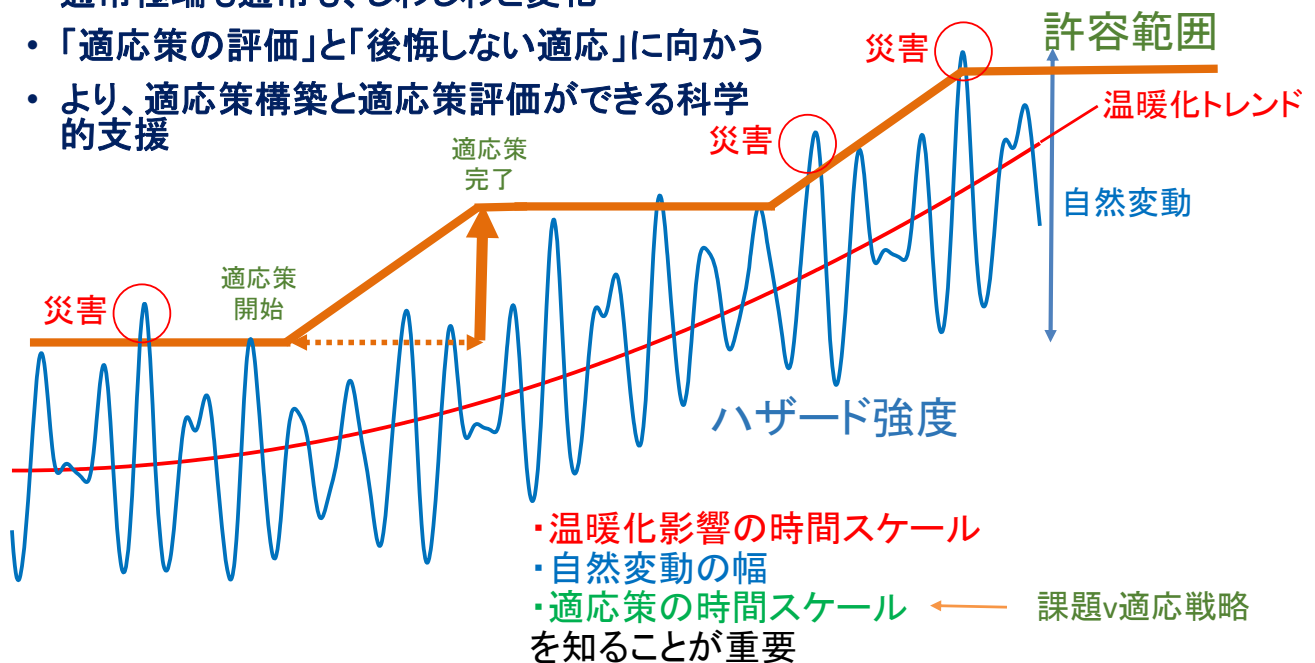


小松(九大、2012)、三村(茨城大、2014)に中北が追加(2109)

後悔しない適応とは？

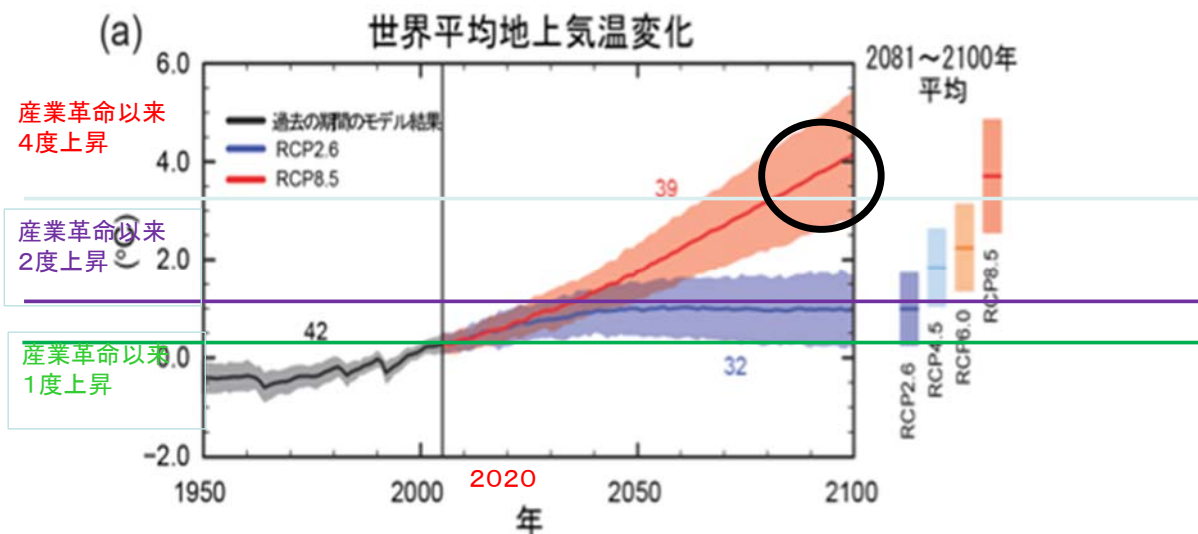
21世紀までのシームレスな影響予測をベースに

- ・ 通常極端も通常も、じわじわと変化
- ・ 「適応策の評価」と「後悔しない適応」に向かう
- ・ より、適応策構築と適応策評価ができる科学的支援



森、中北 (2017)

今世紀末までの世界平均気温変化予測: 2度上昇は世紀末ではありません



水災害・水資源適応に向けた 関係省庁と気候変動研究者との協働シンポジウム



2019年5月24日 国立オリンピック記念青少年総合センター

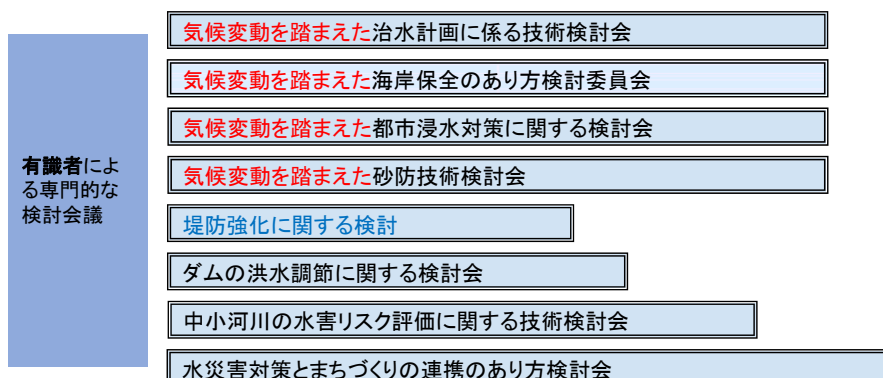
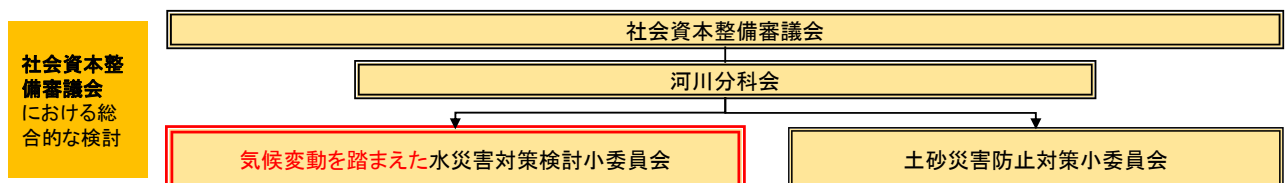
主催 文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム/文部科学省研究開発局
/国土交通省 水管理・国土保全局

後援 農林水産省農村振興局、環境省地球環境局、京都大学IPCCウィークス、土木学会水工学委員会、
地球環境委員会、海岸工学委員会、地盤工学委員会、計画学委員会、水文・水資源学会、
地盤工学会、日本自然災害学会

中北 (2019)

近年の災害や気候変動を踏まえた対策の検討体制

(水管理・国土保全局関係分)



関係省庁による
連絡調整

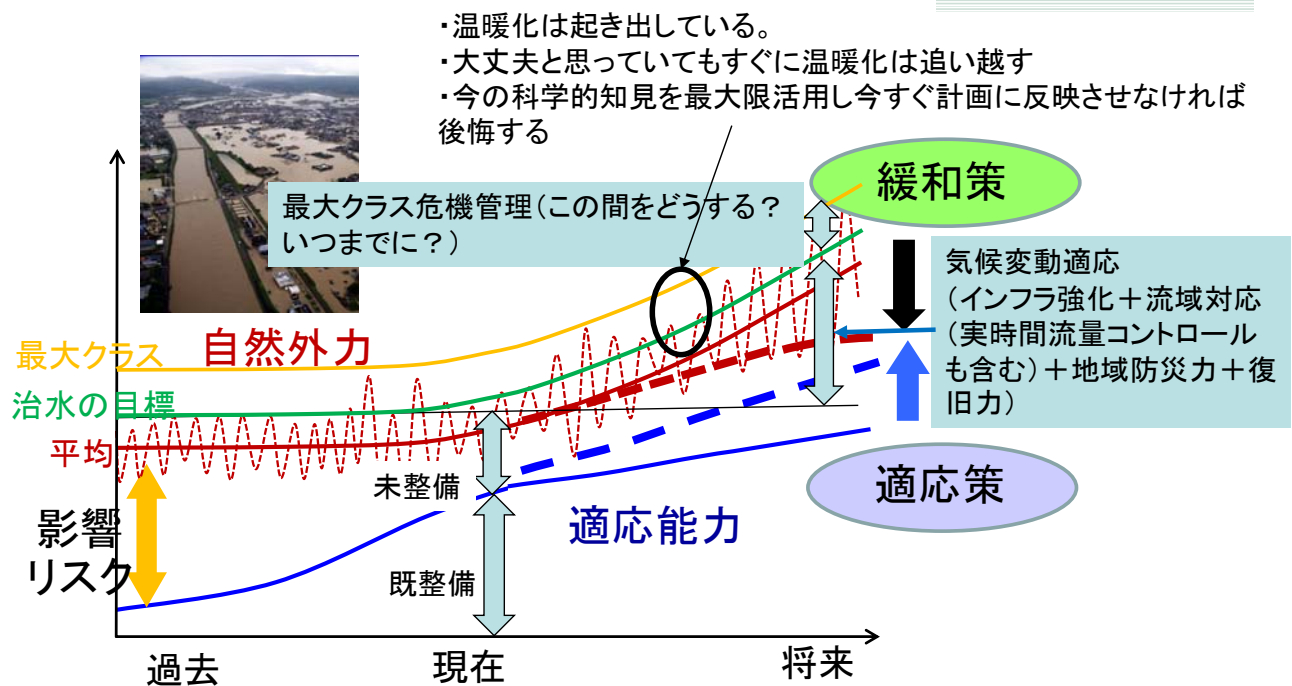
既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議
(内閣官房・厚労省・農水省・経産省(経産局・エネ庁)・国交省(水局・気象庁)) [第1回:11/26, 第2回:12/12]

河川・気象情報の改善に関する検証チーム(水局・気象庁) [第1回:11/14]

社会資本整備審議会による検討
有識者による検討会等
関係省庁による調整会議

国土交通省(2019)

治水の気候変動適応

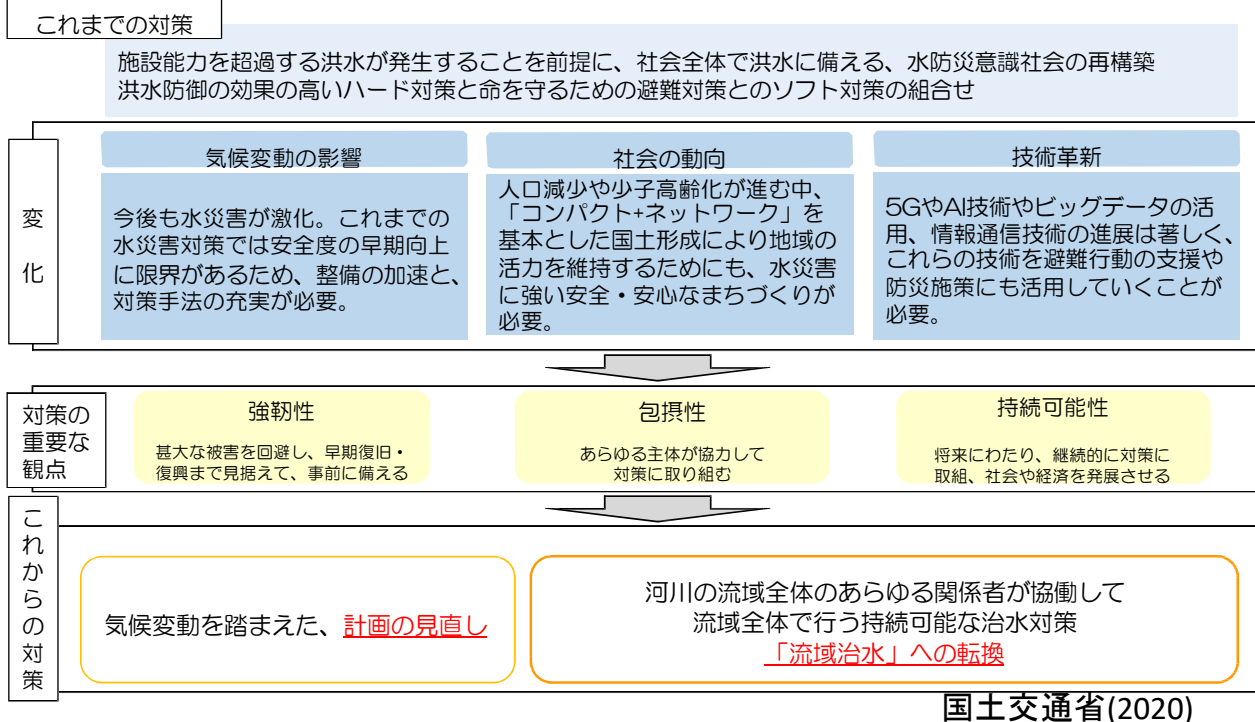


内 容

- ・ 最近の災害から思うこと
- ・ 典型的な梅雨豪雨
- ・ 平成30年7月豪雨と災害
- ・ 気候変動との関係は？
- ・ 気候変動適応とは？
- ・ **流域治水とは？**
- ・ おわりに

気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について

○ 近年の水災害による 甚大な被害を受けて、施設能力を超過する洪水が発生することを前提に、社会全体で洪水に備える水防災意識社会の再構築を一步進め、気候変動の影響や社会状況の変化などを踏まえ、あらゆる関係者が協働して流域全体で行う、流域治水への転換を推進し、**防災・減災が主流となる社会を目指す。**



気候変動を踏まえた計画へ見直し

治水計画を、「過去の降雨実績に基づく計画」から
「気候変動による降雨量の増加などを考慮した計画」に見直し

これまで

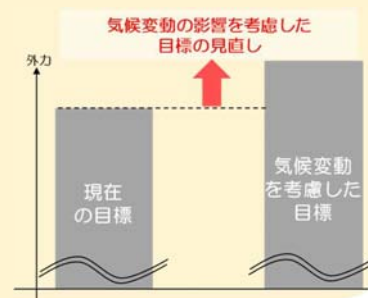
洪水、内水氾濫、土砂災害、高潮・高波等を防御する計画は、これまで、過去の降雨・潮位などに基づいて作成してきた。

しかし、気候変動の影響による降雨量の増大、海面水位の上昇などを考慮すると現在の計画の整備完了時点では、**実質的な安全度が確保できないおそれ**

今後は 気候変動による降雨量の増加※、潮位の上昇などを考慮したものに計画を見直し

気候変動シナリオ	降雨量	流量	洪水発生頻度
2℃上昇相当	約1.1倍	約1.2倍	約2倍

※ 世界の平均気温の上昇を2度に抑えるシナリオ（パリ協定が目標としているもの）



国土交通省(2020)

「流域治水」の施策のイメージ

- 気候変動の影響や社会状況の変化などを踏まえ、河川の流域のあらゆる関係者が協働して流域全体で行う治水対策、「流域治水」へ転換。
- 治水計画を「気候変動による降雨量の増加などを考慮したもの」に見直し、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、地域の特性に応じ、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・復興のための対策をハード・ソフト一体で多層的に進める。



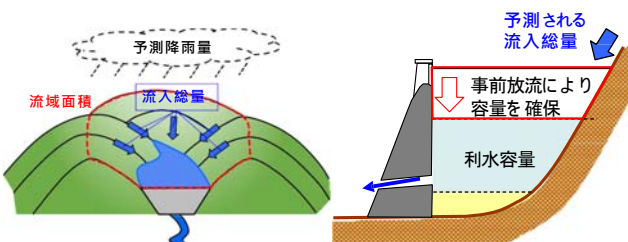
国土交通省(2020)

① 氾濫をできるだけ防ぐための対策～利水ダム等において貯留水を事前に放流し洪水調節に活用～

- 関係省庁により策定された「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本的な方針」に基づき、関係省庁や利水者とも調整の上で、利水ダムなどの利水のための貯流水をあらかじめ放流し、洪水調節のための容量を確保する「事前放流」を抜本的に拡大する。
- 長時間先のダム流入量及び下流河川の水位状況等の予測の精度向上等に向けた技術・システム開発を実施する。

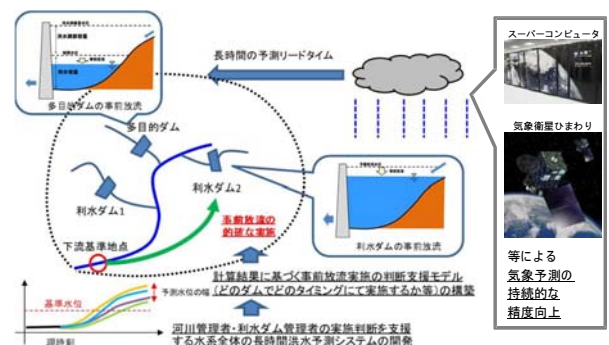
事前放流の取組の拡大

河川管理者である国土交通省(地方整備局等)と全てのダム管理者及び関係利水者との間において、1級水系を対象に、水系毎に事前放流の実施方針等を含む治水協定を締結し、令和2年の出水期から新たな運用を開始する。



予測精度向上等に向けた技術・システム開発

全ての既存ダムを最大限活用して有効な洪水調節が可能となるよう、ダム周辺の降雨予測等を利用した水系全体における長時間先のダム流入量及び下流河川の水位状況等の予測の精度向上等に向けて、技術・システム開発を行う。



国土交通省(2020)

①氾濫をできるだけ防ぐための対策 ～流域の貯留施設等の整備～

○洪水時、一時的に流域内で雨水を貯留できるよう、既存ストックを活用した流出抑制対策を実施。

調整池



平常時

【事例:霧が丘調整池(横浜)】



洪水時

校庭貯留



平常時

【事例:栄町小学校(札幌市)】

土手を整備し、貯留容量を確保



洪水時

ため池

【事例:春日池(ため池:広島県)】

洪水時の放流状



春日池

水田



【出典:兵庫県ウェブサイト
(総合治水対策の取り組み実績と効果)】

浸透ます・浸透管



【出典:愛知県ウェブサイト
(雨水の貯留・浸透)】

国土交通省(2020) ⁵

先人の知恵を使う:土地利用と一体となった治水対策(輪中堤、霞堤)

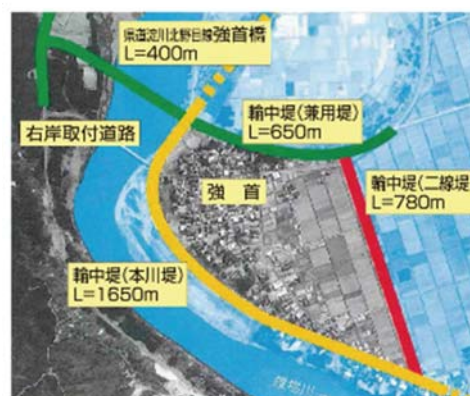
平成28年台風16号 家田地区



霞堤部

霞堤:河川の水位が極めて高いときに堤防から水田などの危ない地域へ洪水を誘導

輪中堤:街、村落だけを堤防で囲って浸水しないようにする

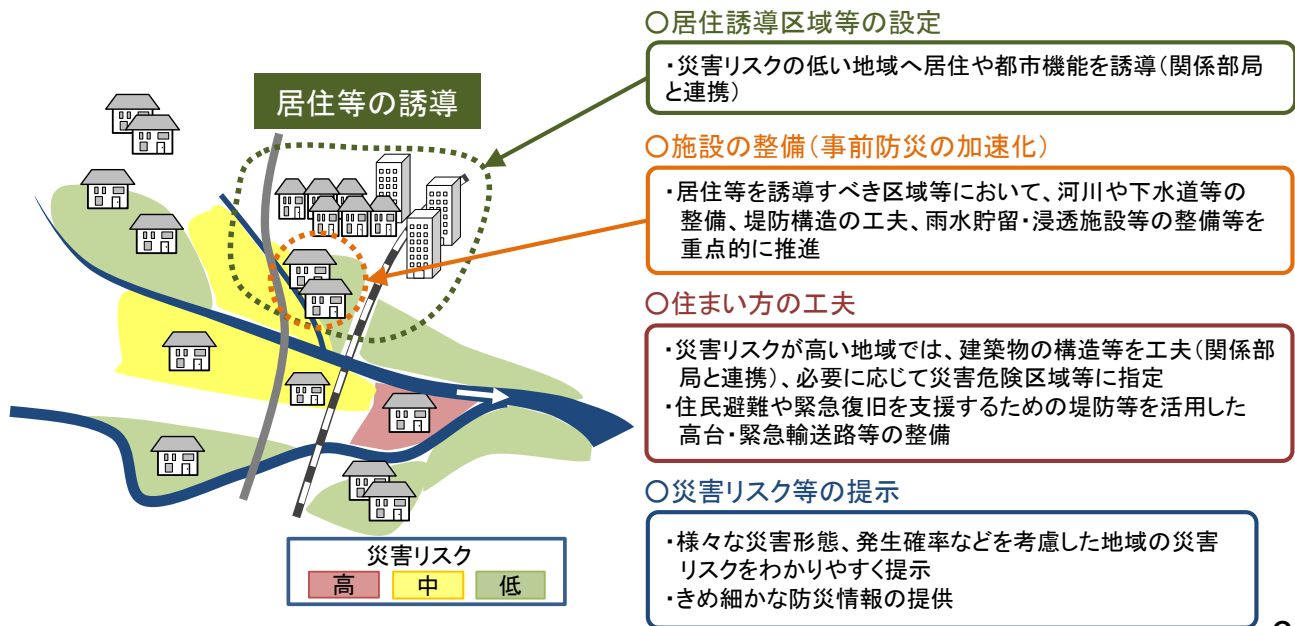


平成23年6月洪水

(国土交通省、2109)

まちづくり: 災害リスクを考慮したまちづくり等の取組

- 床上浸水の頻度が高い地域など、災害リスクを分かりやすく提示することにより、災害リスクの低い地域への居住や都市機能の誘導等を促進
- 特に、浸水深が大きく、人命に関わるリスクが極めて高い地域などは、その災害リスクを提示し、建築物の構造等の工夫を促進



61
国土交通省(2019)

内 容

- ・ 最近の災害から思うこと
- ・ 典型的な梅雨豪雨
- ・ 平成30年7月豪雨と災害
- ・ 気候変動との関係は？
- ・ 気候変動適応とは？
- ・ 流域治水とは？
- ・ **おわりに**

温暖化影響予測と適応



KAKUSHIN

- ・ 気候モデルによる時間毎の出力値により、我が国のハザード・水資源の気候変動影響予測が可能となっている。
- ・ 世紀末にかけて、極端現象はよりシリアスになると予測されている。
- ・ 「どれくらい？」が不確定だからといって適応を遅らせていると将来の適応が不可能あるいは困難になる危険性がある。
 - － 気候変動影響は起こりだしている
 - － 今すぐ始める！＝>後悔しない適応
- ・ 実践を通しての気候変動適応もボトムアップとしてひとつひとつ進める。
 - － まずこの認識を持つことが大事
 - － 現在進行している対策も大切な温暖化適応である
 - － 現気候下でも気づいていない脆弱性の発掘(災害調査等の重要性)
- ・ 科学的将来予測をベースに進める(基幹インフラの計画)
 - － Step by step の適応 を計画する。手戻りのない適応。
- ・ 最悪の事態も推測した適応(危機管理)を考える。
 - － 気候変動下の最悪の状況をどう適応に組み込んで行くかが重要
- ・ 地域・街・町・都市づくりによる適応

(中北、2010, 2019)

ハザードのあらたなメカニズムの研究が必要

～新たな現象が起こりだしている～

- ・ 豪雨自体がすでに温暖化影響を受けている
 - － 2017年九州北部豪雨：継続時間条件付きでの総雨量は4度上昇の中心並
 - － 2018年西日本豪雨：総雨量は6, 7%温暖化で増加、水蒸気流入量は現在気候ではあり得ないほど（将来気候でも珍しい方）
 - － 2020年東日本豪雨：総雨量は温暖化で増加、水蒸気流入量は現在気候ではあり得ないほど、また温暖化していなければ千曲川は超水していなかった見込み
 - － 2021年球磨川豪雨：総雨量は6, 7%より遙かに多く温暖化で増加
 - － 今後、線状降水帯や台風のメカニズムはどう変化し、雨の降り方はどう変わるか？
- ・ ハザード強度の増加により新しい現象が起こりだしている
 - － 深層崩壊＝>台風Moracotの頃から言われ出し、紀伊半島大水害で顕著に
 - － 小田川水害の際の両サイドの堤防の決壊
 - － 2020年7月の球磨川水害での人吉盆地の河道化
- ・ 新しい場所でハザードが生じだしている
 - － きわめてマイルドな斜面での斜面崩壊：西日本では多く崩れるべき斜面が崩れ終わっているが、東北では終わっていない。

ハザードのあらたなメカのズム研究が必要

～新たな現象が起こりだしている～

- ・ 短期的投資により今の世代、長期的投資により先の世代、の両方を考えないといけないのが気候変動適応。（緩和も適応も）
- ・ 短期的投資ばかりでは、気候変動自己増殖リスクを迎える（3～4度上昇？）ことに対応はできない。
- ・ 気候変動自己増殖をぎりぎり防ぐ、ぎりぎりのタイミングで大投資がおこるだろう。（2070～2080年？）
- ・ しかし、その大投資は緩和への投資である。では、長期を要する治水としての気候変動適応にはそれまでにかなりのことをしないとイケない。
- ・ 2℃上昇は、どのシナリオでも2040～2050年には到達する。
- ・ 適応の最終的目標は、2度上昇ではなく、気候変動自己増殖寸前の温度上昇となる。⇒最終的な目標は3～4度上昇にすべき

中北(2020)⁶⁵

ご静聴ありがとうございました

創生C・D
影響評価・
適応策創出
の仲間です。

写真：宇治川、塔の島

