

気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策の推進について 提言
参考資料

参考資料の内容

1. 近年の降雨及び内水被害の発生状況、下水道整備の現状
2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進
3. 下水道施設の耐水化の推進
4. 早期の安全度の向上
5. ソフト施策の更なる推進・強化
6. 多様な主体との連携の強化

IPCC第5次評価報告書の概要

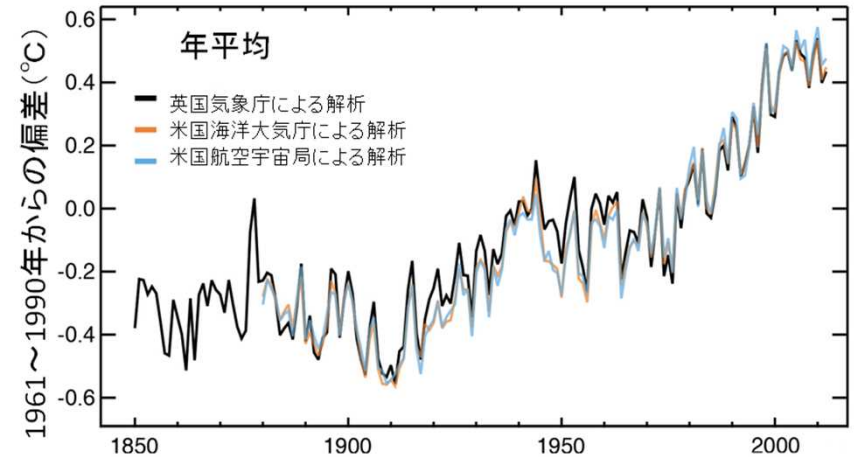
【観測事実と温暖化の要因】

- ◆ 気候システムの温暖化については疑う余地がない。
- ◆ 人間活動が20世紀半ば以降に観測された温暖化の主な要因であった可能性が極めて高く、温暖化に最も大きく効いているのは二酸化炭素濃度の増加。
- ◆ 最近15年間、気温の上昇率はそれまでと比べ小さいが、海洋内部(700m以深)への熱の取り込みは続いており、地球温暖化は継続している。

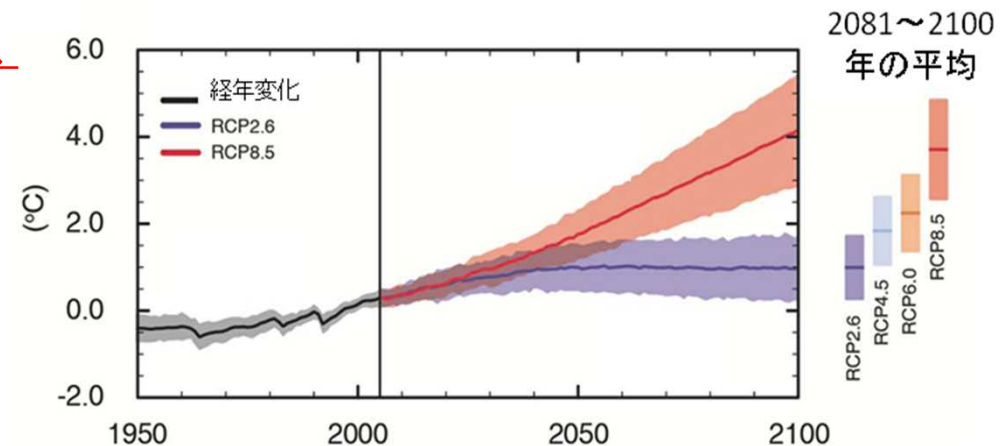
【予測結果】

- ◆ 21世紀末までに、世界平均気温が0.3~4.8°C上昇、世界平均海面水位は0.26~0.82m上昇する可能性が高い(4種類のRCPシナリオによる予測)。
- ◆ 21世紀末までに、ほとんどの地域で極端な高温が増加することがほぼ確実。
また、中緯度の陸域のほとんどで極端な降水がより強く、より頻繁となる可能性が非常に高い。
- ◆ 排出された二酸化炭素の一部は海洋に吸収され、海洋酸性化が進行。

世界の地上気温の経年変化



1950~2100年の世界平均地上気温の経年変化(1986~2005年の平均との比較)



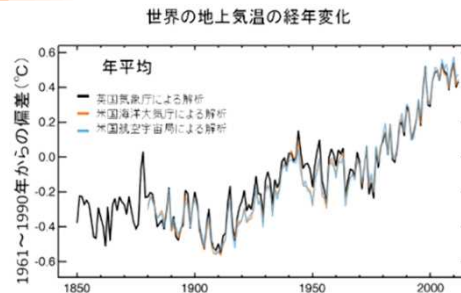
顕在化している気候変動の影響と今後の予測（外力の増大）

- 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第5次評価報告書によると、気候システムの温暖化については疑う余地がなく、21世紀末までに、世界平均気温が更に0.3～4.8℃上昇するとされている。
- また、気象庁によると、このまま温室効果ガスの排出が続いた場合、短時間強雨の発生件数が現在の2倍以上に増加する可能性があるとしている。
- さらに、今後、**降雨強度の更なる増加**と、**降雨パターンの変化**が見込まれている。

既に発生していること

気温

- ◆ 世界の平均地上気温は1850～1900年と2003～2012年を比較して0.78℃上昇



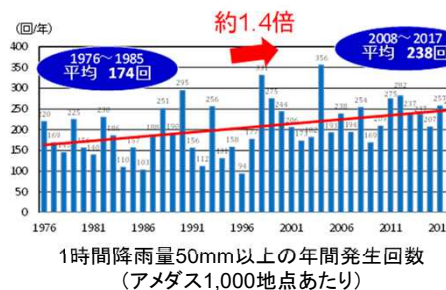
今後、予測されること

- ◆ 気候システムの温暖化については疑う余地がない
- ◆ 21世紀末までに、世界平均気温が更に0.3～4.8℃上昇

出典：気候変動に関する政府間パネル（IPCC）：第5次評価報告書、2013

降雨

- ◆ 短時間強雨の発生件数が約30年前の約1.4倍に増加
- ◆ 2012年以降、全国の約3割の地点で、1時間当たりの降雨量が観測史上最大を更新



- ◆ 1時間降雨量50mm以上の発生回数が2倍以上に増加

出典：気象庁：地球温暖化予測情報 第9巻、2017

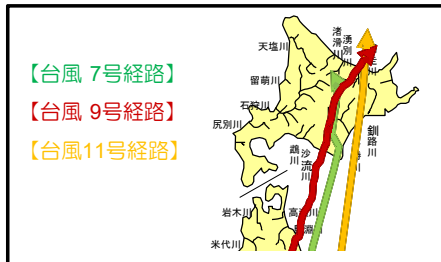
顕在化している気候変動の影響と今後の予測（現象の変化）

既に発生していること

今後、予測されること

台風

- ◆ 平成28年8月に、統計開始以来初めて、北海道へ3つの台風が上陸
- ◆ 平成25年11月に、中心気圧895hPa、最大瞬間風速90m/sのスーパー台風により、フィリピンで甚大な被害が発生



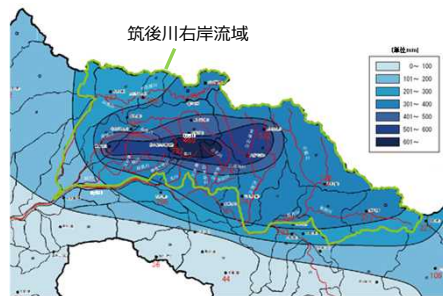
平成28年8月北海道に上陸した台風の経路

- ◆ 日本の南海上において、**猛烈な台風の出現頻度が増加**※
- ◆ 台風の通過経路が**北上**する

※出典：気象庁気象研究所「記者発表資料「地球温暖化で猛烈な熱帯低気圧（台風）の頻度が日本の南海上で高まる」、2017

局所豪雨

- ◆ 時間雨量50mmを超える短時間強雨の発生件数が約30年前の約1.4倍に増加
- ◆ 平成29年7月九州北部豪雨では、朝倉市から日田市北部において観測史上最大の雨量を記録



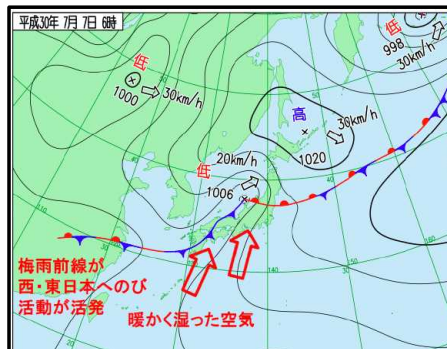
平成29年7月筑後川右岸流域における12時間最大雨量

- ◆ 短時間豪雨の**発生回数と降水量**がともに増加

出典：第2回 気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会

前線

- ◆ 平成30年7月豪雨では、梅雨前線が停滞し、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨が発生
- ◆ 特に長時間の降水量について多くの観測地点で観測史上1位を更新



平成30年7月豪雨で発生した前線

- ◆ 停滞する大気のパターンは、増加する兆候は見られない
- ◆ 流入水蒸気量の増加により、**総降雨量が増加**

出典：第2回 異常豪雨の頻発化に備えたダム洪水調節機能に関する検討会、第2回 実行性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会、中北委員資料

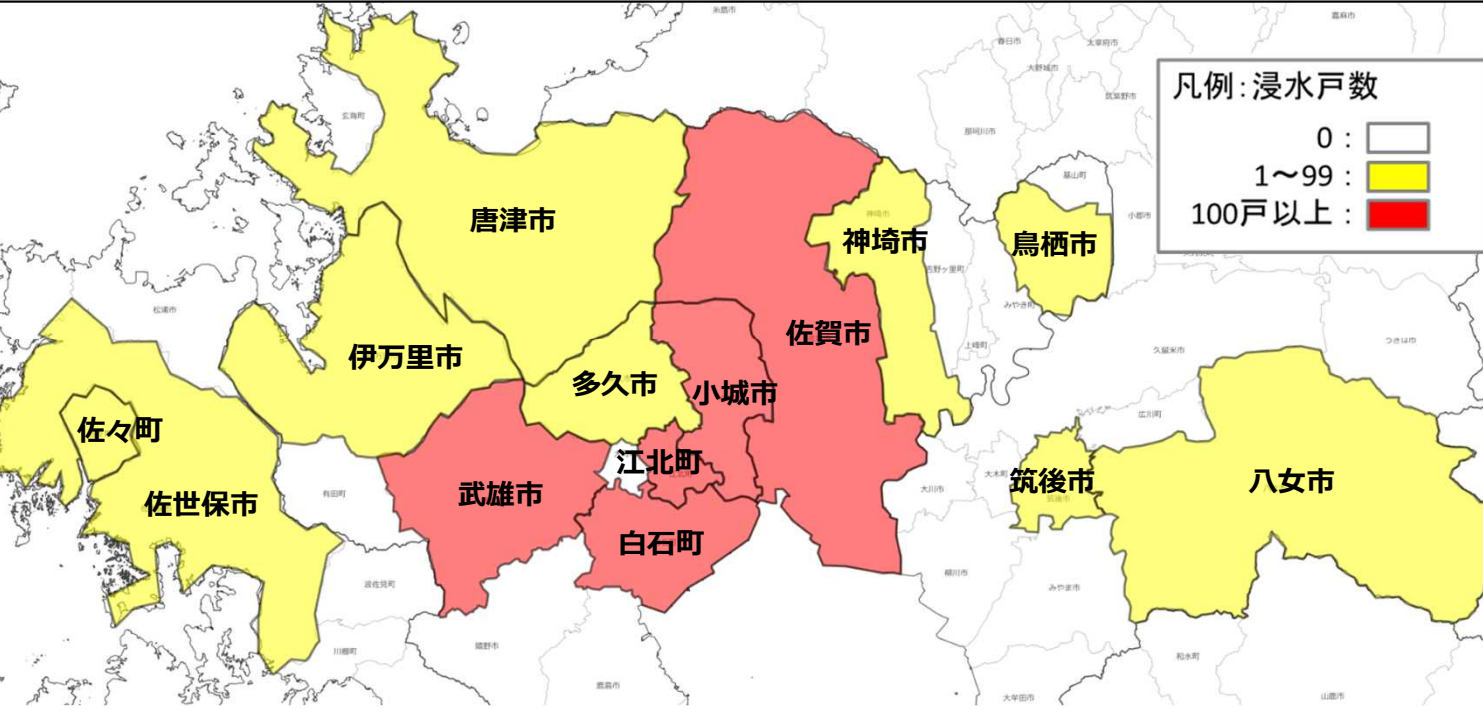
令和元年8月の前線に伴う大雨による内水被害の概要

令和元年9月末現在

- 8月28日の明け方に1時間100ミリ以上の記録的豪雨が相次いで観測され、大雨特別警報が、佐賀県、福岡県、長崎県に発表。九州北部地方を中心に、8月26日からの総降水量が600ミリを超過するなど記録的大雨。
- この3県では、内水氾濫による浸水被害が、14市町で発生。
- 浸水戸数は全国で約6千戸、そのうち内水被害が3県で約4千戸。

○ 主な内水被害団体※（被害戸数 100戸以上）

都道府県	市	被害状況		
		床上(戸)	床下(戸)	合計
佐賀県	佐賀市	461	2,443	2,904
	白石町	15	298	313
	小城市	59	183	242
	武雄市	56	103	159
	江北町	9	148	157
合計（14地方公共団体）		715	3,229	3,944



○ 内水被害発生団体※（ ）内は市町村数 福岡県（2）、佐賀県（10）、長崎県（2）

※被害戸数は下水道区域における内水被害であり、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。



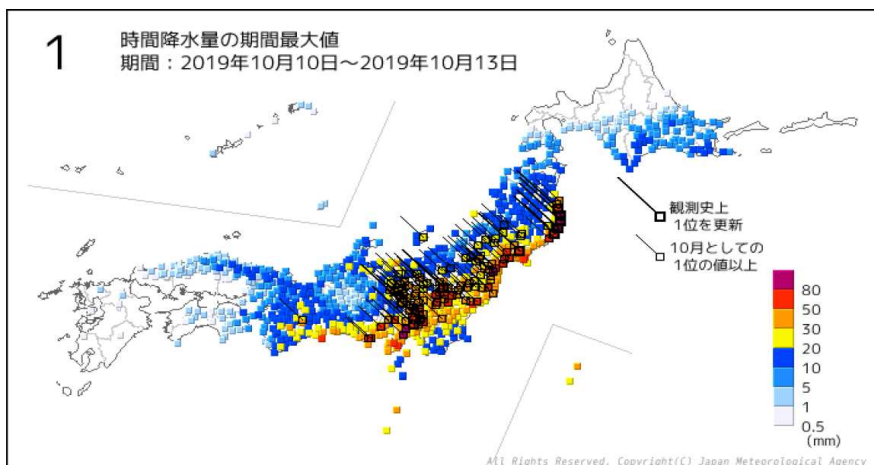
令和元年東日本台風等の特徴

- 令和元年10月6日に南鳥島近海で発生した令和元年東日本台風は、12日19時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸した。その後、関東地方を通過し、13日12時に日本の東で温帯低気圧に変わった。
- 台風の接近・通過に伴い、広い範囲で大雨、暴風、高波、高潮となった。
- 雨については、10日から13日までの総降水量が、神奈川県箱根で1000ミリに達し、東日本を中心に17地点で500ミリを超えた。特に静岡県や新潟県、関東甲信地方、東北地方の多くの地点で3、6、12、24時間降水量の観測史上1位の値を更新した。
- また、下水道の雨水計画で対象とする1時間降水量についても、9地点で観測史上1位を更新するとともに、18都市で計画規模を超える降雨が発生するなど、平成30年7月豪雨に続いて記録的な大雨となった。

※全国の気象観測地点は約1,300地点

令和元年東日本台風

1時間降水量の期間最大値の分布図(10月10日0時～10月13日24時)



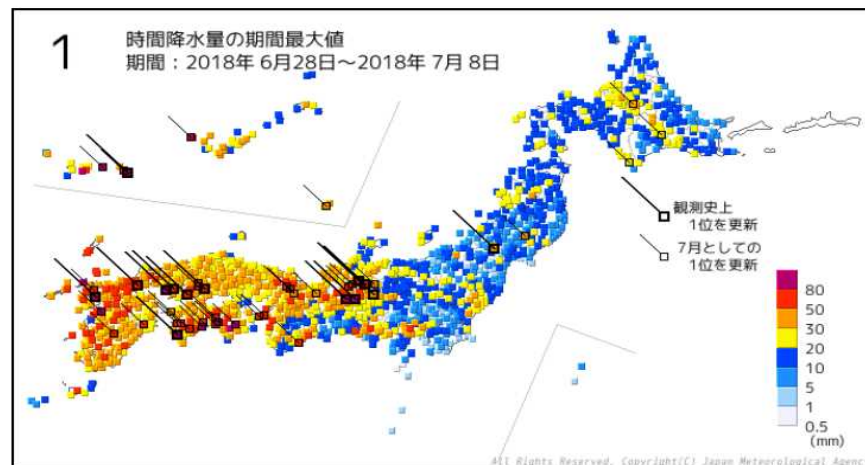
9地点で観測史上1位を更新

※気象庁ウェブサイトより作成（特定期間の気象データ；2019年10月10日～2019年10月13日（台風第19号による大雨、暴風等）
※数値は速報値であり、今後変更となる場合がある。

- 計画規模を超える降雨が発生した都市：18都市

平成30年7月豪雨

1時間降水量の期間最大値の分布図(6月28日0時～7月8日24時)



14地点で観測史上1位を更新

※気象庁ウェブサイトより作成（特定期間の気象データ；2018年6月28日～2018年7月8日（平成30年7月豪雨（前線及び台風第7号による大雨等））
※数値は速報値であり、今後変更となる場合がある。

- 計画規模を超える降雨が発生した都市：23都市

令和元年東日本台風による内水被害の概要

令和2年1月末現在

- 内水氾濫による浸水被害が、東日本を中心に**15都県135市区町村**で発生。
- 住家被害は全国で約9.4万戸。そのうち内水被害が約3.0万戸。

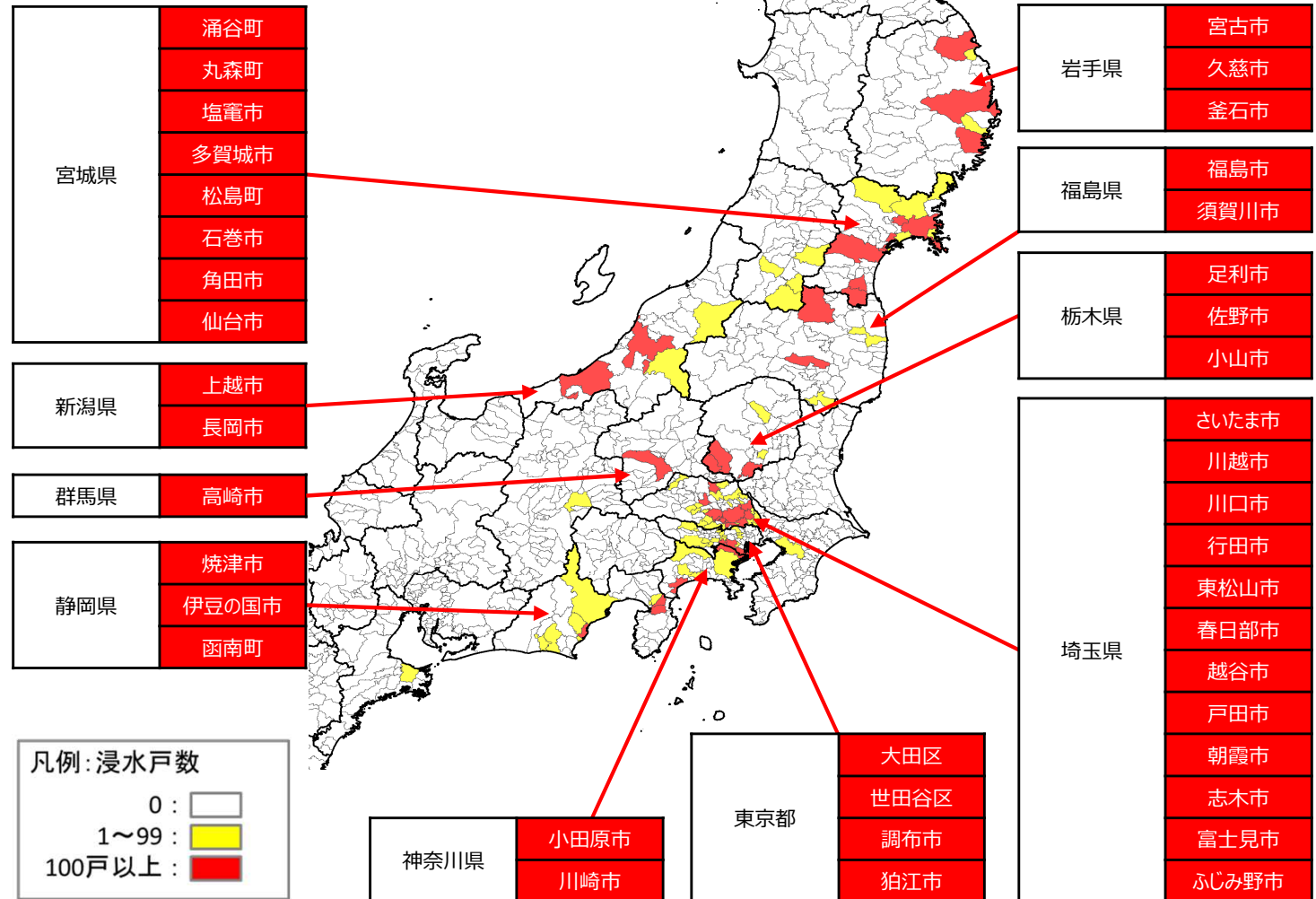
○主な内水被害団体※（被害戸数 1,000戸以上）

○内水被害発生団体※（ ）内は市区町村数

岩手県（5）、宮城県（14）、山形県（4）、福島県（4）、茨城県（2）、栃木県（7）、群馬県（1）、埼玉県（36）、千葉県（1）、東京都（27）、神奈川県（11）、長野県（4）、新潟県（6）、静岡県（12）、三重県（1）

※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。

都道府県	市	被害状況		
		床上(戸)	床下(戸)	合計
宮城県	丸森町	516	651	1,167
	石巻市	321	9,216	9,537
	角田市	736	806	1,542
	仙台市	1,321	475	1,796
福島県	須賀川市	918	510	1,428
埼玉県	さいたま市	1,040	380	1,420
神奈川県	川崎市	2,008	338	2,346
合計 (135地方公共団体)		11,555	18,991	30,546



平成30年7月豪雨による内水被害の概要

平成31年3月末時点

- 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2.8万戸。そのうち内水被害が約1.5万戸。

○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		
		床上(戸)	床下(戸)	合計
岡山県	岡山市	826	1,907	2,733
広島県	福山市	835	638	1,473
広島県	広島市	1,186	188	1,374
福岡県	久留米市	423	1,011	1,434
合計 (88地方公共団体)		5,597	9,589	15,186

○内水被害発生団体※ ()内は市町村数

北海道 (3)、富山県 (1)、石川県 (1)、岐阜県 (2)、愛知県 (1)、京都府 (8)、大阪府 (4)、兵庫県 (8)、和歌山県 (3)、岡山県 (11)、広島県 (10)、山口県 (6)、香川県 (1)、愛媛県 (5)、高知県 (1)、福岡県 (14)、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。

- 広島県
 - 福山市
 - 呉市
 - 東広島市
 - 広島市
 - 府中市

- 山口県
 - 岩国市

- 福岡県
 - 北九州市
 - 久留米市
 - 飯塚市
 - 小郡市

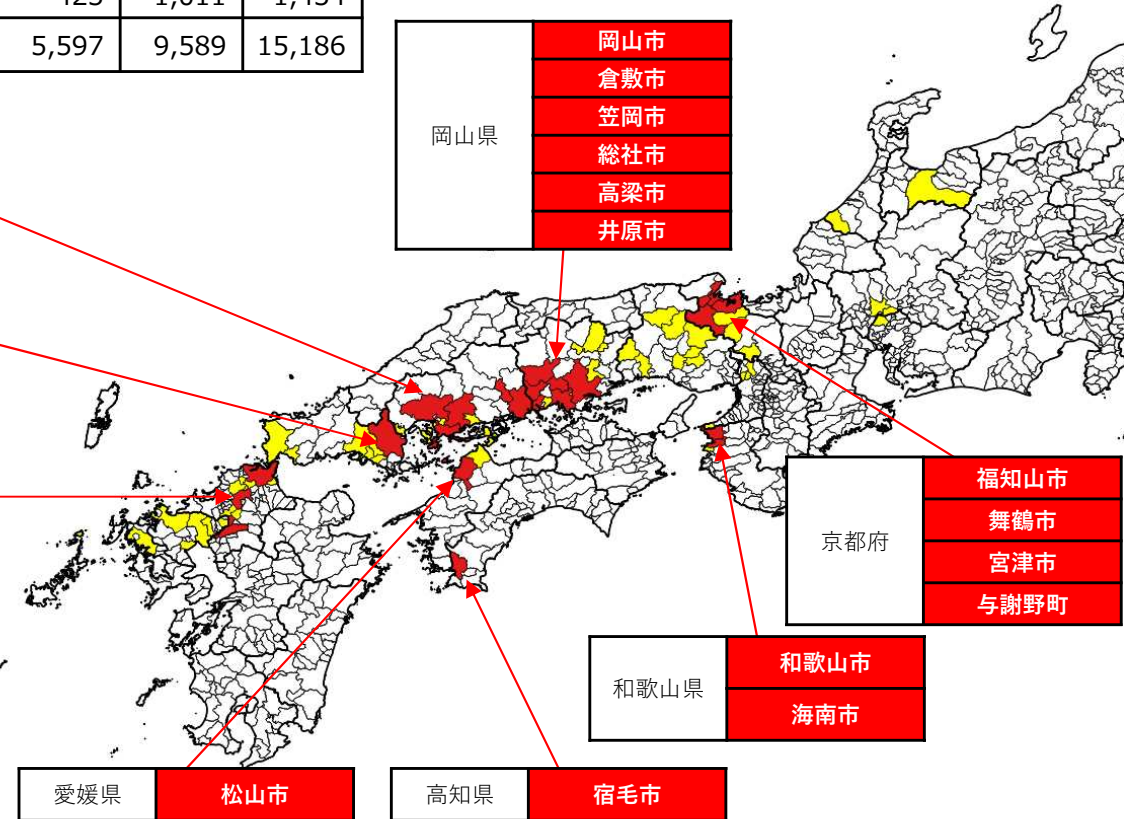
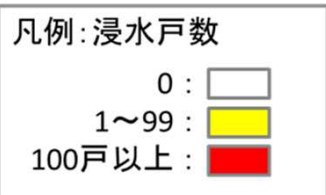
- 岡山県
 - 岡山市
 - 倉敷市
 - 笠岡市
 - 総社市
 - 高梁市
 - 井原市

- 京都府
 - 福知山市
 - 舞鶴市
 - 宮津市
 - 与謝野町

- 和歌山県
 - 和歌山市
 - 海南市

- 愛媛県
 - 松山市

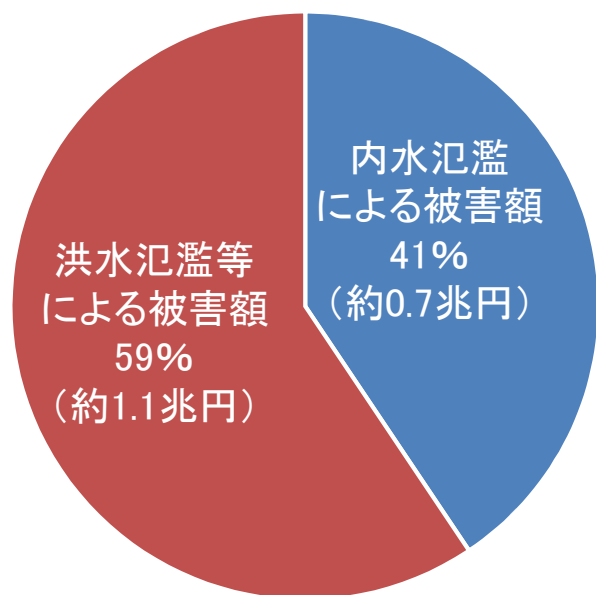
- 高知県
 - 宿毛市



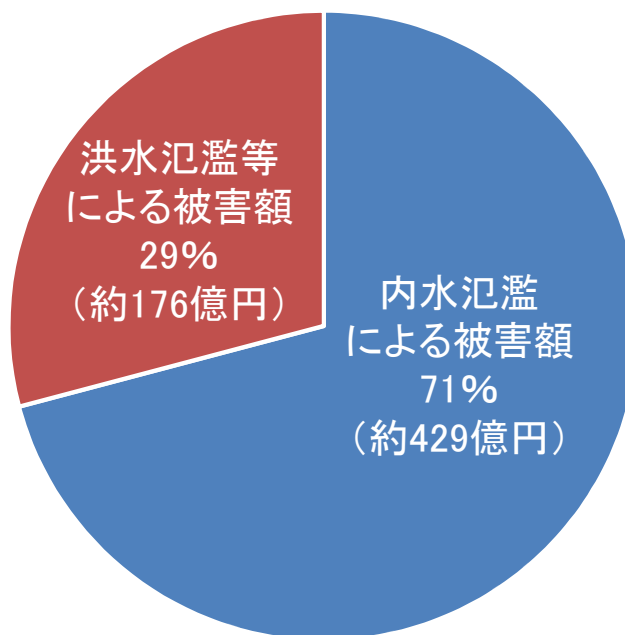
近年の全国における水害被害

- 過去10年間の全国の水害被害額の合計は約1.8兆円で、そのうち約4割が内水氾濫（東京都では、約7割が内水氾濫）。
- 過去10年間の全国の浸水棟数の合計は内水氾濫によるものが約22万棟。

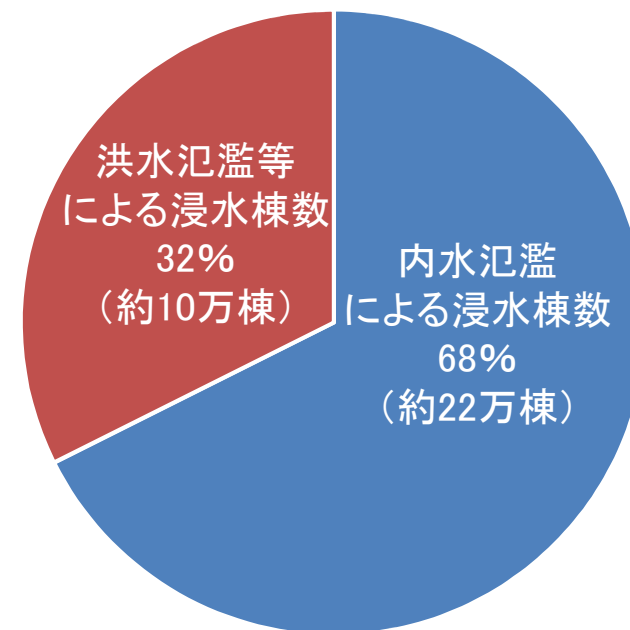
【被害額】<全国>



【被害額】<東京都>



【浸水棟数】<全国>



(出典:水害統計(平成20~29年の10年間の合計)より集計)

令和元年台風第19号による下水道施設の被害と対応

(令和2年5月末現在)

- 下水処理場16箇所、ポンプ場28箇所で浸水被害が発生し、運転停止等が発生。うち13箇所通常レベルの運転を再開、3箇所簡易な生物処理により運転。
- ポンプ場28箇所で浸水被害が発生し、運転停止。うち26箇所通常運転再開、2箇所で応急対応中(排水能力の一部確保)。

下水処理場 (16箇所)

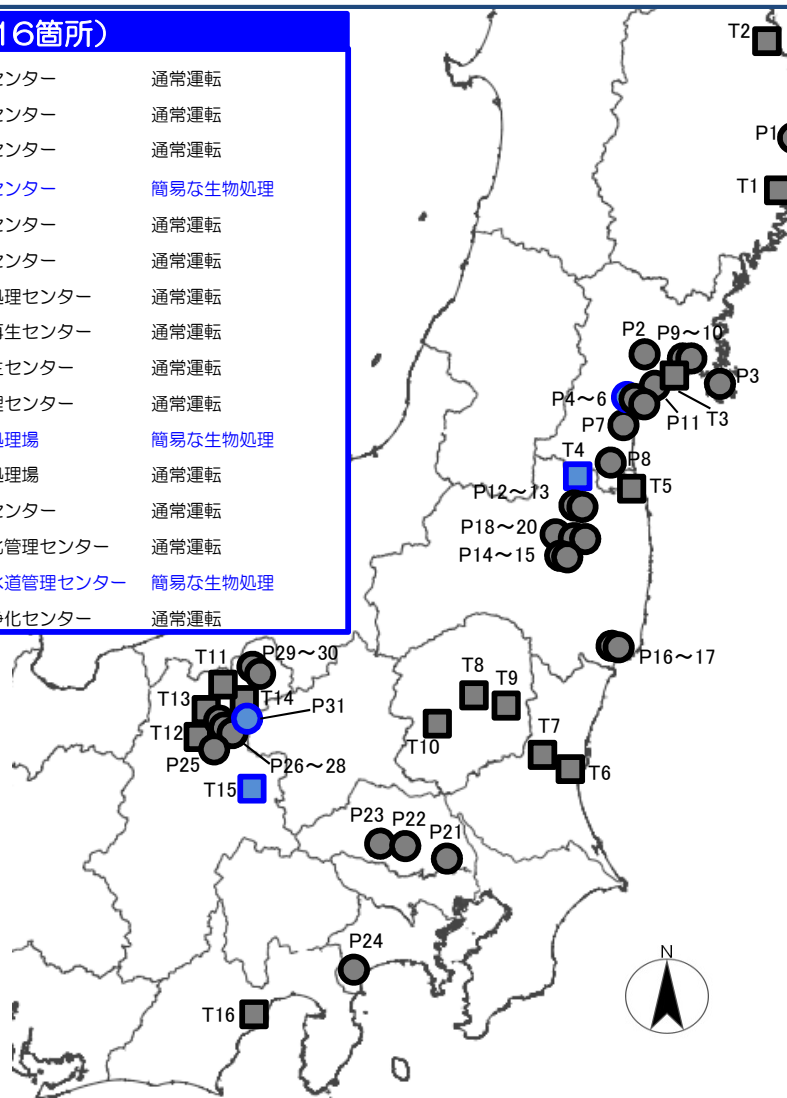
【岩手県】	T1. 大槌町	大槌浄化センター	通常運転
	T2. 野田村	野田浄化センター	通常運転
【宮城県】	T3. 松島町	松島浄化センター	通常運転
【福島県】	T4. 阿武隈川上流域	東北浄化センター	簡易な生物処理
	T5. 新地町	新地浄化センター	通常運転
【茨城県】	T6. ひたちなか市	下水浄化センター	通常運転
	T7. 城里町	かつら水処理センター	通常運転
【栃木県】	T8. 宇都宮市	下河原水再生センター	通常運転
	T9. 宇都宮市	川田水再生センター	通常運転
	T10. 鹿沼市	栗野水処理センター	通常運転
【長野県】	T11. 千曲川流域	下流終末処理場	簡易な生物処理
	T12. 千曲川流域	上流終末処理場	通常運転
	T13. 長野市	東部浄化センター	通常運転
	T14. 中野市	上今井浄化管理センター	通常運転
	T15. 佐久市	佐久市下水道管理センター	簡易な生物処理
【静岡県】	T16. 静岡市	清水南部浄化センター	通常運転

汚水ポンプ場 (11箇所)

【岩手県】	P1. 山田町	まえずか前須賀ポンプ場	通常運転
【宮城県】	P5. 仙台市	ひときだにし人來田西ポンプ場	通常運転
	P7. 名取市	ほりうち堀内中継ポンプ場	通常運転
	P10. 松島町	まつしま松島汚水中継ポンプ場	通常運転
	P11. 七ヶ浜町	おだ小田汚水ポンプ場	通常運転
【福島県】	P16. いわき市	にいだ仁井田中継ポンプ場	通常運転
	P17. いわき市	しんまちまえ新町前ポンプ場	通常運転
	P18. 本宮市	もとみや本宮第三ポンプ場	通常運転
【埼玉県】	P23. もろやま おごせ はとやま 毛呂山・越生・鳩山公共下水道組合	鳩山第2中継ポンプ場	通常運転
【神奈川県】	P24. 箱根町	じゅもくえん 樹木園ポンプ場	通常運転
【長野県】	P29. 飯山市	ありおありお有尾中継ポンプ場	通常運転

雨水ポンプ場 (17箇所)

【宮城県】	P4. 仙台市	がもう蒲生雨水ポンプ場	応急対応中(一部)
	P6. 仙台市	せんごく 仙石排水ポンプ場	通常運転
	P8. 丸森町	まるもり 丸森雨水ポンプ場	通常運転
	P9. 松島町	たかぎ 高城雨水ポンプ場	通常運転
【福島県】	P12. 福島市	ごうのめ 郷野目雨水ポンプ場	通常運転
	P13. 福島市	わたり 渡利雨水ポンプ場	通常運転
	P14. 郡山市	すいもんちよう 水門町ポンプ場	通常運転
	P15. 郡山市	うめた 梅田ポンプ場	通常運転
	P19. 本宮市	たてまち 館町排水ポンプ場	通常運転
	P20. 本宮市	ばんせい 万世排水ポンプ場	通常運転
【埼玉県】	P21. 川口市	りょうけ 領家第八公園ポンプ場	通常運転
	P22. 坂戸、鶴ヶ島下水道組合	おおやがわ 大谷川雨水ポンプ場	通常運転
【長野県】	P26. 長野市	さんねんざわ 三念沢雨水ポンプ場	通常運転
	P27. 長野市	おき 沖雨水ポンプ場	通常運転
	P28. 長野市	あかぬま 赤沼雨水ポンプ場	通常運転
	P30. 飯山市	しろやま 城山雨水排水ポンプ場	通常運転
	P31. 小布施町	いいた 飯田雨水排水ポンプ場	応急対応中(一部)



〔被災のあった下水道施設〕

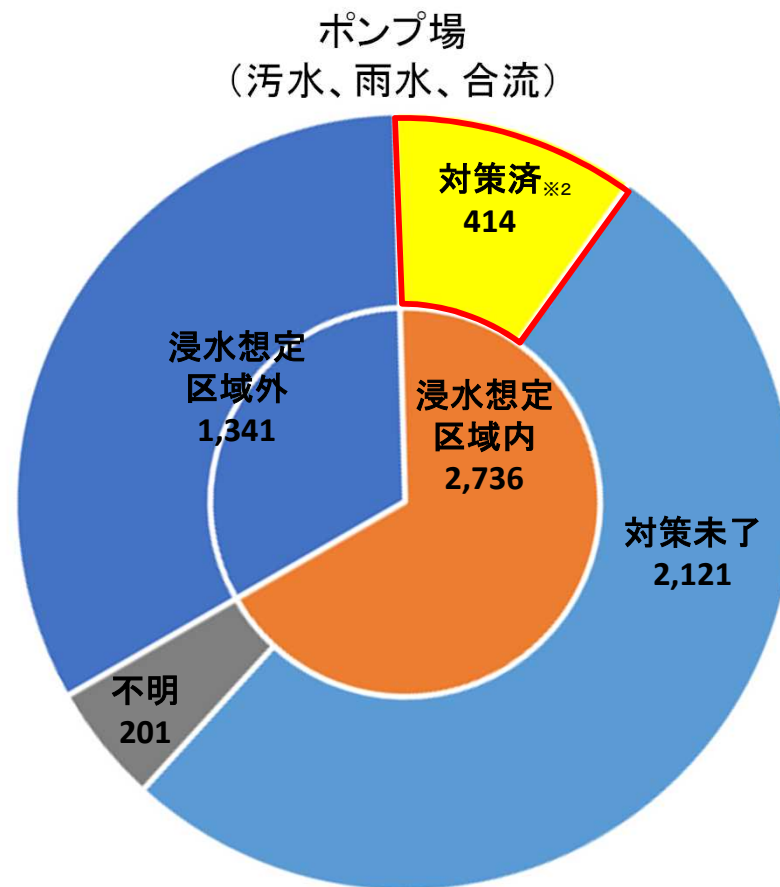
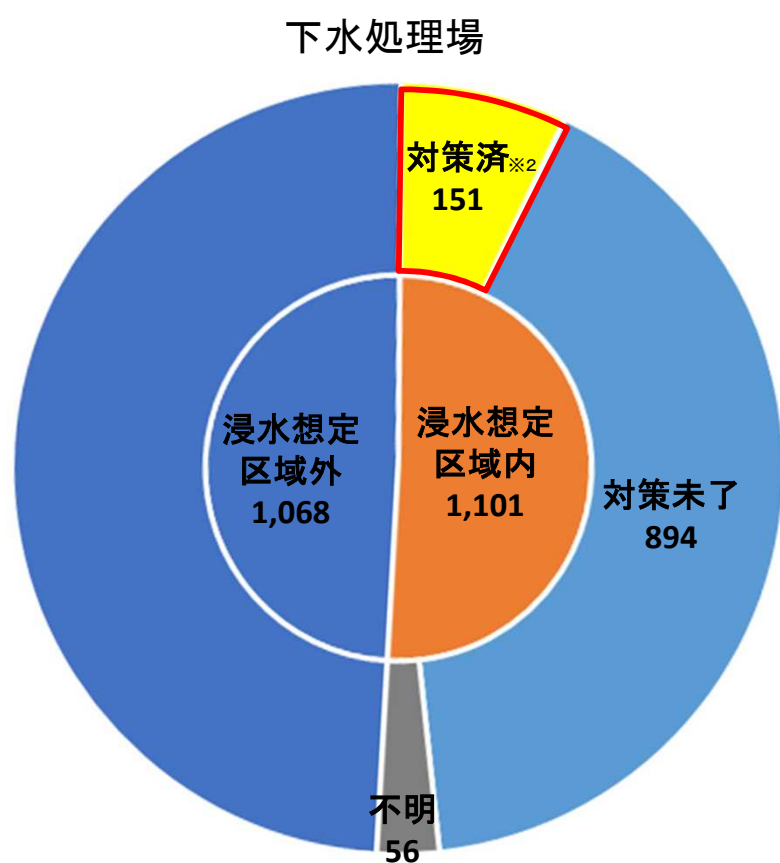
- : 処理場(通常運転)
- : ポンプ場(通常運転)
- : 処理場(応急対応中)
- : ポンプ場(応急対応中)

※上記のほか、群馬県嬭恋村水質管理センターで土砂災害による機能停止が発生。(現在、通常運転中)

全国の下水道施設における耐水化状況

- 下水処理場の約 5 割、ポンプ場の約 7 割が浸水想定区域内に立地。
- これらのうち、揚水機能の耐水化を実施済みの施設は下水処理場で14%、ポンプ場で15%。

浸水想定区域内※₁に設置された施設と耐水化の実施状況



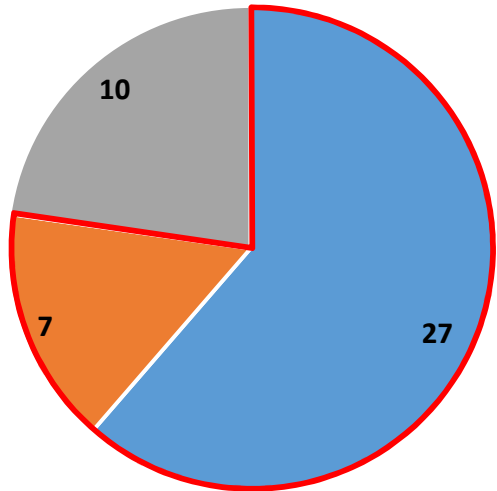
国土交通省調べ(2019年12月時点)

- ※₁ 洪水、内水、津波、高潮のいずれかの外力による浸水が想定される区域
- ※₂ 当該施設において想定される最大の浸水深に対して揚水機能が確保されている施設

台風第19号による下水道施設の被災状況

- 台風第19号で浸水により被災した施設のうち、外水による被災が27箇所、内水による被災が7箇所。
- 3m以下の浸水が9割を占めるが、最大では4.7m。
- 外水によって被災した施設の約5割がL1以下の浸水深。一方、L1を超える浸水も発生。

浸水(被災)要因



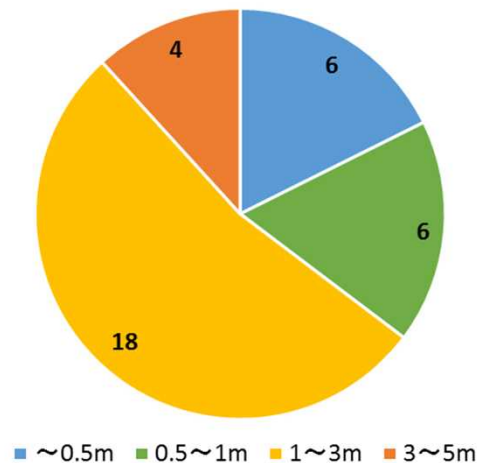
■ 外水 ■ 内水 ■ その他

内水・外水が原因の34施設
について分析



内水・外水によって被災した34施設

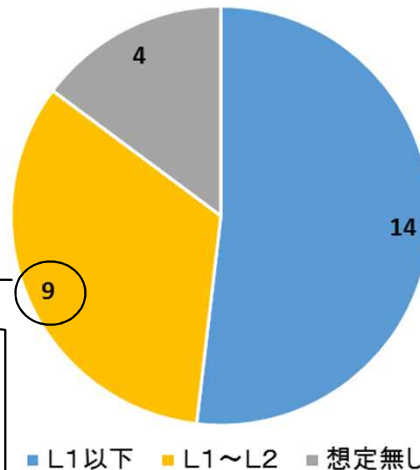
浸水深(被災水位)



■ ~0.5m ■ 0.5~1m ■ 1~3m ■ 3~5m

外水によって被災した27施設

被災水位と浸水想定水位(洪水)との関係



1箇所「耐水化対策済」(洪水:既往最大)だったが、それを上回る浸水が発生。

■ L1以下 ■ L1~L2 ■ 想定無し

内水によって被災した7施設

・3施設で内水による浸水想定(既往最大の降雨)を作成。

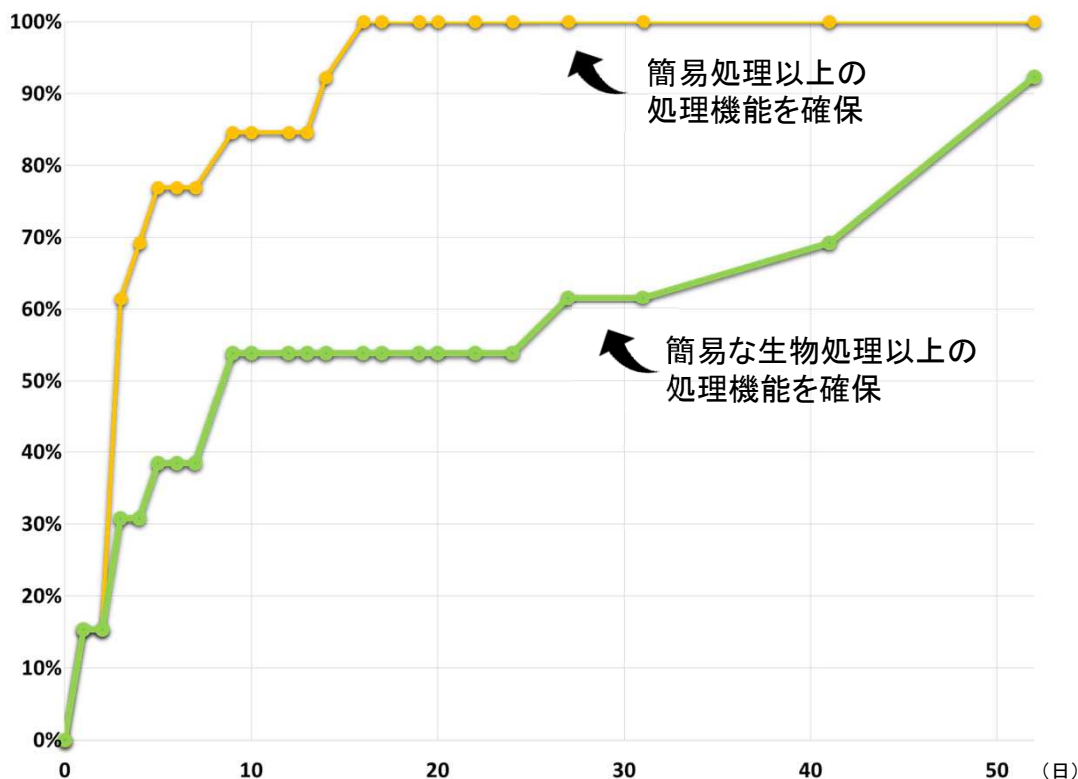
・これらの施設ではいずれも浸水想定水位を超えたことを確認。

浸水により被災した施設の復旧状況（1）

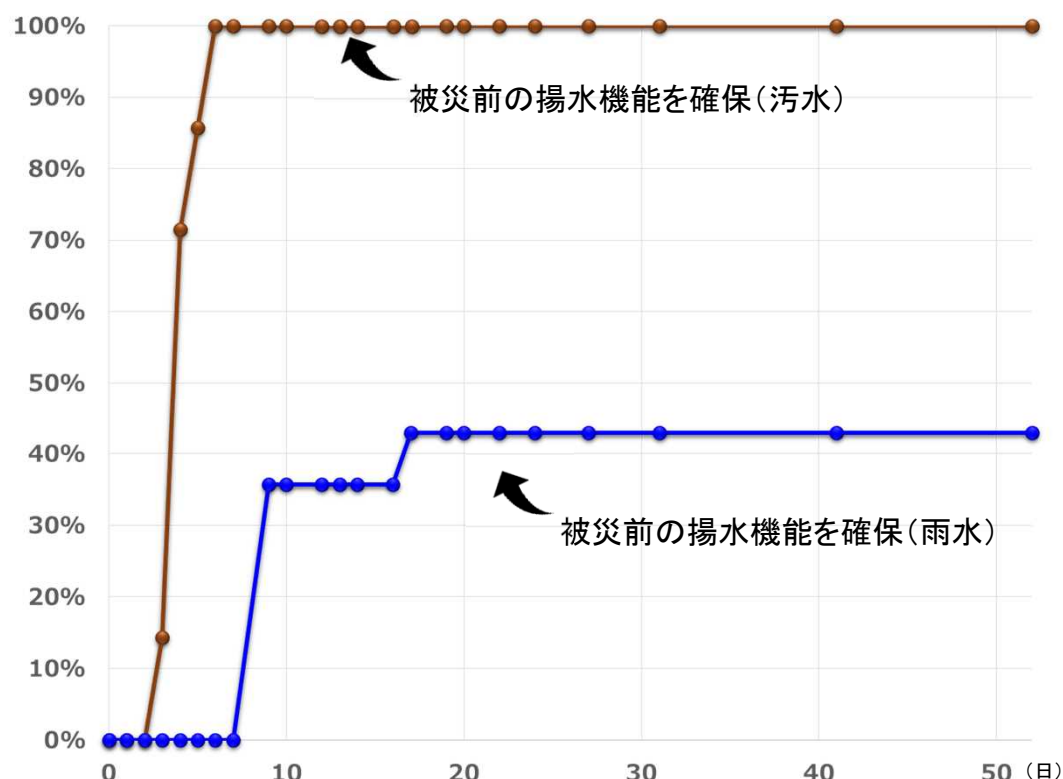
- 下水処理場は、被災から3日後までに約6割、1週間後までに約8割、約2週間後までに全ての施設で簡易処理（沈殿+消毒処理）以上の処理機能を確認。
- 汚水ポンプ場は、被災から6日後までに全ての施設で被災前の揚水機能を確認。
- 雨水ポンプ場は、引き続き8施設で揚水機能の一部を確認。

発災からの経過日数と復旧状況

<下水処理場 13施設>



<ポンプ場 21施設（汚水7施設・雨水14施設）>

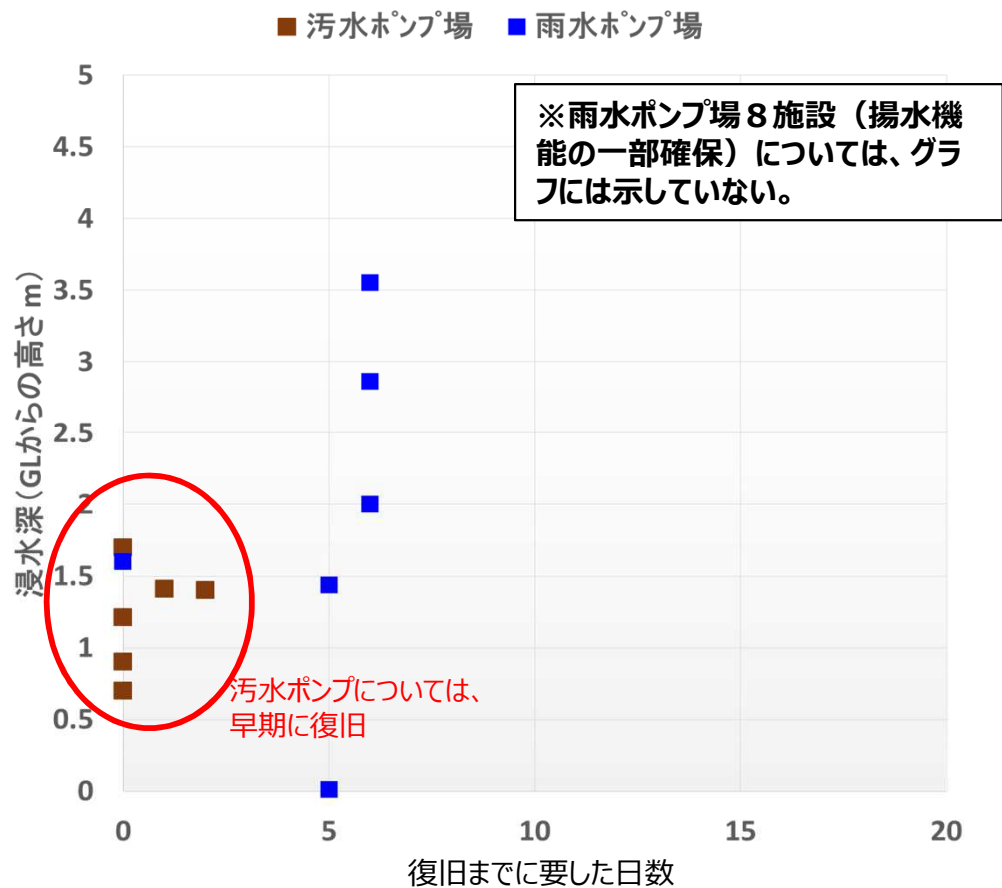
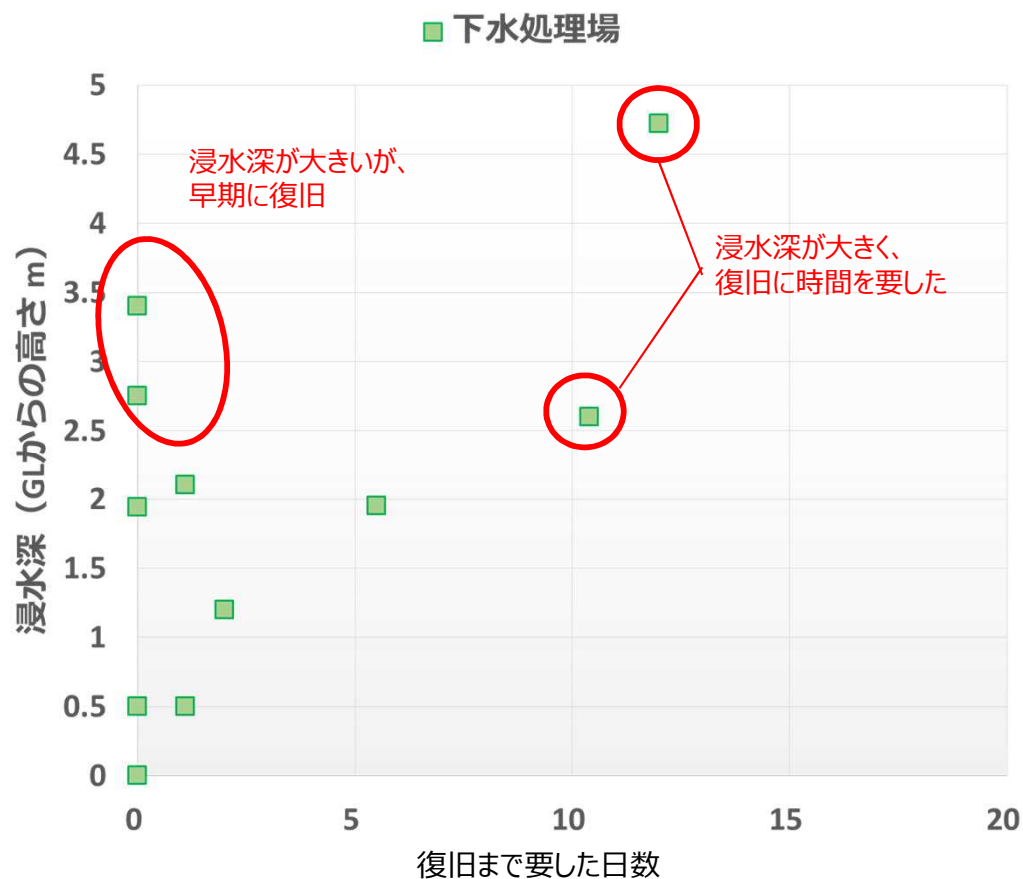


浸水により被災した施設の復旧状況（2）

- 下水処理場では、浸水深が深いほど日数を要する傾向が見られるが、直後から処理を開始した施設も見られる。
- ポンプ場では、応急運転までに要した日数は、汚水ポンプ場では比較的短く、雨水ポンプ場は長く要する傾向が見られる。

復旧に要した日数※と浸水深の関係

※ 下水処理場：施設周辺の浸水解消から簡易処理以上の処理機能を確保するまでの日数
 ポンプ場：施設周辺の浸水解消から被災前の揚水機能を確保するまでの日数

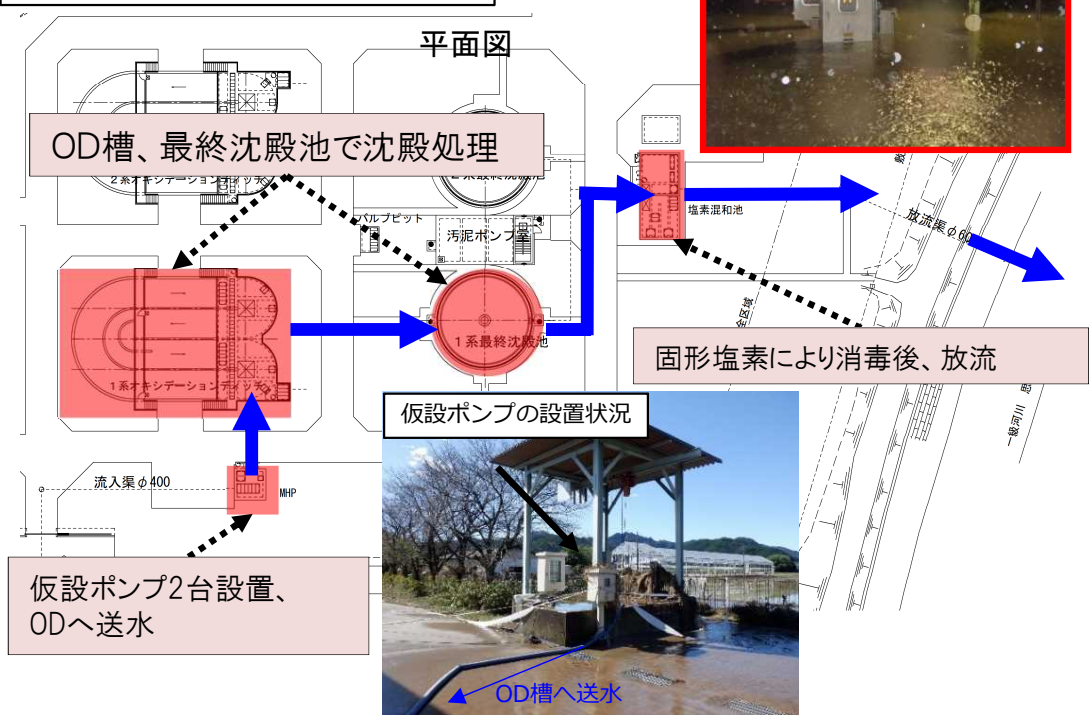


被災事例①（比較的早期に機能回復できた事例）

- 現状の耐水化レベルに対して浸水の程度が軽微な施設や、被災時の応急対応が容易な施設では、比較的早期に機能を回復

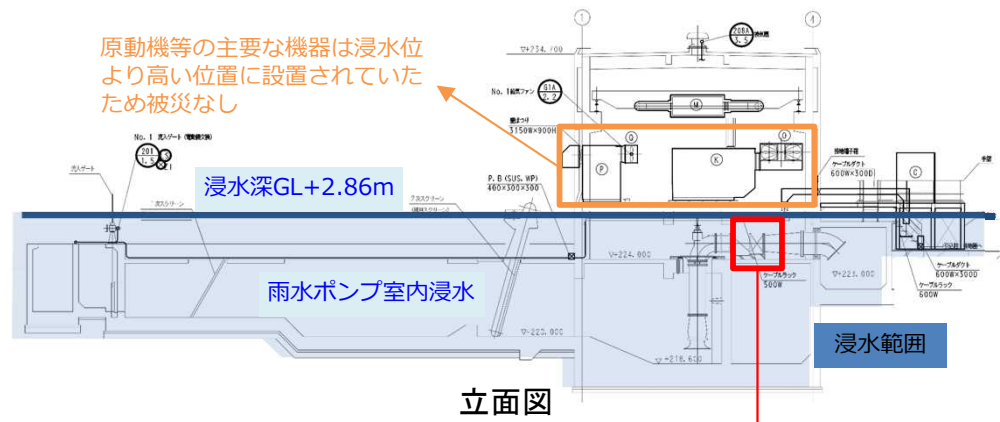
<栃木県鹿沼市 栗野水処理センターの例>

発災直後の応急対応の概要



- ⇒ 処理場内がGL+2.14m浸水し、主な電気設備、機械設備も水没したため揚水・沈殿・消毒機能が停止。
- ⇒ 必要な能力を仮設ポンプによって早期に確保できたことから、発災から2日後には簡易処理を開始。

<福島県郡山市 梅田ポンプ場の例>



ポンプ場浸水状況



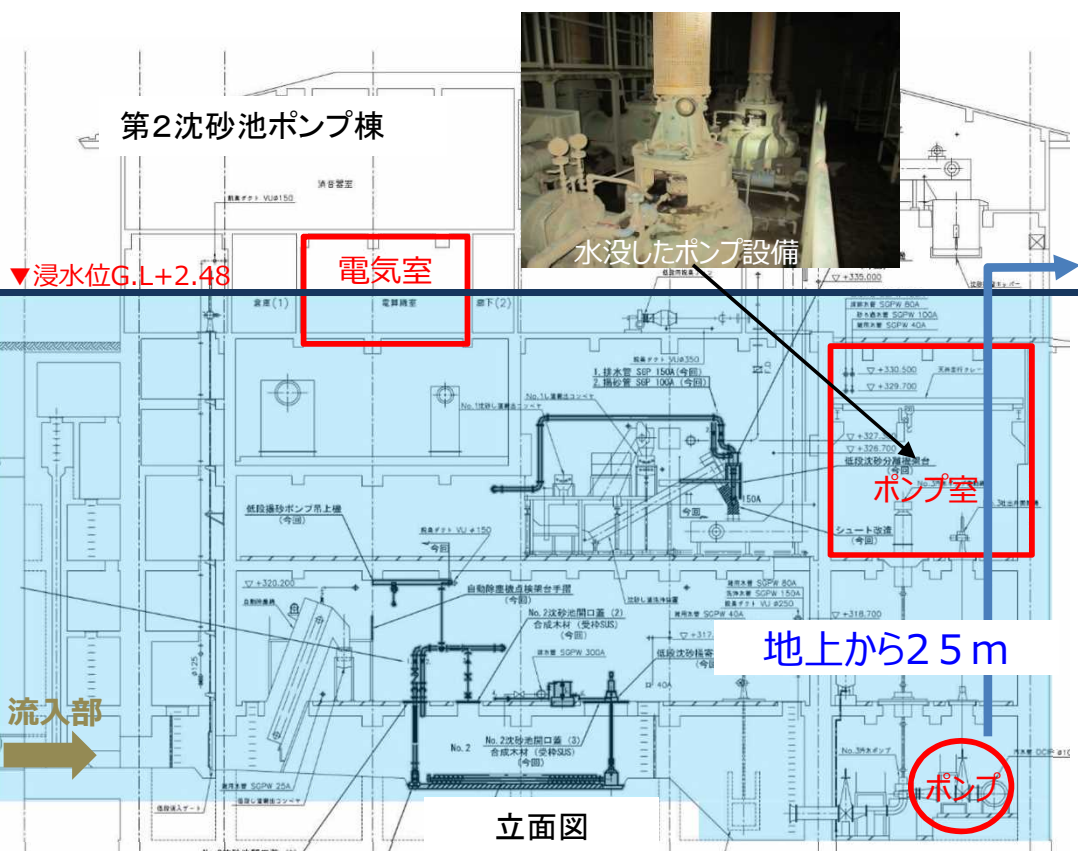
被災したポンプ吐出弁電動機

- ⇒ 原動機等の主要な機器については、浸水位より高位置に設置されていたため被災なし。ポンプ吐出弁電動機が浸水により故障したものの、速やかに仮設備を設置し、浸水解消から6日で機能を確保。

被災事例②（早期の機能回復が困難だった事例）

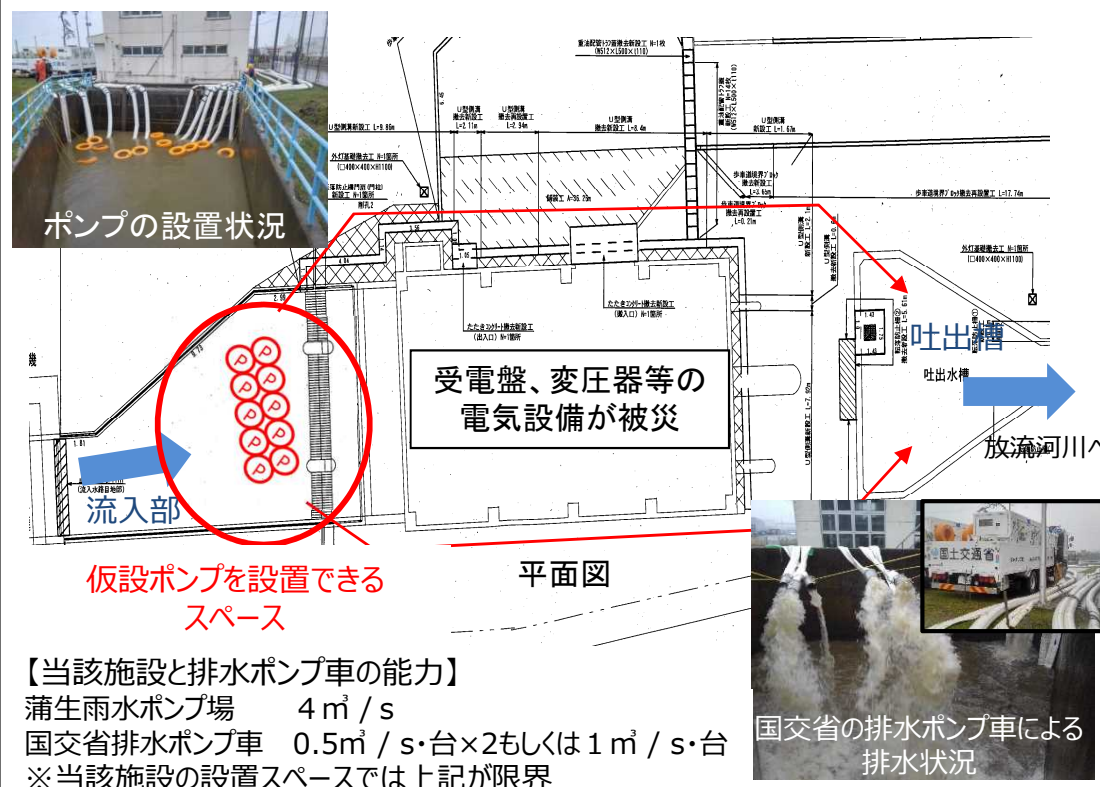
- 大規模なポンプ施設で仮設ポンプによる対応が困難な場合や、仮設ポンプ等の設置スペースの確保が困難な場合、機能回復まで一定の期間を要している。

<長野県千曲川下流流域 クリーンピア千曲の例>



- ⇒ 揚水機能を確認するために必要な主要な設備（ポンプ、電動機、受電盤等）が被災し、地下部に氾濫水が滞留。
- ⇒ 既設ポンプの揚程が約25mと大きいことから、仮設ポンプ等による施設内の排水及び揚水能力の確保に時間を要し、簡易処理開始まで10日かかった。

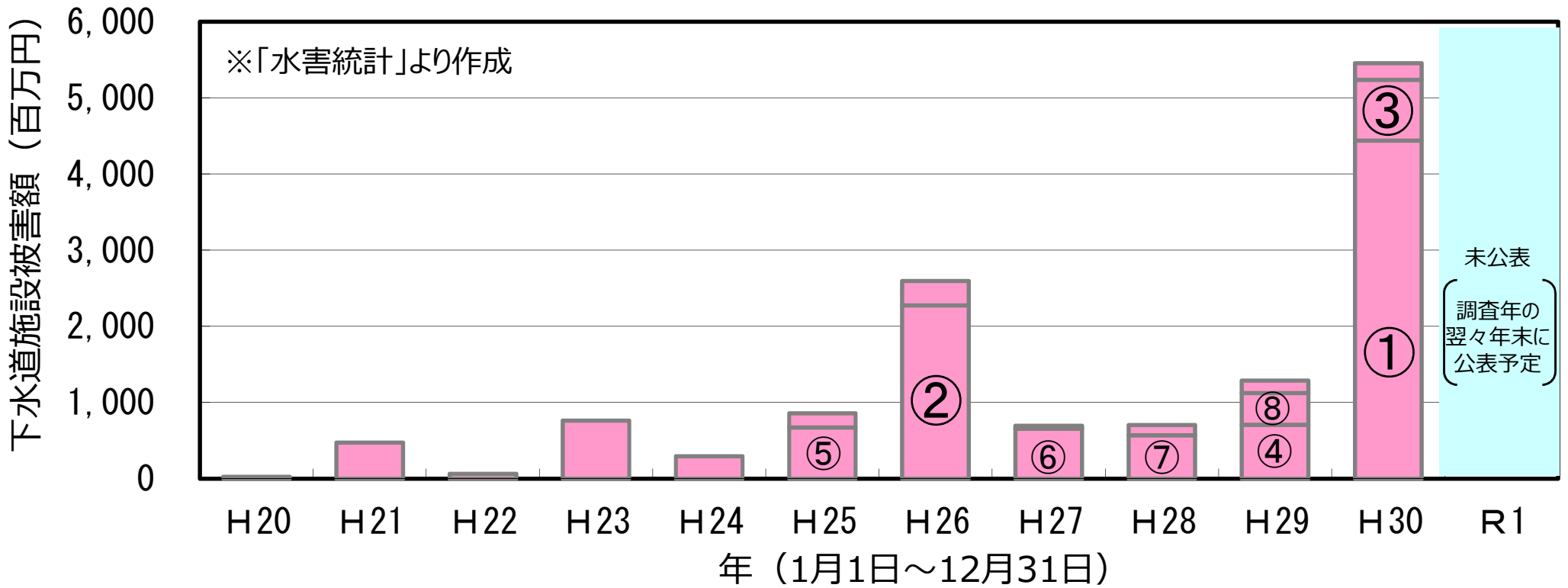
<宮城県仙台市 蒲生雨水ポンプ場の例>



【当該施設と排水ポンプ車の能力】
 蒲生雨水ポンプ場 4 m³/s
 国交省排水ポンプ車 0.5m³/s・台×2もしくは1m³/s・台
 ※当該施設の設置スペースでは上記が限界

- ⇒ 主要な電気設備が被災したため、10月18～19日から国交省の排水ポンプ車によって雨水の排水を実施。
- ⇒ ポンプの設置スペースに限界があるため、排水能力の一部しか確保できない。（ただし被災後の降雨が小規模だったため、排水ポンプ車によって浸水被害はなし）

(参考) これまでの風水害による下水道施設の被害規模



異常気象名		被害額※1 (億円)	被害箇所数※2 (管渠、マンホールポンプを除く)
①	【H30】7月豪雨	44.4	処理場:8、ポンプ場:11
②	【H26】豪雨(8.13-8.26)	22.8	処理場:2、ポンプ場:4
③	【H30】台風21号及び豪雨	8.0	処理場:5、ポンプ場:3
④	【H29】台風21号(10.19-10.24)	7.1	ポンプ場:2
⑤	【H25】台風18号(9.14-17)	6.7	処理場:5、ポンプ場:6
⑥	【H27】台風18号及び豪雨(9.6-27)	6.6	処理場:4、ポンプ場:4
⑦	【H28】台風10号(8.28-31)	5.7	処理場:1、ポンプ場:4
⑧	【H29】台風18号及び豪雨(9.14-18)	4.2	処理場:1
	【R1】台風19号	※3 約413億円	処理場:17、ポンプ場:31

※1 「水害統計」による ※2 国土交通省発表の災害情報による ※3 国土交通省調べ。速報値であり、今後変更となる可能性がある

内水氾濫と下水道の役割

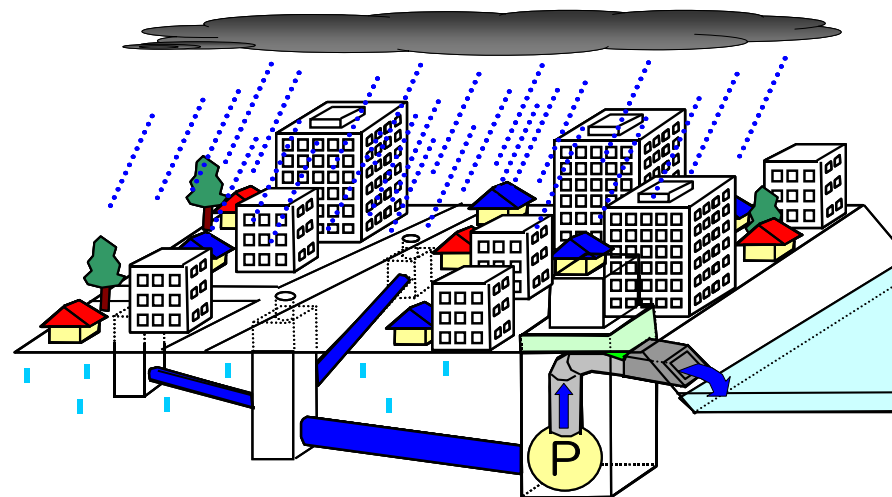
- 都市の浸水には、都市に降った雨が河川等に排水できずに発生する「内水氾濫」と河川から溢れて発生する「外水氾濫」がある。
- 下水道は、都市に降った「内水の排除」という役割を担っており、河川等に放流するための雨水管やポンプ場、貯留浸透施設等を整備。

【内水氾濫】



下水道の雨水排水能力を上回り浸水、または河川水位の上昇により、下水道から河川へ放流できず浸水

【下水道の役割】



雨水管やポンプ場、貯留浸透施設等を整備し、雨水を河川等へ排除

下水道の目標水準の考え方

- 平成19年の社会資本整備審議会答申では時間軸に応じた目標設定のあり方を示している
- 雨水排除計画で採用する確率年は、5～10年を標準とする（下水道施設計画・設計指針と解説）

〔平成19年の社会資本整備審議会答申〕

＜長期の目標＞

ハード整備に加え、ソフト対策と自助を組み合わせた総合的な対策により、既往最大降雨（過去に観測した最大規模の降雨量）に対する浸水被害の軽減を図る

＜中期の目標＞

[重点地区]

人命の保護、都市機能の確保、個人財産の保護の観点から、地下空間高度利用地区、商業・業務集積地区、床上浸水常襲地区等を「重点地区」として、既往最大降雨に対し、浸水被害の最小化を図る。その際、ハード整備の中期目標水準は、地区の被害状況等を踏まえ、概ね10年間に1回発生する降雨に対する安全度の確保を基本としつつ、事業の継続性・実現性を勘案して設定する。

[一般地区]

ハード整備の中の中期目標水準は、地区の実情等を踏まえ、概ね5年間に1回発生する降雨に対する安全度の確保を基本としつつ、事業の継続性・実現性等を勘案して設定する。また、ハード対策の中期目標水準を上回る降雨に対しては、ソフト対策、自助を推進する。

＜当面の目標＞

[重点地区]

既往最大降雨に対し、ハード整備に加え、ソフト対策と自助を組み合わせた総合的な対策により浸水被害の最小化を目指し、緊急性を持って取組を推進する。

都市浸水対策の実施状況

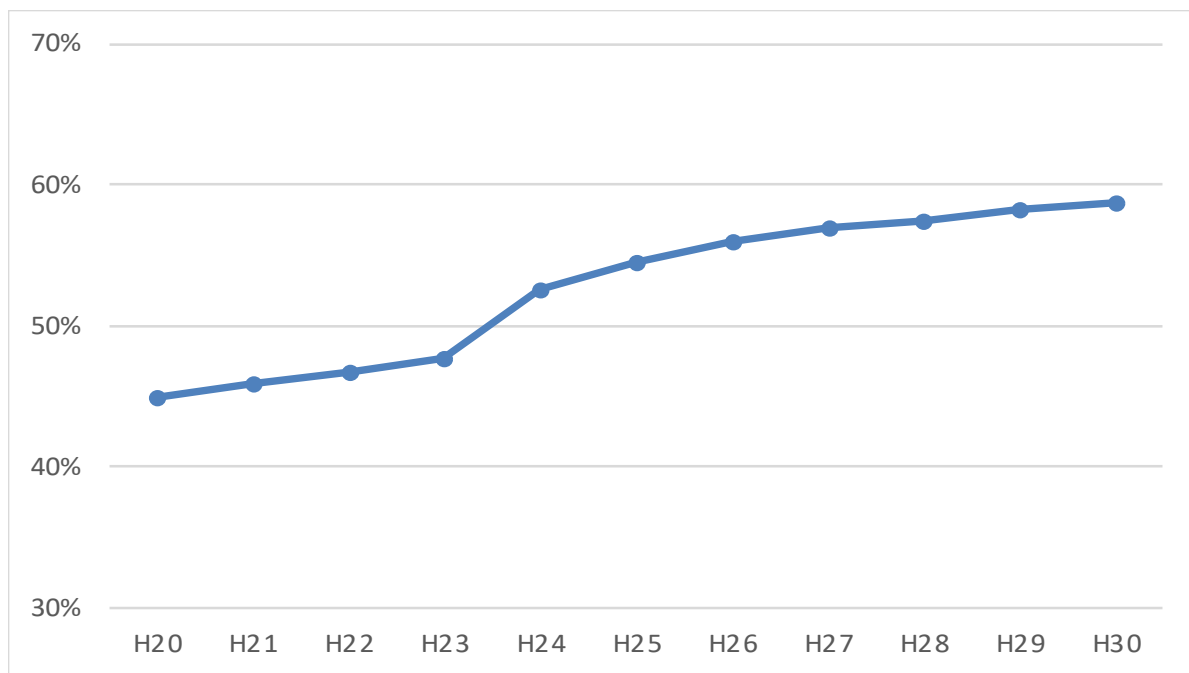
- 地方公共団体数は全国で約1,700。そのうち下水道事業で雨水整備を実施している団体は約900であり、下水道による都市浸水対策は、これまでも着実に推進。
- 人口・資産が集中する地域や近年甚大な被害が発生した地域等において、概ね5年に1回程度発生する規模の降雨に対して下水道の整備が完了した面積の割合（都市浸水対策達成率）は、平成30年度末時点で約59%。（第4期社会資本整備重点計画指標）

※「都市浸水対策達成率」

人口・資産が集中する地域や近年甚大な被害が発生した地域など都市浸水対策を実施すべき区域面積において、概ね5年に1回程度発生する規模の降雨に対応する下水道整備が完了した区域面積の割合

- 一方、下水道の整備が完了した地区は、下水道施設が浸水被害の軽減や解消に貢献。

都市浸水対策達成率※の推移



※当該グラフにおける「都市浸水対策達成率」の算出方法

「都市浸水対策達成率」の対象面積は社会資本重点整備計画ごとに見直ししているが、当該グラフにおける平成25年度以前の数値については、第4次社会資本整備重点計画（平成27年度～令和2年度）における対象面積（約84万ha）を分母として設定し、算出したもの。

(参考) 第4次社会資本整備重点計画 KPI指標

- 社会資本整備基本計画は、社会資本整備重点計画法に基づき、社会資本整備事業を重点的、効果的かつ効率的に推進するために策定する計画であり、対象は下水道、河川、海岸等の事業等である。
- 第4次社会資本整備重点計画（平成27～32年度）では、4つの重点目標と13の政策パッケージを設定し、計画期間に実施する重点施策とその進捗を示す指標を明示。下水道の浸水対策においても、以下のKPI指標に基づき、施策の進捗管理等を実施。

第4次社会資本整備重点計画 KPI指標（H28～R2）

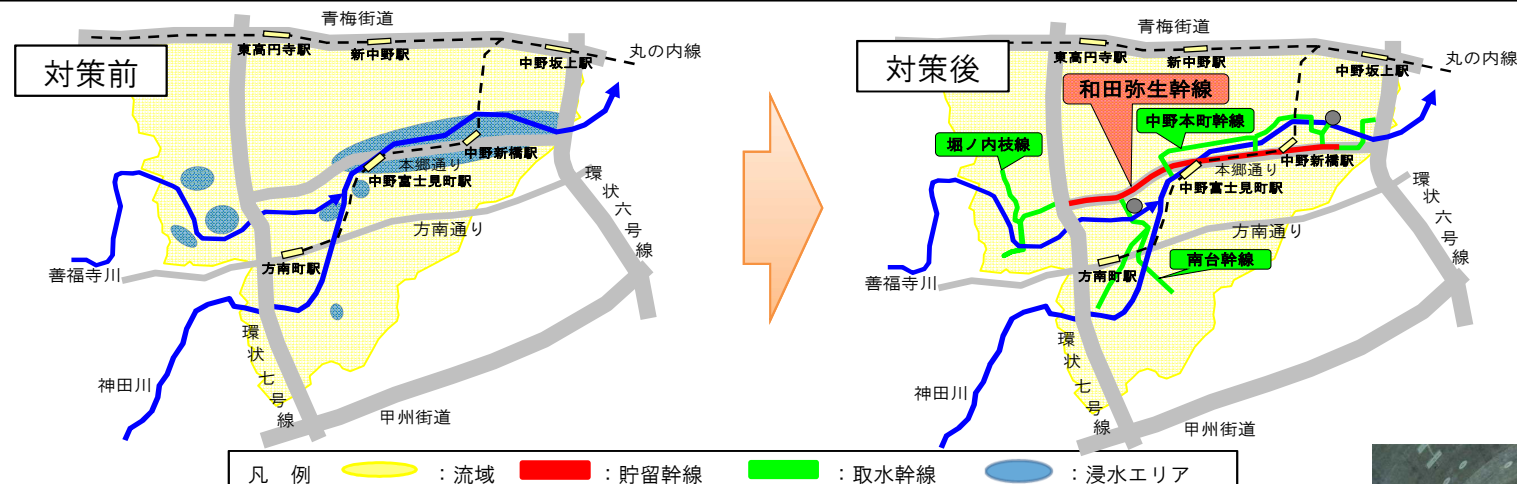
重点目標	重点目標 (小項目)	重点化方針	重点施策	指標名	初期値 (平成26年度)	現在 (平成30年度)	目標値 (令和2年度)
自然災害から国民のいのちと暮らしを守る社会づくり	自然災害のリスクに応じた防災・減災対策の推進	気候変動の影響等を踏まえた新たな防災・減災対策の確立	人口・資産が集中する地域や近年甚大な被害が発生した地域等における水害対策の推進（河道掘削や堤防整備等の河川改修、洪水調節施設の整備、堤防強化、下水道整備等）	下水道による都市浸水対策達成率	約56%	約59%	約62%
				ハード・ソフトを組み合わせた下水道浸水対策計画策定数	約130地区	約160地区 (平成29年度)	約200地区
				過去10年に床上浸水被害を受けた家屋のうち未だ浸水のおそれのある家屋数	約6.5万戸	約4.9万戸	約4.4万戸
	様々な主体の参画による防災意識社会の構築	自然災害リスクを踏まえたまちづくりの推進	最大クラスの内水に対応した浸水想定区域図の作成及びハザードマップの作成の推進	最大クラスの内水に対応したハザードマップを作成・公表し、住民の防災意識向上につながる訓練（机上訓練、情報伝達訓練等）を実施した市区町村の割合	0%	約5%	100%

都市浸水対策の効果事例（令和元年東日本台風）

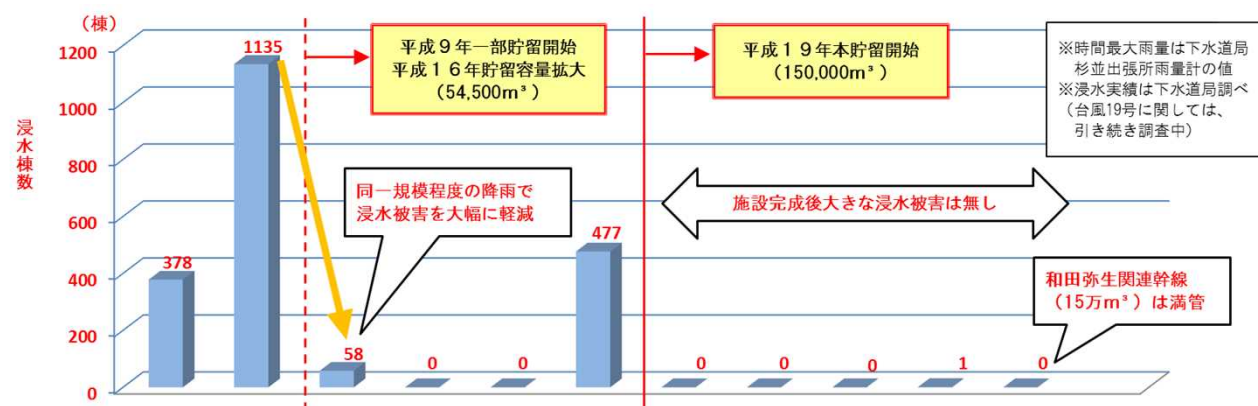
東京都

- 東京都中野区周辺では、平成5年の台風11号により大規模な浸水被害が発生。
- 東京都の下水道事業としては、都内最大の貯留管「和田弥生幹線（120,000m³）」および関連幹線等を整備。
- 令和元年東日本台風などで効果を発揮し、浸水被害の発生を防止・軽減。

整備状況



浸水被害状況



	平成3年 9月19日	平成5年 8月27日	平成16年 10月9日	平成16年 10月20日	平成17年 8月15日	平成17年 9月4日	平成23年 8月26日	平成25年 7月23日	平成25年 8月12日	平成30年 8月27日	令和元年 10月12日
	台風18号	台風11号	台風22号	台風23号	集中豪雨	集中豪雨	集中豪雨	集中豪雨	集中豪雨	集中豪雨	台風19号
時間最大雨量 ミリ/時	38	47	45	28	80	94	55	21	49	67	35



和田弥生幹線
 （貯留管：直径8.5m、延長2.2km）

【貯留容量：合計15万m³】
 和田弥生幹線（12万m³）
 南台幹線など関連幹線等（3万m³）

効果

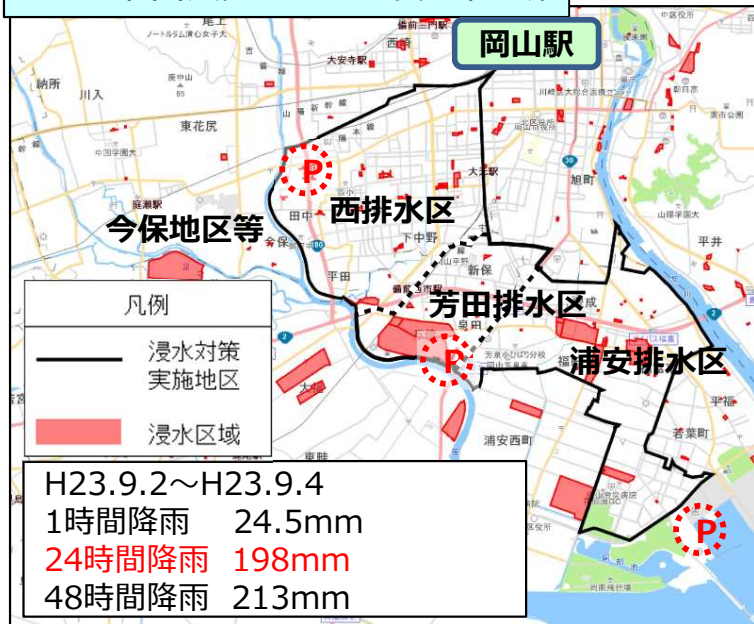
対策実施に伴い、浸水被害を大幅に軽減

都市浸水対策の効果事例 (平成30年7月豪雨)

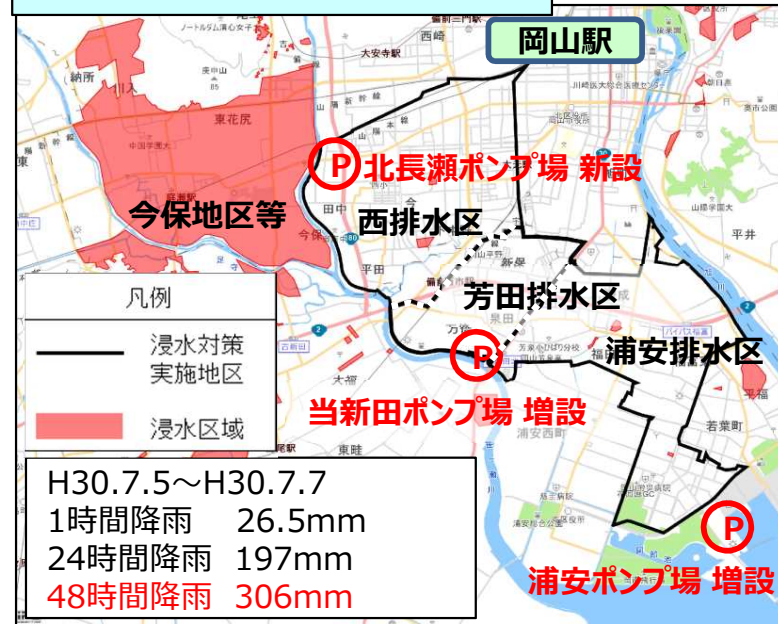
岡山県岡山市

- 岡山市では平成30年7月豪雨で内水により市内全域で約5千戸の浸水被害が発生 (平成30年8月末時点)
- 平成23年に大規模な浸水被害が発生した「西排水区、芳田排水区、浦安排水区」はポンプ場整備などの対策により、浸水被害が大幅に軽減された一方、計画があるにもかかわらず対策が未実施である「今保地区等」は甚大な浸水被害が発生。

H23年台風12号での浸水区域

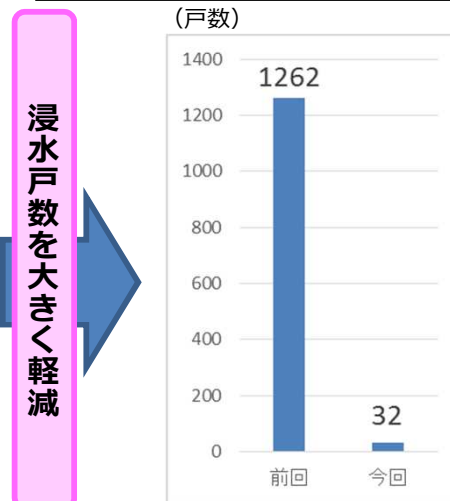


H30年7月豪雨での浸水区域



ポンプ場
3箇所増強などを実施

「西排水区、芳田排水区、浦安排水区」の浸水戸数



浸水戸数を大きく軽減

浸水対策を実施したことにより、
浸水戸数が大幅に軽減！



平成23年台風12号による浸水



北長瀬ポンプ場
平成24年7月 稼働開始
排水能力 200m³/min



当新田ポンプ場
平成28年3月 305m³/min増強
排水能力 955m³/min



浦安ポンプ場
平成27年3月 356m³/min増強
排水能力 792m³/min

令和元年東日本台風による内水被害の分析

令和2年1月末現在

- 被害原因と被害状況が把握できた約1.6万戸について、「災害の規模」と「土地の浸水しやすさ」をベースとした16の категорияに分類し、浸水リスクマトリクスを整理。
- 災害の規模は、「河川水位の状況」で河川水位と計画高水位の関係を区分し、「降雨の規模」を令和元年東日本台風の1時間最大降雨と下水道の計画降雨で区分。
- 土地の浸水しやすさは、被災地区の「下水道の雨水排水施設整備」の状況で区分し、「地形的な条件」をポンプ排水区と自然排水区で区分。



今後も大規模水害の発生時には、当該浸水リスクマトリクスの整理を実施し、データを蓄積する。

83.1%

※被害戸数は地方公共団体からの報告による。
被害戸数には外水被害を含む場合がある。

平成30年7月豪雨による内水被害の分析

- 被害原因と被害状況が把握できた約1.5万戸について、「災害の規模」と「土地の浸水しやすさ」をベースとした16の категорияに分類し、浸水リスクマトリクスを整理。
- 災害の規模は、「河川水位の状況」で河川水位と計画高水位の関係を区分し、「降雨の規模」をH30年7月豪雨の1時間最大降雨と下水道の計画降雨で区分。
- 土地の浸水しやすさは、被災地区の「下水道の雨水排水施設整備」の状況で区分し、「地形的な条件」をポンプ排水区と自然排水区で区分。



今後も大規模水害の発生時には、当該浸水リスクマトリクスの整理を実施し、データを蓄積する。

81.9%

※被害戸数は地方公共団体からの報告による。被害戸数には外水被害を含む場合がある。

都市浸水対策の課題 (令和元年8月の前線に伴う大雨)

佐賀県佐賀市

- 佐賀市では、令和元年8月の前線に伴う大雨における内水氾濫によって約2,904戸が浸水。(令和元年9月末時点)
- 本庄江排水区(平成28年6月に時間雨量47mm/hで約17ha浸水)では、浸水被害を防止軽減するため、厘外雨水ポンプ場を整備し、令和元年6月に完成。
- 令和元年7月21日の大雨(時間最大雨量41mm/h)では、浸水被害を防止し、整備効果をただちに発揮。
- 一方、令和元年8月の前線に伴う大雨(時間最大雨量110mm/h)は、施設計画(時間最大雨量64mm/h)をはるかに超える豪雨であり、内水氾濫が発生。今後は、ハードとソフトを組み合わせた総合的な内水被害対策のさらなる推進が必要。

施設計画範囲内の豪雨における整備効果 (R1.7.21)

▼ ポンプ場の整備 (本庄江排水区)



▼ 整備効果



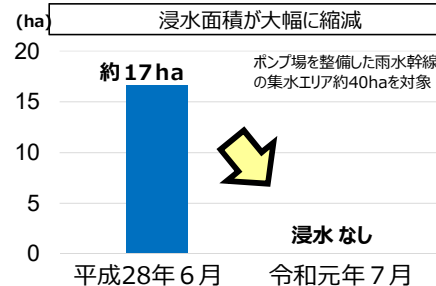
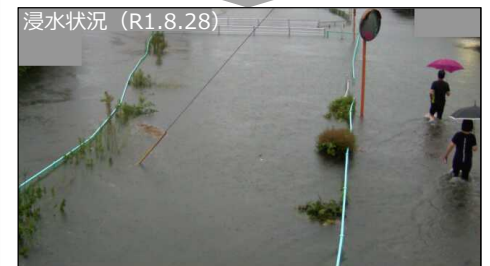
※位置図①

施設計画をはるかに超える豪雨での被害 (R1.8.28)

▼ 令和元年8月の前線に伴う大雨による浸水エリア



※位置図②



寄せられた市民の声 (佐賀新聞提供: R1.8.7記事)

つながる さがし ~地域のいま~

厘外ポンプ場のおかげで

本庄江河口へ放水される雨水

普段は芝生が生え、野球でも遊べそうな光田地の湧水状態で、この日は湧水状態で、この光景は怖さを感じました。北から流れ込んだ雨水は、本庄江河口へ毎秒2トずつ放水されています。今回の大雨で、警戒レベル5、4が発令されました。うれしかった！ やっぱ、6月に稼働し始めた厘外雨水ポンプ場のおかげだなあと、写真撮って来ました。

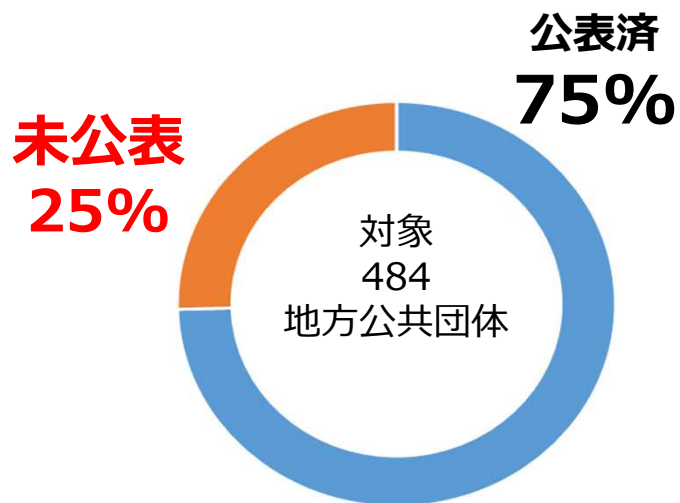
普段は芝生が生え、野球でも遊べそうな光田地の湧水状態で、この日は怖さを感じました。北から流れ込んだ雨水は、本庄江河口へ毎秒2トずつ放水されています。今回の大雨で、警戒レベル5、4が発令されました。今後も気象情報に関心を持ち、すくに対応できるように心がけよう。

(西与賀校区 日井ひとみ)

内水ハザードマップの作成状況

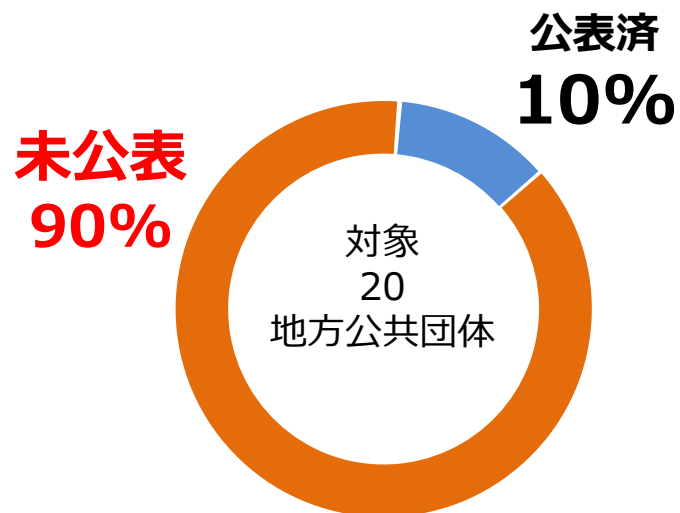
- 過去に甚大な浸水被害が発生するなど、内水ハザードマップの早期作成が必要な484地方公共団体のうち25%の地方公共団体が、既往最大規模降雨等による内水ハザードマップを公表していない。
- 平成27年の水防法改正後、内水浸水により人命への影響が懸念される地下街を有する20地方公共団体のうち2地方公共団体しか、想定最大規模降雨による内水ハザードマップを公表していない。

既往最大規模降雨等による
内水ハザードマップ



公表済 361地方公共団体
(平成31年3月末現在)

想定最大規模降雨による
内水ハザードマップ

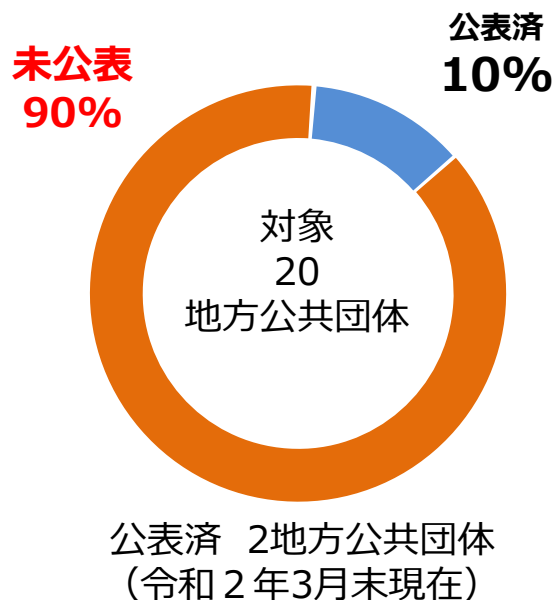


公表済 2地方公共団体
(令和2年3月末現在)

内水ハザードマップ作成の現状 (想定最大規模降雨)

- 平成27年の水防法改正後、内水浸水により人命への影響が懸念される地下街を有する20地方公共団体のうち2地方公共団体が、想定最大規模降雨による内水ハザードマップを公表済。
- 「防災・減災、国土強靱化のための3カ年緊急対策」において、各地方公共団体の取組を3年間（2018～2020年度）で集中的に支援。
- 地下街を有する全ての地方公共団体において、想定最大規模降雨の内水ハザードマップ等の作成に着手しており、令和2年度末までに概ね完了する予定。

想定最大規模降雨による 内水ハザードマップ



下水道

全国の内水浸水のソフト対策に関する緊急対策

概要: 平成30年7月豪雨を踏まえ、内水浸水により人命への影響が懸念される地下街を有する地区について、想定最大規模降雨に対応した内水ハザードマップの作成状況等の緊急点検を行ったところ、作成していない約20地方公共団体について、想定最大規模の内水ハザードマップ等の作成の緊急対策を実施する。

府省庁名: 国土交通省

想定最大規模降雨に対応した内水ハザードマップ等の作成

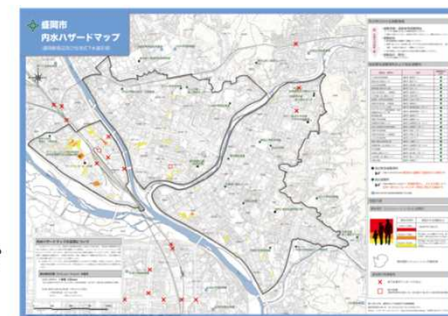
箇所: 想定最大規模降雨の内水ハザードマップ等を作成していない約20地方公共団体
内水浸水により人命への影響が懸念される地下街を有する地区

期間: 2020年度まで

実施主体: 都道府県、政令指定都市、市町村

内容: 想定最大規模降雨に対応した内水ハザードマップ等を作成

達成目標: 内水浸水により人命への影響が懸念される地下街を有する地区において、想定最大規模降雨の内水ハザードマップ等の作成を概ね完了



想定最大規模降雨に対応した内水ハザードマップの作成事例

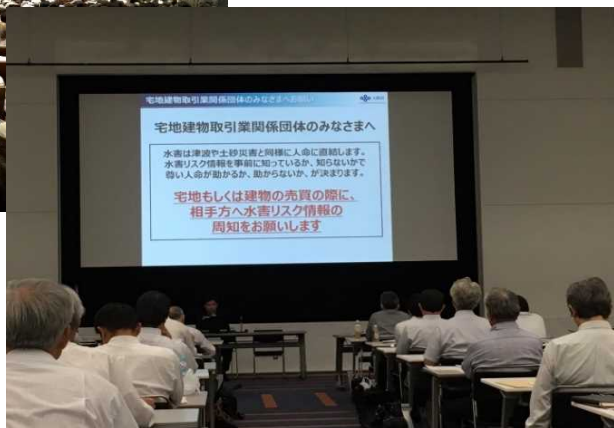
<3カ年緊急対策：全国の内水浸水のソフト対策に関する緊急対策の概要>

内水浸水に関するリスク情報

- 「大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方について」（社会資本整備審議会答申、平成30年12月）を踏まえ、緊急行動計画の取組の一環として、不動産関連業界と連携して、不動産関連団体の研修会の場において、水害リスクに関する情報の解説を実施。令和元年6月から全国各地で研修会の場において、不動産関連事業者向けに国や県の河川部局の担当者が水害リスクに関する情報の解説を順次実施。（令和元年度に全国で100回程度実施済）
- さらに、令和元年7月に国土交通省から不動産関連業界5団体に「不動産取引時のハザードマップを活用した水害リスクの情報提供について」を依頼。

＜水害リスク情報の解説コンテンツ＞

- ✓ハザードマップと災害発生位置の関係
- ✓浸水想定区域図（家屋倒壊等氾濫想定区域）と水害ハザードマップ
- ✓浸水ナビ、国土交通省ハザードマップポータルサイト等の紹介

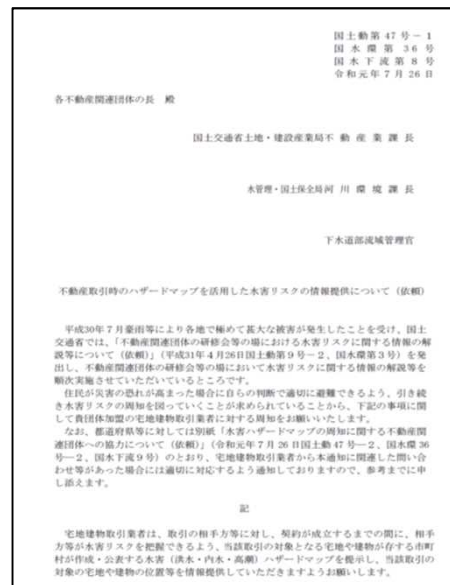


不動産関連事業者への水害リスクに関する情報の解説の様子

令和元年7月に国土交通省から不動産関連業界5団体に協力依頼

＜不動産関連業界5団体＞

全国宅地建物取引業協会連合会、全日本不動産協会、不動産協会、全国住宅産業協会、不動産流通経営協会



宅地建物取引業者は、取引の相手方等に対し、契約が成立するまでの間に、相手方等が水害リスクを把握できるよう、当該取引の対象となる宅地や建物が存する市町村が作成・公表する水害（洪水・内水・高潮）ハザードマップを提示し、当該取引の対象の宅地や建物の位置等を情報提供するように依頼

内水浸水に関するリスク情報

- 今後のまちづくりや建築物における電気設備の浸水対策において、内水氾濫による浸水リスク情報（内水ハザードマップ）の活用必要性が指摘されている。

「水災害対策とまちづくりの連携のあり方」検討会 （事務局：国土交通省）

- 目的
気候変動により増大する水災害リスクに対して、水災害対策とまちづくりのより一層の連携のための方策等について検討
- 第1回検討会（令和2年1月8日）における議事要旨（抜粋）
 - ・**リスク情報は、的確な判断を促すためのもの**であり、地域が、リスク情報をポジティブに受け止めて、政策に転換できるようなリテラシーをどうつくっていくか、がポイント。
 - ・**物理的なハザード情報に対して、まちの弱点として、どのような被害が起こりうるのか**をえぐり出していくことが必要。これには治水・防災部局とまちづくり部局とのキャッチボールができる体制が必要。
 - ・**どういう質のハザード情報であれば、住民が真剣に受け止めるか**、地域・まちづくり側からのレスポンスをしていただけるとよい。
 - ・**災害の生起確率も重要**ではないか。極端な現象をみているは何もできなくなる。
 - ・**災害と被害は違う。災害をどう被害にうまく翻訳するか**というところが情報の出し方として非常に重要。どれくらい防災対策、減災対策がされているかという情報が入らないと、被害情報には転換できない。
 - ・治水対策は、河川の場合、100年などの再現期間を設定して事業が進められる。立地規制と治水対策をどうするかについても、**再現期間に応じたシナリオを踏まえた議論が必要**。
 - ・**気候変動の影響で、水害の再現期間も短くなる**ところが重要なポイント。気候変動が進んだ結果、一生に一度あるかないかと思ったことが、数十年に1回ぐらいになるのであれば、今、布石を打つ対策の方向性も変わってくる。

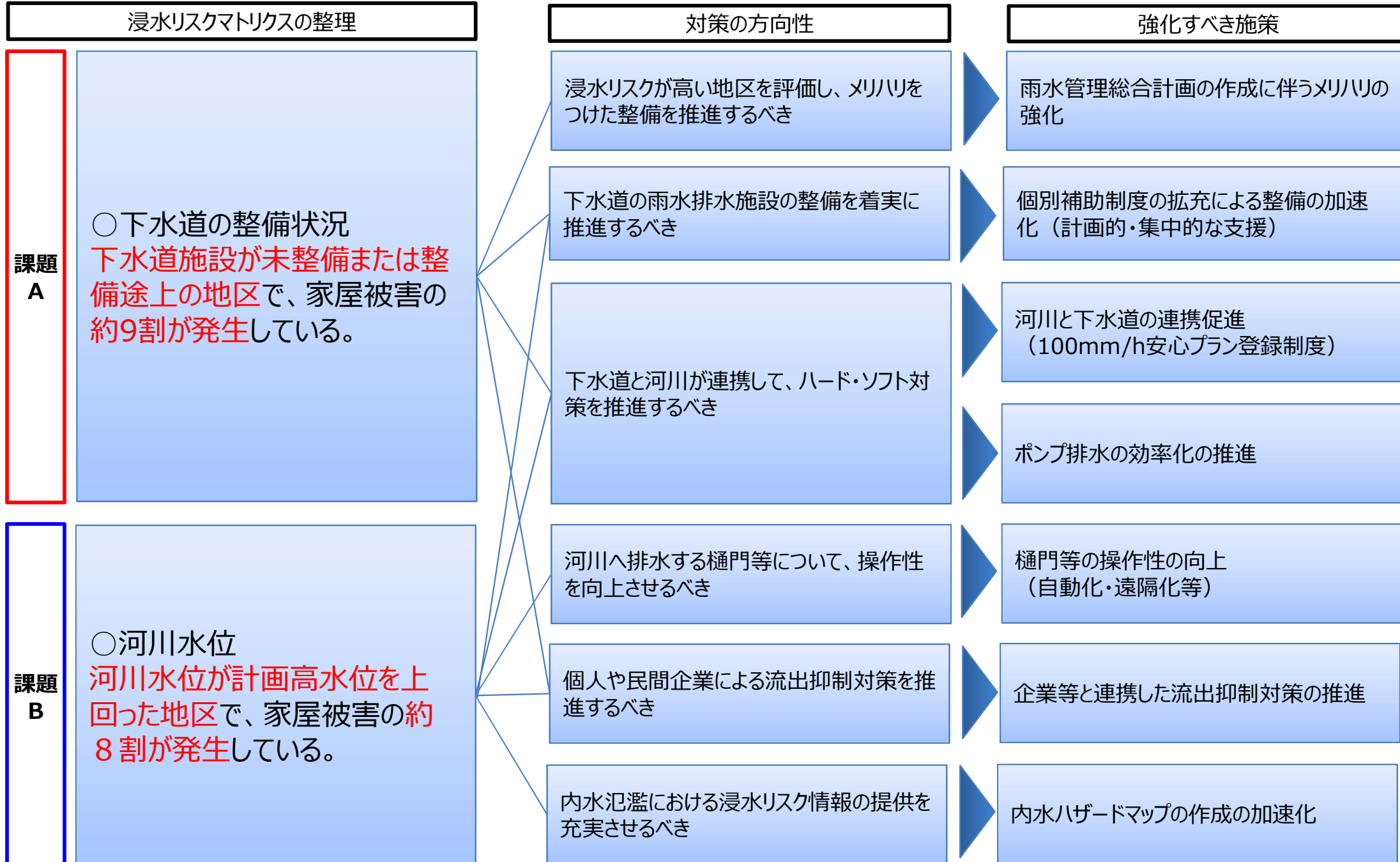
建築物における電気設備の浸水対策のあり方に関する検討会 （事務局：国土交通省、経済産業省）

- 目的
近年の大雨により建築物の地下に設置された電気設備に浸水被害が発生している状況を踏まえ、建築基準法を所管する国土交通省、電気事業法を所管する経済産業省その他関係機関の協力の下、建築物における電気設備の浸水対策のあり方や具体的事例を収集整理し、ガイドラインとして取りまとめ、関連業界に対して広く注意喚起することについて検討
- 第1回検討会（令和元年11月27日）における議事要旨と対応案（抜粋）
 - ・**洪水ハザードマップで示されている浸水深は、1000年に1回程度発生する最大浸水深**が基本となりつつある。防災拠点では対応が必要かもしれないが、一般の集合住宅に要求するとかえって対策意欲を削ぐことになり得る。**想定する浸水深の扱いが大切**ではないか。
 - ・電気設備を考えた場合、**外力としては、都市部の外水氾濫を想定するよりも、規模の大きい内水氾濫をイメージして対策を**考えてはどうか。
 - ガイドラインにおいて、**想定する災害や想定浸水深の設定の考え方**等について記載する
 - ・「ハザードマップを見ましょう」など、大前提として、想定される浸水深よりも高い場所に建てることが重要である旨を記載すべきではないか。
 - ガイドラインにおいて、**ハザードマップを活用**することや、浸水のおそれの高い場合に計画地の変更を検討することが望ましい旨を記載する

気候変動を踏まえた下水道による浸水対策等に係る課題及び論点

現状・問題点	課題（対策の方向性）	論点（解決すべき事項）	検討事項
<p>○気候変動に伴う降雨量の増加等の懸念</p> <p>○近年、度重なる出水により多くの内水被害が発生するとともに、河川の氾濫等により下水道施設が浸水し、機能が停止</p> <p>○下水道整備は一定程度進捗しており、完成施設では効果が発現。一方、下水道整備が途上である地区において内水被害が発生。</p> <p>○また、下水道整備が完了した地区でも下水道の施設計画を超過する降雨により内水被害が発生。</p> <p>○令和元年東日本台風における内水被害の多くは、排水先河川のピーク水位が計画高水位を上回った地区で発生。</p> <p>○内水ハザードマップについては、既往最大規模降雨、想定最大規模降雨ともに作成が進んでいない。</p> <p>○今後のまちづくりや建築物における電気設備の浸水対策において、内水氾濫によるリスク情報の活用の必要性が指摘されている。</p>	○気候変動を踏まえた雨水計画の見直し	○気候変動の影響を踏まえた計画雨量の設定	○下水道計画における計画雨量の設定方法等
	○下水道施設の機能の維持（耐水化の推進）	○耐水化の対象外力の設定 ○効率的・効果的な対策手法	○耐水化の対象外力の考え方 ○効率的・効果的な対策手法の検討 ・対策箇所の優先順位・対策期間等
	○早期の安全度の向上	○効率的・効果的なハード整備 ○既存施設の運用の工夫策 ○まちづくりとの連携によるリスク軽減手法	○効率的・効果的なハード整備の検討 ・整備の加速化、更なる連携施策等 ○既存施設の運用の工夫策 ・ポンプ排水の効率化、樋門等の操作性の向上 ○まちづくりとの連携によるリスク軽減手法の検討等
	○ソフト施策の更なる推進・強化	○効率的・効果的なソフト施策（内水ハザードマップ等）	○内水ハザードマップ作成の加速化 ・内水ハザードマップ（実績、想定最大規模）作成の推進等 ○効果的なソフト施策の検討

令和元年東日本台風による内水被害を踏まえた今後の対応



※「課題」と「対策の方向性」の接続線は関係性が大きいと考えられるものを記載した

2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進

(1) 下水道計画の特徴と理想の解像度

(2) 気温や海面水温の上昇からの降雨量変化倍率の設定の方向性

(3) 下水道による都市浸水対策での検討で使用する気候変動予測モデル

(4) 検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）

(5) モデルを活用した評価

(6) 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定

(7) 下水道計画への反映の考え方

下水道計画の特徴と理想の解像度

下水道計画の特徴

- 事業実施箇所：全国（沖縄等の島しょ部を含む）
- 排水区面積：排水区数の9割以上は2.0km²以下であり、平均は0.56km²
- 降雨継続時間：雨水計画では、1時間以内の事例が大部分を占める（貯留施設は24時間が標準※1）
- 計画降雨の確率年：5～10年が標準※2（10年以上に設定した地区も一部存在）
- 降雨データ数：確率計算には、少なくとも20年以上必要（できれば、40年以上が望ましい）※2

※1 下水道雨水調整池技術基準(案)解説と計算例 昭和59年10月 社団法人 日本下水道協会
 ※2 下水道施設計画・設計指針と解説 2019年版 公益社団法人 日本下水道協会

排水区数の9割以上は、2.0km²以下

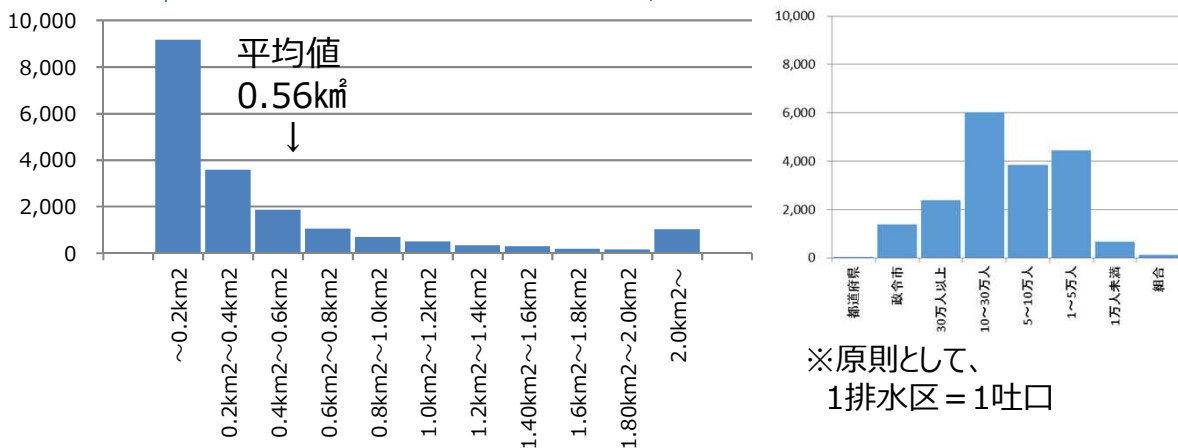


図 下水道の排水面積のヒストグラム（回答自治体数：917団体）

出典：国土交通省調べ

理想の解像度

- 解析の精度を少しでも向上させることを考えると、複数格子データを用いることが理想
- 排水区が正方形であると仮定すると、平均面積の場合概ね0.5kmの解像度が理想（例えば排水区面積の4分割を想定）
- あるいは、X-RAINの空間解像度を基に250m四方の9分割も考えられる。

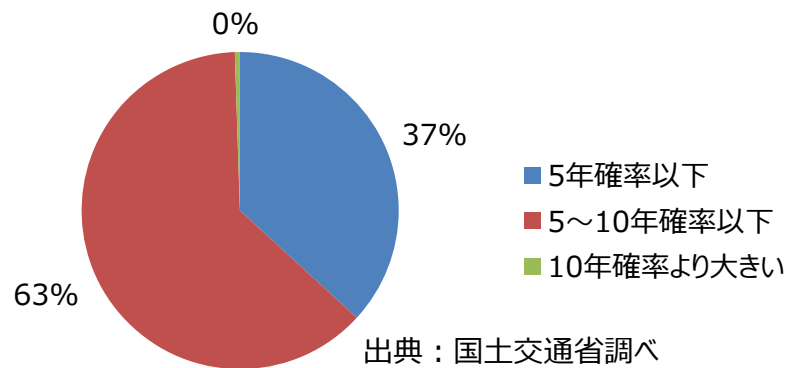
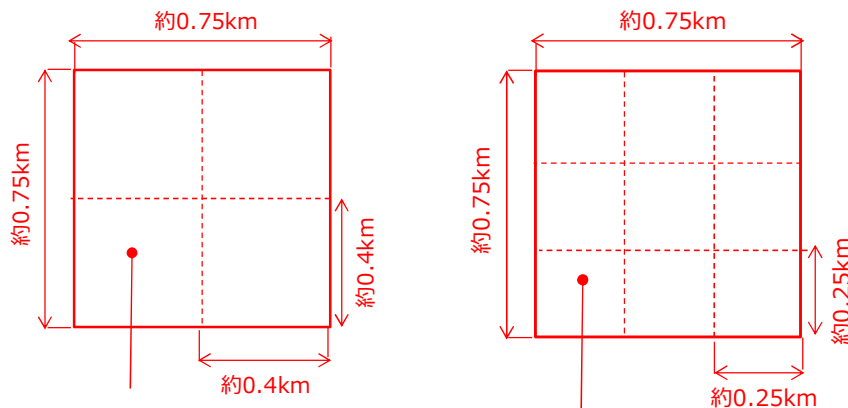


図 下水道の施設計画で対象としている確率年（全国、排水区割合）



平均 0.56km² (約0.75km×約0.75km)
 ⇒ 4分割すると約0.4km (≒0.5km) の解像度

平均 0.56km² (約0.75km×約0.75km)
 ⇒ 9分割すると約0.25kmの解像度

図 排水区（平均）のイメージ

2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進

(1) 下水道計画の特徴と理想の解像度

(2) 気温や海面水温の上昇からの降雨量変化倍率の設定の方向性

(3) 下水道による都市浸水対策での検討で使用する気候変動予測モデル

(4) 検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）

(5) モデルを活用した評価

(6) 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定

(7) 下水道計画への反映の考え方

IPCC第5次評価報告書による将来の気候変動シナリオ

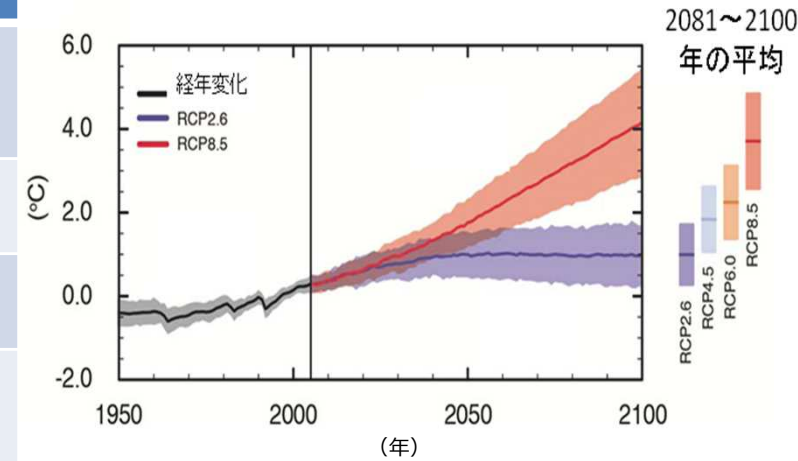
- IPCC第5次評価報告書では、温室効果ガス濃度の推移の違いによる4つのRCPシナリオが用意されている。
- 具体的には、パリ協定における将来の気温上昇を2℃以下に抑えるという目標に相当する排出量の最も低いRCP2.6や最大排出量に相当するRCP8.5、それら中間に値するRCP4.5、RCP6.0が用意されている。

< RCPシナリオの概要 >

< 将来予測 >

< 世界平均地上気温変化 >

略称	シナリオ (予測) のタイプ	世界平均地上気温 (可能性が高い予測幅)	世界平均海面水位 (可能性が高い予測幅)	日本の大雨による 降水量の変化
 RCP 2.6	低位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 2.6W/m ²) 将来の気温上昇を 2℃以下に抑えるという目標のもとに開発された排出量の最も低いシナリオ	+0.3~1.7℃	+0.26~0.55m	+7.9~14.5%
 RCP 4.5	中位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 4.5W/m ²)	+1.1~2.6℃	+0.32~0.63m	+8.0~16.0%
 RCP 6.0	高位安定化シナリオ (世紀末の放射強制力 6.0W/m ²)	+1.4~3.1℃	+0.33~0.63m	+14.8~18.2%
 RCP 8.5	高位参照シナリオ (世紀末の放射強制力 8.5W/m ²) 2100年における温室効果ガス排出量の最大排出量に相当するシナリオ	+2.6~4.8℃	+0.45~0.82m	+18.8~35.8%



※RCPシナリオ: 代表濃度経路シナリオ (Representative Concentration Pathways)

※放射強制力: 何らかの要因 (例えばCO₂濃度の変化、エアロゾル濃度の変化、雲分布の変化等) により地球気候系に変化が起こったときに、その要因が引き起こす放射エネルギーの収支 (放射収支) の変化量 (Wm⁻²)。正のときに温暖化の傾向となる。

※世界平均地上気温と世界平均海面水位は、1986~2005年の平均に対する2081~2100年の偏差

※日本の大雨による降水量の変化は、全国における上位5%の降水イベントによる日降水量の1984~2004年平均に対する2080~2100年平均の変化率

※出典: JCCCA, IPCC第5次評価報告書特設ページ, 2014, <http://www.jccca.org/ipcc/ar5/rcp.html>

文部科学省・経済産業省・気象庁・環境省, IPCC第5次評価報告書 第1次作業部会報告書 (自然科学的根拠) の公表について, 2015.3,

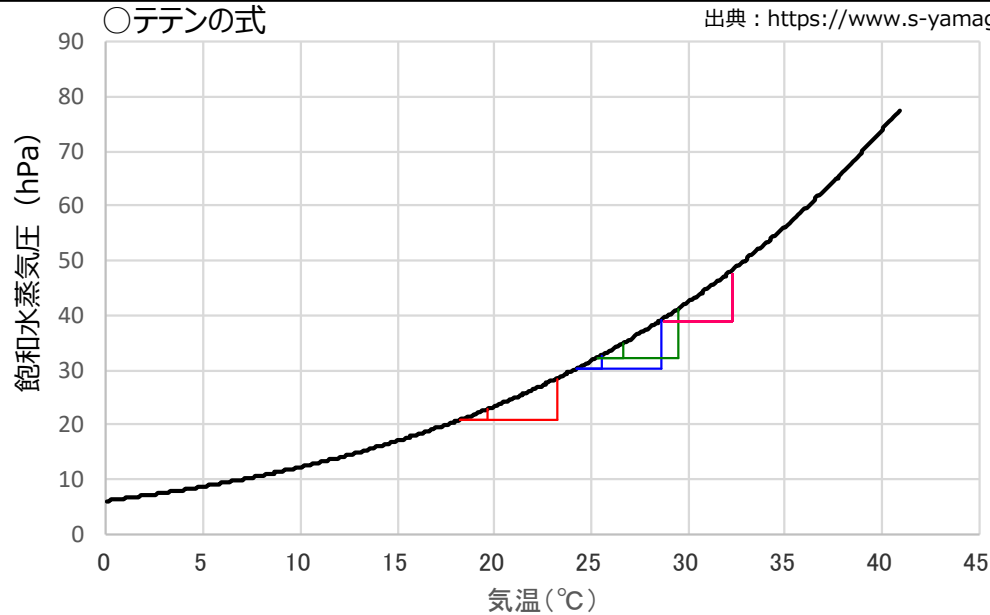
<http://www.env.go.jp/press/files/jp/23096.pdf>

気象庁・環境省, 日本国内における気象変動予測の不確実性を考慮した結果について (お知らせ), 2014.12,

<https://www.env.go.jp/press/19034.html>

気温の変化（気温と飽和水蒸気量の関係：テテン式）

- 下水道による都市浸水対策は沖縄を含む全国で事業を実施されていることから、「気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言」（以下、「治水計画提言」という。）での検討等を基に、沖縄も含めた降雨量変化倍率の設定の方向性を検討した。
- RCP8.5における将来の年平均気温の変化は、東京約4.4℃、福岡約4.2℃に対し、札幌約5.0℃となっている一方、那覇では約3.5℃となっている。
- この結果、気温と飽和水蒸気圧の関係（テテン式）から、降雨量変化倍率は、北海道では高まっている可能性が、沖縄では低まっている可能性がある。



		現在気候	RCP2.6	RCP8.5
札幌	平均気温(6月～10月)	18.2 ^{※1}	19.6 ^{※2}	23.2 ^{※3}
	飽和水蒸気圧	20.9hPa	22.8hPa(+9%)	28.4hPa(+36%)
東京	平均気温(6月～10月)	24.2 ^{※1}	25.5 ^{※2}	28.6 ^{※3}
	飽和水蒸気圧	30.2hPa	32.6hPa(+8%)	39.2hPa(+30%)
福岡	平均気温(6月～10月)	25.3 ^{※1}	26.6 ^{※2}	29.5 ^{※3}
	飽和水蒸気圧	32.3hPa	34.8hPa(+8%)	41.2hPa(+28%)
沖縄	平均気温(6月～10月)	27.4 ^{※1}	28.5 ^{※2}	30.9 ^{※3}
	飽和水蒸気圧	36.5hPa	38.9hPa(+7%)	44.7hPa(+22%)

※1：気象庁の2018年の6月～10月（出水期）の平均気温

※2：現在気候の気温に、RCP2.6における将来の年平均変化量の平均値及び0.2℃^{※4}を加えたもの

※3：現在気候の気温に、RCP8.5における将来の年平均変化量の平均値及び0.2℃^{※4}を加えたもの

※4：NHRMの基準期間（1984～2004年）の平均値とd4PDF過去実験の対象期間（1951～2010年）の平均値の差分

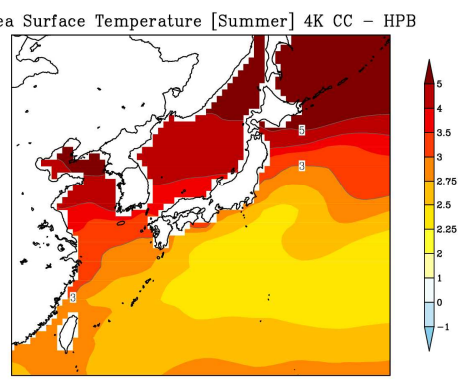
海面水温の変化

- SSTモデルを見ると、何れのモデルでも北海道周辺の海面水温の上昇量が大きく、また、九州北西部も大きくなっている。他方、太平洋沿いのエリアではモデルによって海面水温の上昇量の違いが大きくなっている。
- 沖縄周辺については、太平洋沿いのエリアと比較し、同程度か低くなっている。

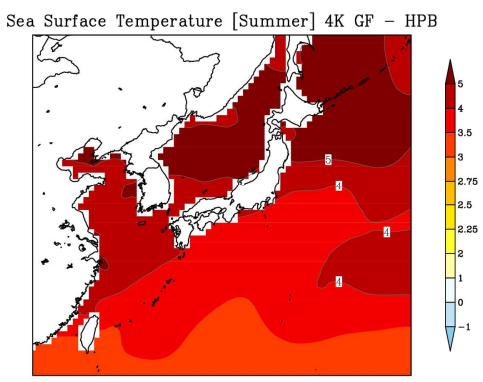
SST パターン

・d4PDFで使用した将来の海面水温は、以下のとおり各研究機関で推計された6ケースについて実施している。

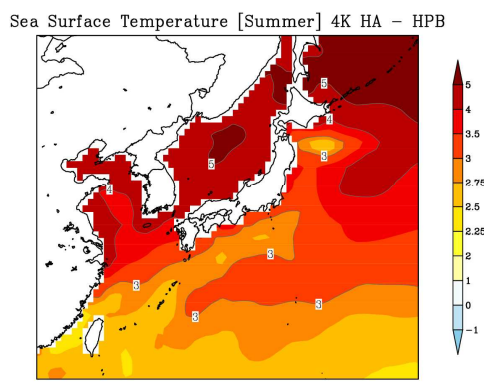
CC



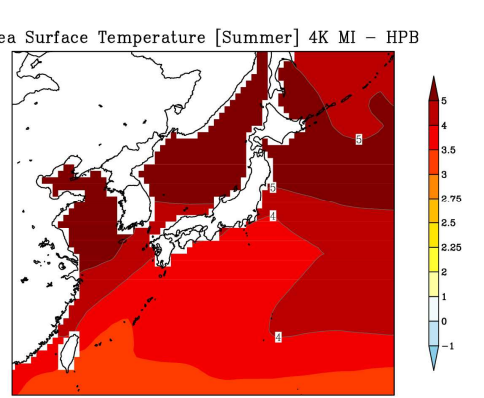
GF



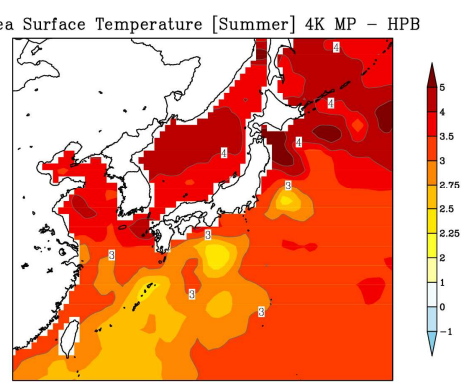
HA



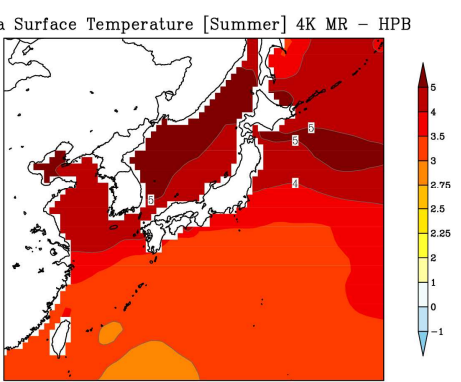
MI



MP



MR



CMIP5	実験各略称	機関名
CCSM4	CC	米国 大気科学研究所
GFDL-CM3	GF	米国 地球物理流体学研究所
HadGEM2-AO	HA	英国 気象庁ハドレーセンター
MIROC5	MI	日本 海洋研究開発機構
MPI-ESM-MR	MP	独 マックスプランク研究所
MRI-CGCM3	MR	日本 気象庁気象研究所

沖縄島しょ部の降雨の状況、気候特性

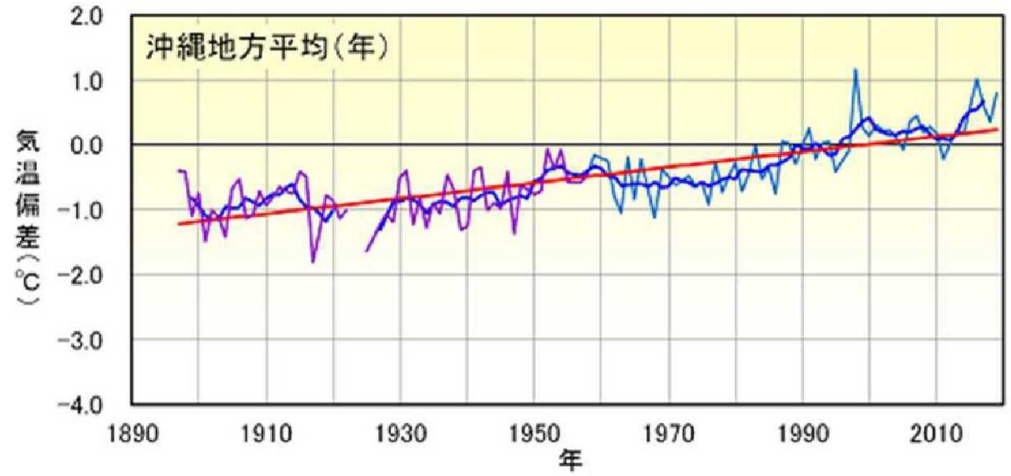
- 沖縄の気候の状況について、全国の気候の状況を観測データを元に整理した。
- 年平均気温、短時間降雨の発生回数（50mm/hr）、台風、海面水温について整理した結果、1976年～2019年の間においては、沖縄では短時間降雨の発生回数に明瞭な長期変化は見られないが、全国では増加傾向を示している。そのほかの項目は、同じような傾向を示している。

項目	沖縄	全国
年平均気温	1.19°C/100年の割合で上昇	1.21°C/100年の割合で上昇
短時間降雨の発生回数	顕著な増減は見られず、明瞭な長期変化は見られない。	1時間降水量50mm以上の発生回数は増加傾向が見られる。
台風の上陸	台風の接近数について、明瞭な長期変化傾向は見られない。	台風の発生数について、明瞭な長期変化傾向は見られない。
海面水温	0.81～1.20°C/100年の割合で上昇	1.12°C/100年の割合で上昇

出典：沖縄は「沖縄の気候変動監視レポート2020」（令和2年3月 沖縄気象台）、
 全国は「気候変動監視レポート2018」（令和元年7月 気象庁）から引用した。

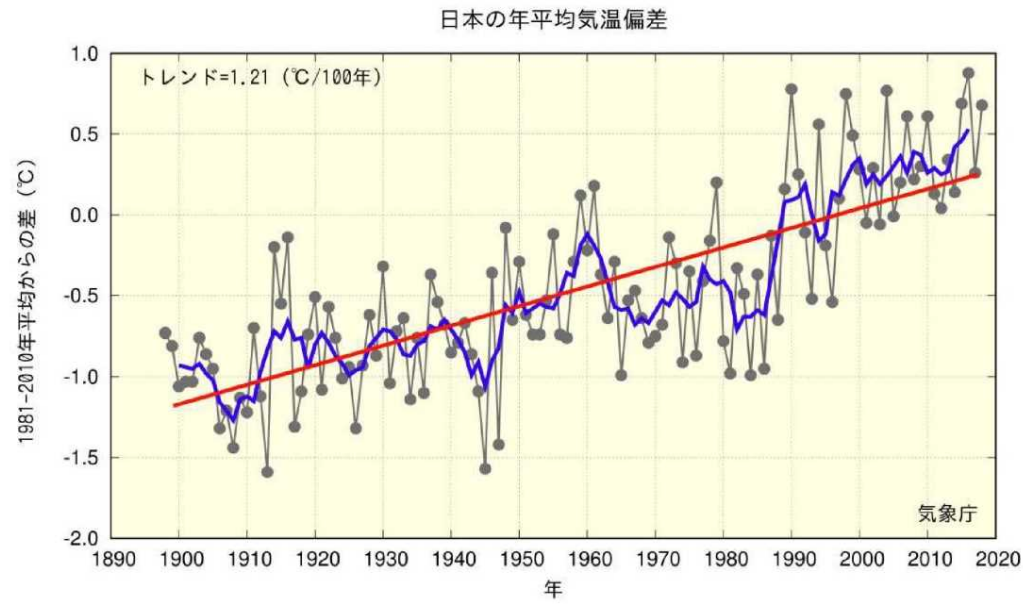
沖縄等の降雨等の状況（平均気温）

- 沖縄地方平均気温は、100年あたり1.19℃の昇温となっており、全地点で長期的に有意な昇温傾向が見られる。
- 日本の年平均気温は、都市化の影響が比較的少ない15観測地点で100年あたり1.21℃の昇温となっている。
- 年平均気温の傾向は、日本全国と概ね同様の傾向である。



那覇、久米島、宮古島、石垣島、与那国島の5観測地点での年平均気温の基準値から偏差を平均した値を示している。
 青線は、偏差の5年移動平均、赤線は長期変化傾向を示している。
 基準値は、1981～2010年の30年平均値。

出典：「沖縄の気候変動監視レポート2020」（令和2年3月 沖縄気象台）



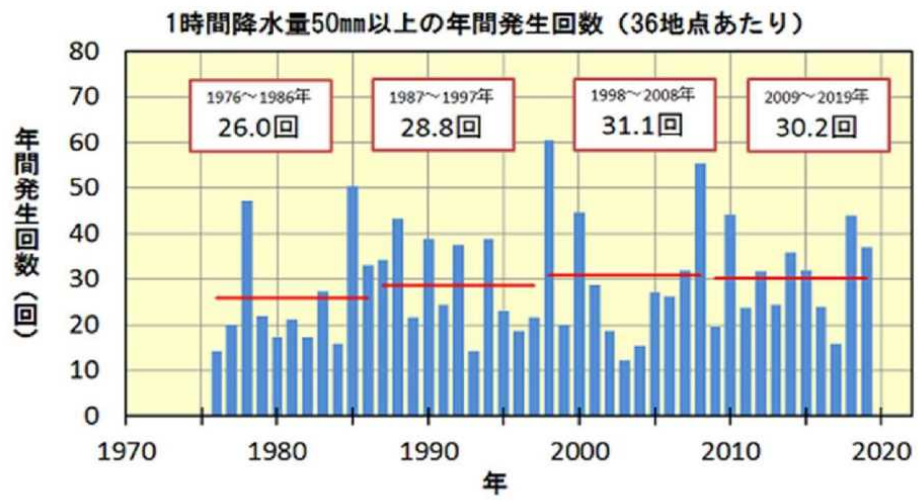
都市化の影響が比較的小さいと見られる気象庁の15観測地点での1898～2018年の年平均気温の基準値（1981～2010年の30年平均値）からの偏差を用いて解析している。
 青線は、偏差の5年移動平均、赤線は長期変化傾向を示している。
 基準値は、1981～2010年の30年平均値。
 観測点は、網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、多度津、宮崎、名瀬、石垣島の15地点。

出典：「気候変動監視レポート2018」（令和元年7月 気象庁）

沖縄等の降雨等の状況（短時間降雨回数：1時間50mm以上の降雨）

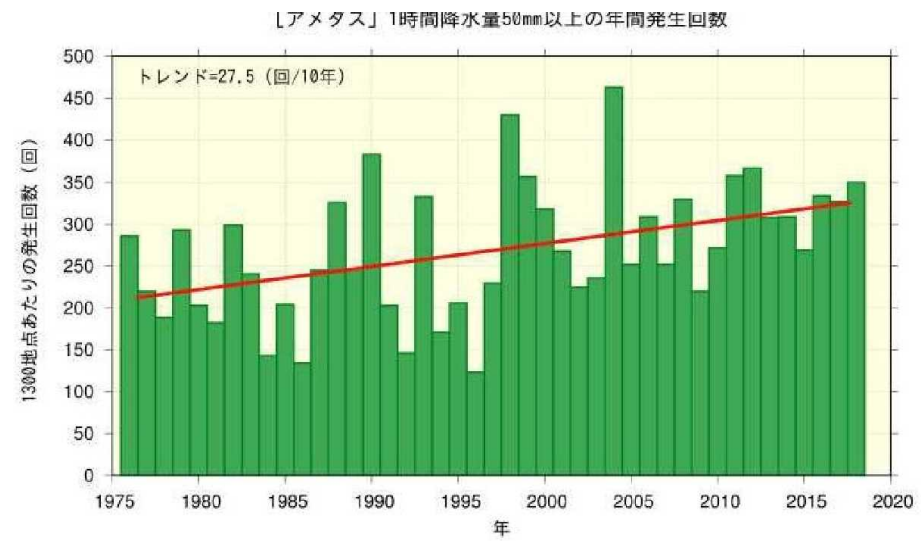
- 沖縄の短時間降雨回数は、1976～2019年の傾向を見ると、年ごと・11年平均で見ても顕著な増減は見られず、明瞭な長期変化傾向は見られない。
- 全国の短時間降雨回数は、最初と最近では約1.4倍の増加傾向が見られる。

※アメダスは、観測期間がまだ40年と比較的短いことから、長期変化傾向を確実に捉えるためには、今後のデータ蓄積が必要である。



短時間降雨回数は、現在の地域気象観測所（アメダス）の地点数36地点あたりの回数に換算して傾向を把握した。
 1976～2019年の値を用いて、連続する11年の平均値を示した。
 年ごと、11年単位で見ても顕著な増減はみられず、明瞭な長期変化傾向は見られない。

出典：「沖縄の気候変動監視レポート2020」（令和2年3月 沖縄気象台）

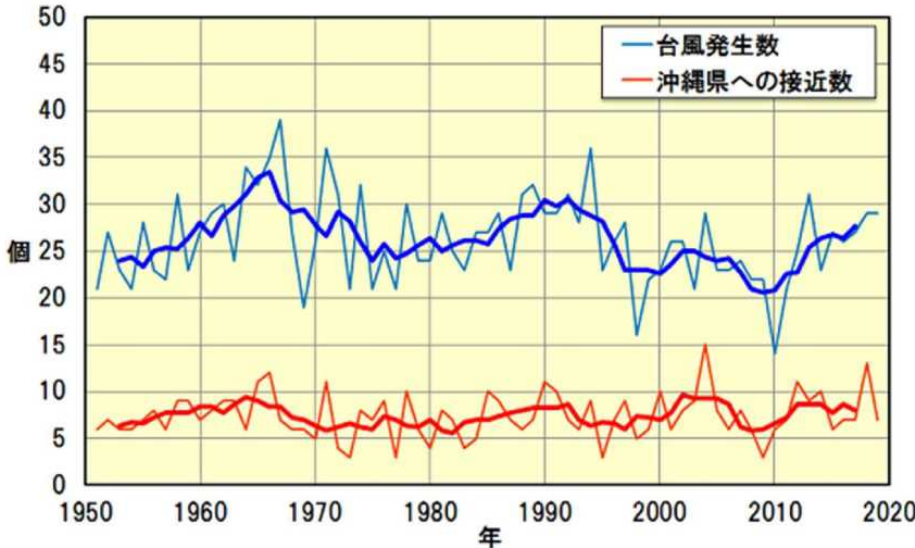


短時間降雨回数は、全国の地域気象観測所（アメダス）の地点数1,300地点あたりの回数に換算して傾向を把握した。
 1976～2018年の値を用いて傾向を見ると、最初の10年間（1976～1985年）平均では1,300地点あたり約226回だったが、最近の10年間（2009～2018年）平均では約311回と約1.4倍に増加している。

出典：「気候変動監視レポート2018」（令和元年7月 気象庁）

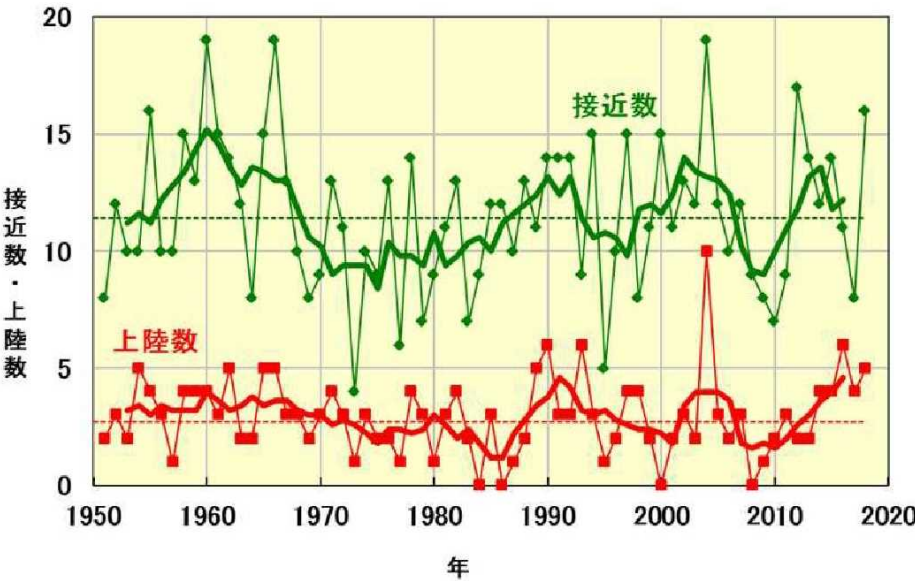
沖縄等の降雨等の状況（台風）

- 沖縄への台風接近数は、1951～2019年の統計期間において、明瞭な長期変化傾向は見られない。
- 日本への台風接近数及び上陸数は、1951～2018年の統計期間において、長期変化傾向を述べるのは難しいこととなっている。



年間の台風発生数と、沖縄への接近数は、1951～2019年の統計期間では、明瞭な長期変化傾向は見られない。
太線は5年移動平均値を示す。

出典：「沖縄の気候変動監視レポート2020」（令和2年3月 沖縄気象台）

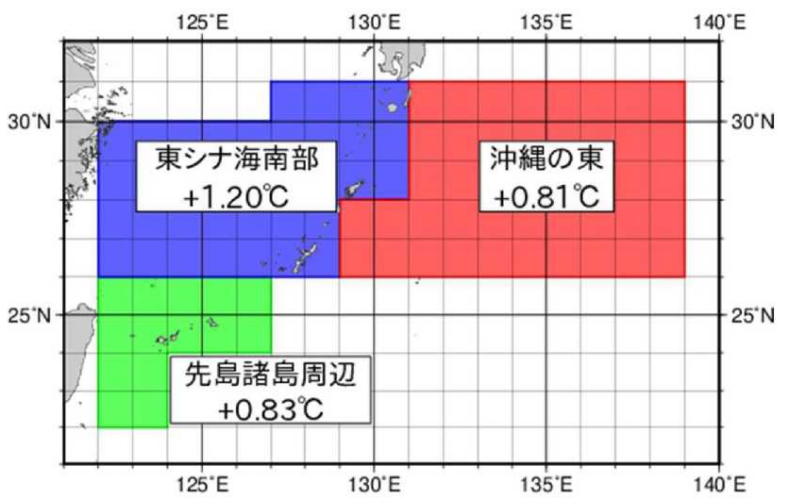


台風の日本への接近数及び上陸数は、1951～2018年の統計期間では、長期変化傾向を述べるのは難しい。
太線は5年移動平均値を、破線は平年値を示す。

出典：「気候変動監視レポート2018」（令和元年7月 気象庁）

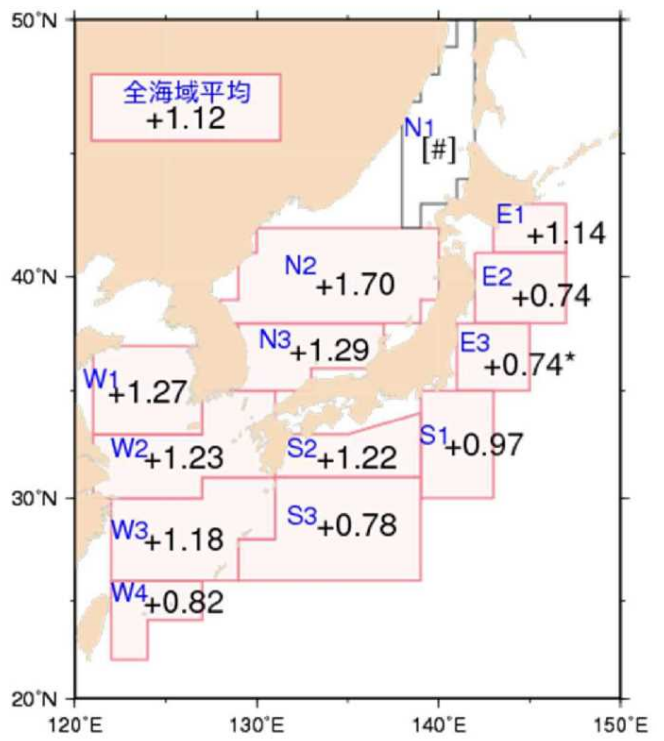
沖縄等の降雨等の状況（海面水温）

- 沖縄周辺の海域の年平均海面水温は、長期的には100年あたり0.81～1.20℃の割合で上昇している。
- 日本近海の年平均海面水温は、全海域平均で100年あたり1.12℃の上昇を確認した。



各海域の海面水温の100年あたりの上昇率は、東シナ海南部で+1.20℃/100年、沖縄の東で+0.81℃/100年、先島諸島周辺で+0.83℃/100年である。統計期間は、東シナ海南部、先島諸島周辺は1901～2019年、沖縄の東で1911～2019年である。

出典：「沖縄の気候変動監視レポート2020」（令和2年3月 沖縄気象台）



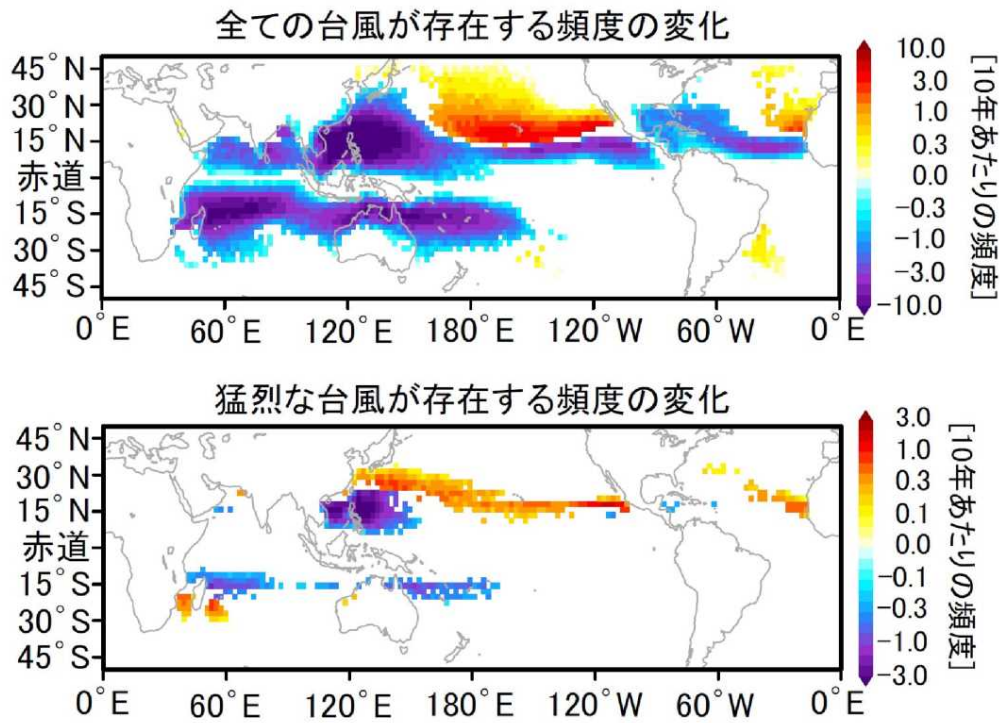
気象庁が収集している船舶やブイ等の現場観測データと100年以上にわたる海面水温格子点データ（COBE-SST）(Ishii et al., 2005) を用いて、日本近海における100年あたりの海域別海面水温の上昇率を見積もった。

日本近海を海域別にみると、海域平均海面水温の上昇率は、黄海，東シナ海，日本海南西部，四国・東海沖，釧路沖では日本の気温の上昇率と同程度となっており、三陸沖，関東の東，関東の南，沖縄の東及び先島諸島周辺では日本の気温の上昇率よりも小さく、日本海中部では日本の気温の上昇率よりも大きくなっている。

出典：「気候変動監視レポート2018」（令和元年7月 気象庁）

気候変動による台風の将来予測

- 気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第五次評価報告書では、温暖化の進行とともに地球全体での台風の発生数が減少又は実質的に変化しないことと、個々の台風の最大風速や降水量が強まる可能性が高いことが示されている。
- 日本の南海上では猛烈な台風の頻度が高まる可能性がある。



- ・台風の発生頻度は、日本近郊では減少する傾向がみられた。（上図）
- ・猛烈な台風（地表最大風速59m/s超）については、日本近郊で増加する可能性がある。（下図）

※ d 4PDF, RCP8.5での結果

図2. 緯度経度 2.25 度×2.25 度格子で見た熱帯低気圧の存在頻度の将来変化で赤い領域で頻度が増加する。統計的に有意な変化をしている領域のみ描いている。（上段）すべての強度の熱帯低気圧（下段）地表最大風速が 59 m/s を超える猛烈な熱帯低気圧。

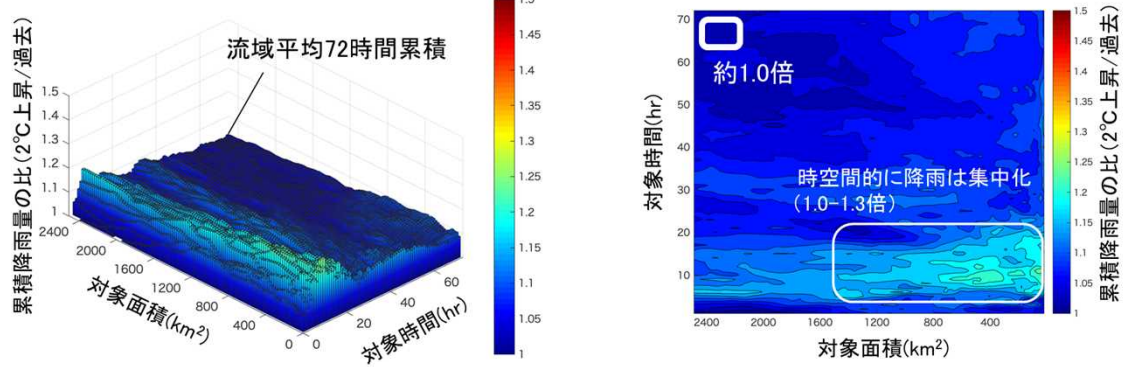
出典：気象庁報道発表資料（平成29年10月26日，（一財）気象業務支援センター，気象庁気象研究所）

小流域・短時間降雨の見込み

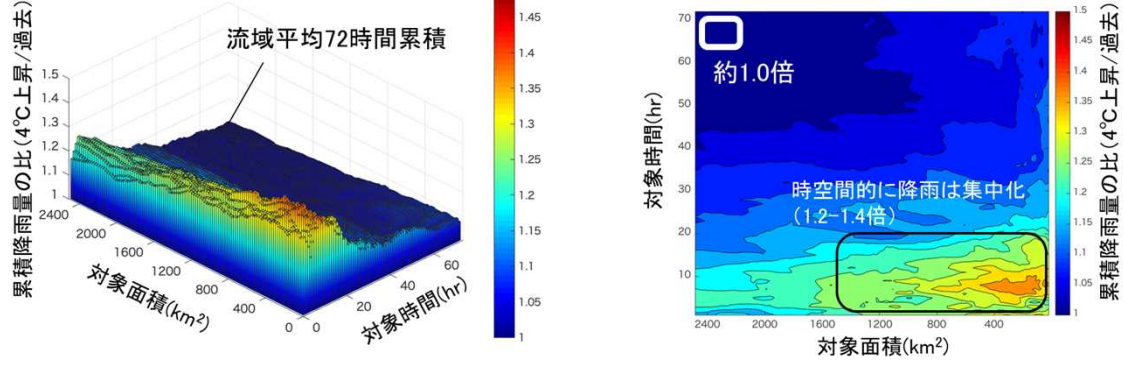
- 治水計画提言では、「対象面積が小さくなるほど、また対象時間が短くなるほど、累積降雨量の比は大きくなる」「将来気候では短時間豪雨による降雨量の増加率が高い」
- また、治水計画提言では、「山田らの研究では、短時間の変化倍率が大きくなる傾向は、2℃上昇時は4℃上昇時ほど顕著には生じないとされている」
- ただし、d4PDFについては、以下の課題が治水計画提言では指摘されている。

十勝川帯広基準地点集水域(200~250mm/72hrのみを対象)

・過去実験(DS後71事例の中央値), 2℃上昇実験(DS後110事例の中央値)の比較



・過去実験(DS後71事例の中央値), 4℃上昇実験(DS後314事例の中央値)の比較



※治水計画提言で指摘されている課題

- 概ね400km²以下の雨域面積に関して十分な評価を行っていない(治水計画提言p12)
- 降雨継続時間：3時間未満は「今後、より細かな解像度のモデルを活用したアンサンブル計算を行って、その現象の解明とメカニズムの評価が必要であると判断」。

なお、「2℃上昇時に関する降雨量変化倍率は、より小流域やより短時間の降雨に流用することも可能」とも記載されている。

出典：山田委員提供資料
(気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会)

2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進

(1) 下水道計画の特徴と理想の解像度

(2) 気温や海面水温の上昇からの降雨量変化倍率の設定の方向性

(3) 下水道による都市浸水対策での検討で使用する気候変動予測モデル

(4) 検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）

(5) モデルを活用した評価

(6) 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定

(7) 下水道計画への反映の考え方

現在公表されている将来降雨の予測データの状況

○各モデルについて、下水道の計画等の特徴及び考慮すべき内容に照らし、空間解像度、時間解像度、対象期間（データ数）、バイアス補正の有無、都市キャンピ-の反映の状況等について整理を行った。

現在公表されている将来降雨の予測データの状況

解像度	検討・公表の枠組み	通称		気候変動シナリオ	時間解像度	アンサンブル計算	DS手法	都市キャンピ-	バイアス補正	対象期間	計算パターン及び公表状況
		全国（沖縄諸島除く）	沖縄諸島								
20km	21世紀末における日本の気候【環境省・気象庁】	NHRCM20	NHRCM20	RCP8.5 RCP2.6	時間		力学		○	現在(1984-2004) 将来(2080-2100)	現在：3パターン 将来：3パターン(RCP2.6) 9パターン(RCP8.5)
	気候変動リスク情報創生プログラム【文科省】	d4PDF	d4PDF	RCP8.5 (4°C上昇)	時間	○	力学		○	現在(1951-2010) 将来(2051-2110)	現在：50パターン 将来：90パターン (6SST×15摂動)
	気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)【文科省】	d2PDF	d2PDF	RCP8.5 (2°C上昇)	時間	○	力学		○	現在(1951-2010) 将来(2031-2090)	現在：50パターン 将来：54パターン (6SST×9摂動)
5km	気候変動リスク情報創生プログラム【文科省】	NHRCM05	NHRCM05	RCP8.5 RCP2.6	30分		力学	○	○	現在(1980-1999) 将来(2076-2095)	現在：4パターン 将来：4パターン
	気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)【文科省】	d4PDF (5km,SI-CAT)	×	RCP8.5 (4°C上昇)	時間	○	力学			現在(1980-2011) 将来(2080-2111)	現在：12パターン 将来：12パターン (6SST×2摂動)
		d4PDF (5km,yamada)								現在(1951-2010) 将来(2051-2110)	現在：50パターン 将来：90パターン
		d2PDF (5km,SI-CAT)	×	RCP8.5 (2°C上昇)						現在(1980-2011) 将来(2060-2091)	現在：12パターン 将来：12パターン (6SST×2摂動)
		d2PDF (5km,yamada)								現在(1951-2010) 将来(2031-2090)	現在：50パターン 将来：54パターン (6SST×9摂動)
2km	気候変動リスク情報創生プログラム【文科省】	NHRCM02	NHRCM02	RCP8.5 RCP2.6	時間		力学	○	○	現在(1980-1999) 将来(2076-2095)	現在：4パターン 将来：4パターン
1km	日本全国 1 kmメッシュ統計的ダウンスケーリングbySi-CAT【文科省】			RCP8.5 RCP2.6	日 又は月		統計		○	日別データ 現在 (1970-2005) 近未来 (2006-2055) 21世紀末 (拡張予定)	5モデル×2シナリオを1回ずつ
	S-8共通 (第二版) by環境省S-8【環境省】			RCP8.5 RCP4.5 RCP2.6	日 又は月		線形内挿		○	現在(1981-2000) 近未来(2031-2050) 21世紀末(2081-2100)	基本として 4モデル×3シナリオを1回ずつ

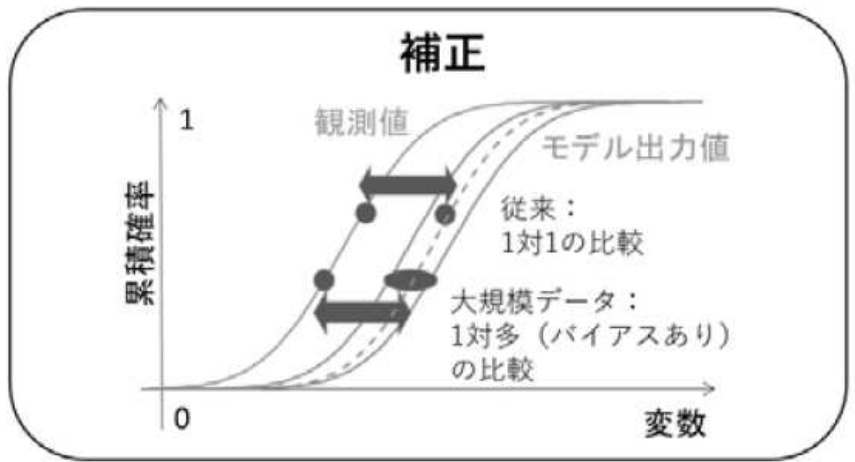
※対象期間（将来）の年数については、任意のものであり、その年数を表すものではない。

将来の降雨の予測データにおけるバイアス補正について

- 気候変動予測モデルが有するバイアスを補正するため、現在気候に関する再現実験と実際の気象観測結果との比較等から様々な手法が提案されているが、治水計画提言の検討においては、現在気候における補正手法を同様に将来気候においても適用することの可否について十分な知見が得られていないことから、バイアス補正手法を採用せず、バイアスを打ち消すために現在気候と将来気候の計算結果の比較により、影響分析を行っており、降雨量変化倍率を用いている。
- 今回の下水道計画での検討においても、降雨量変化倍率の設定を検討する。
- 今後、気候変動予測モデルの現況再現性や予測精度の向上のためにバイアス補正の動向に注視する。

(気象研究所技術報告 第73号 2015 より)

- NHRCM05によって再現された地上気温の（日本全国のデータを使用して検証した場合の）精度は良好であり、年平均気温についてのバイアスの絶対値とRMSEが1 K以下であることが確認されている。しかしながら、地点別に見ると誤差が無視できないところもある。こうした場合の誤差の軽減策の一つとして統計的な手法を基にした補正法があり、バイアス補正法と呼ばれている。
- バイアス補正が特に必要となってくるのは、気温の絶対値を議論する場合である。



Dual-window補正

- ✓ 時間窓（前後10日を含む5日[合計25日]を対象に補正）
- ✓ クォンタイル値窓（順位統計量に関して移動平均した値を利用）

図-1 補正手法の概要

出典：アメダス観測点を対象とした d4PDFバイアス補正降水量データセットの開発、渡部 哲史、土木学会論文集B1(水工学) Vol.74

将来の降雨の予測データにおける都市気候モデルの解析状況

○下水道で整備を行う排水区を考慮した場合、ヒートアイランド等の都市気候を反映した予測データを用いた検討が望ましいが、現時点では多くの研究者において様々な検討がなされている状況のため、今後検討すべき事項として整理する。
(NHRCM02では都市気候を反映した都市キャンピーモデルを考慮した実績がある。)

◆都市キャンピーモデル概要

- 都市気候解析の精度を向上させるため、人間が実際に活動している都市空間の温熱環境を再現するためのモデル
 - 都市キャンピーの建物群が及ぼす効果は以下のようなものが考えられる
 - (1) 建物群による風速低減効果、(2) 建物群による乱れの増大効果、
 - (3) 建物群による短波放射の伝達効果、(4) 建物群による長波放射の伝達効果、(5) 建物表面からの顕熱、潜熱放散
- ※都市キャンピーモデルを組み込んだメソスケールモデルによる関東地方の都市気候分析 より引用

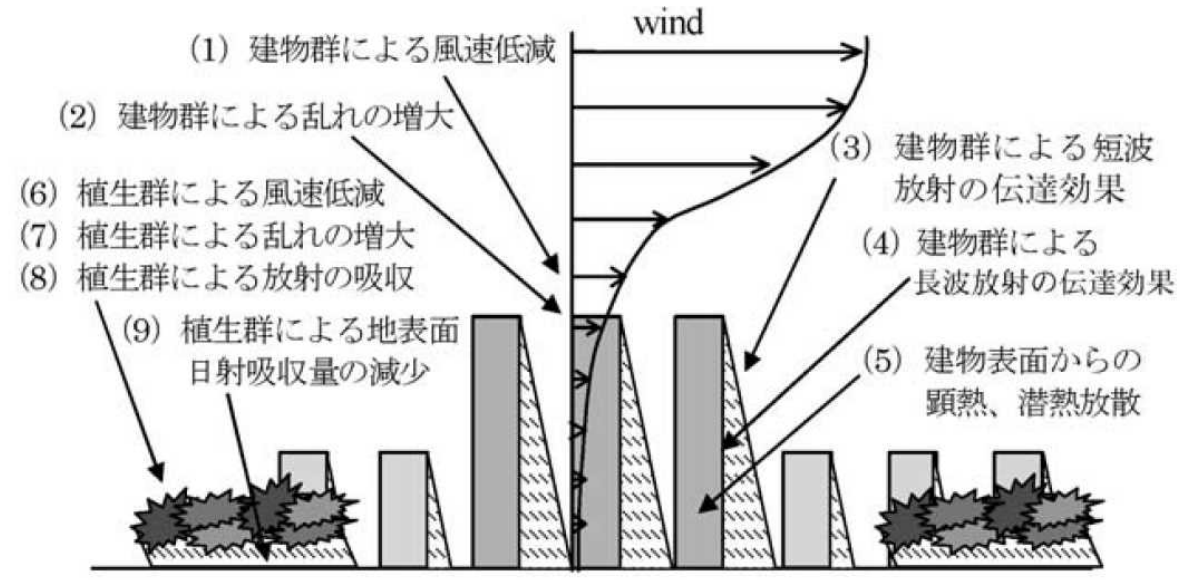


図2 都市キャンピーモデルを組み込んだ都市気候解析モデルの概念図

出典：都市キャンピーモデルを組み込んだメソスケールモデルによる関東地方の都市気候分析
https://www.jstage.jst.go.jp/article/seisankenkyu/56/1/56_1_17/_pdf

沖縄等離島の降雨量変化倍率の算出手法

- 沖縄等離島の降雨量の変化倍率の算出では、該当エリアを網羅しているNHRCM05、NHRCM02の予測データを活用して算出。
- 現在気候と将来気候のデータは、下水道指針値（少なくとも20年以上の降雨データ）には不足しているが、過去実験と将来実験を比較する「降雨量変化倍率方式」であることから、過去と将来の相対的な評価は可能。
- 沖縄等離島は、海域を含めてDAD解析を実施。

<沖縄等離島の降雨量変化倍率の算出方法>

(1) 使用データ

- NHRCM05
RCP2.6/RCP8.5 5kmデータ
- NHRCM02
RCP2.6/RCP8.5 2kmデータ

(2) 算出方法

- ①RCP8.5は4計算パターン分の現在気候（過去20年分）、将来気候（将来20年分）の時間降雨量の整理
RCP2.6は1計算パターンの現在気候（過去20年分）、将来気候（将来20年分）の時間降雨量の整理
- ②沖縄等離島と九州北西部を対象にDAD解析を実施
- ③任意の降雨継続時間で年最大雨量を、現在気候及び将来気候について算出
- ④格子点の現在気候及び将来気候について、Gumbel分布を踏まえて5年確率降雨量と10年確率降雨量を算出し、降雨量の変化倍率を算出
- ⑤確率降雨年別、降雨継続時間別、パターン別に降雨量変化倍率の関係性を整理して、降雨量変化倍率を設定

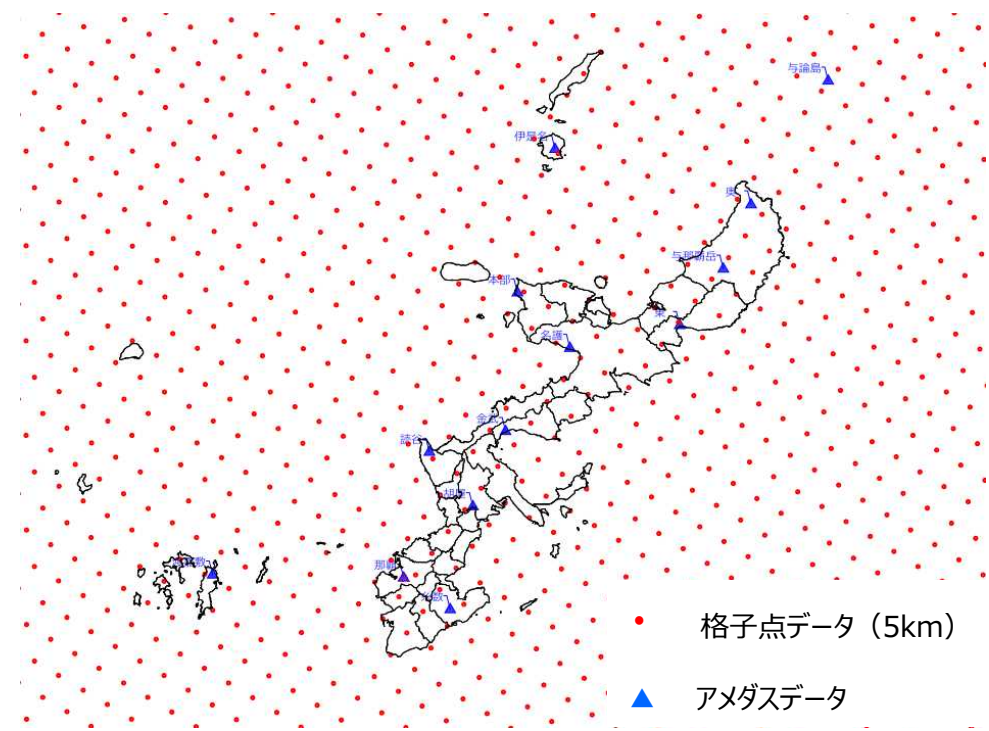


図 格子点データとアメダスの位置関係（イメージ）

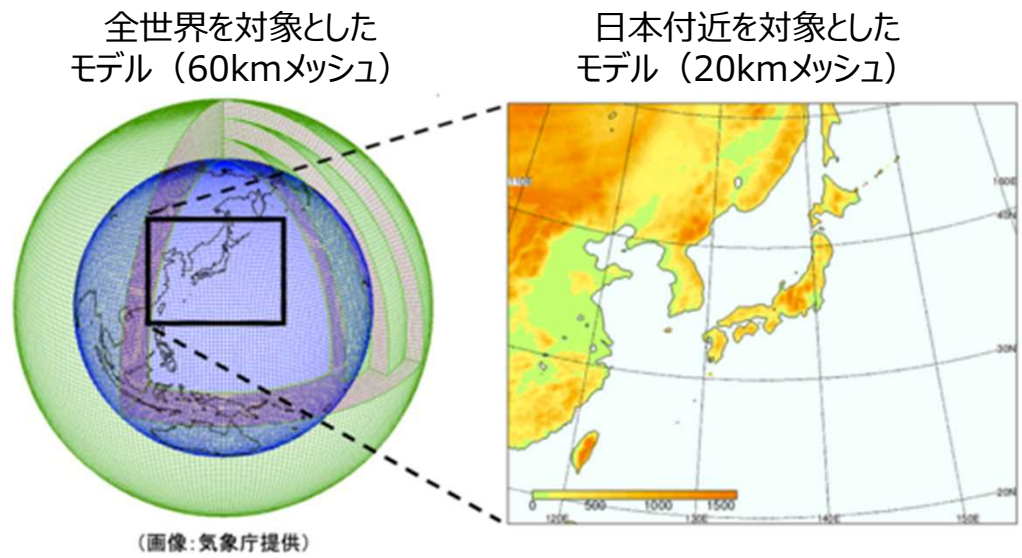
2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進

- (1) 下水道計画の特徴と理想の解像度
- (2) 気温や海面水温の上昇からの降雨量変化倍率の設定の方向性
- (3) 下水道による都市浸水対策での検討で使用する気候変動予測モデル
- (4) 検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）
- (5) モデルを活用した評価
- (6) 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定
- (7) 下水道計画への反映の考え方

気候変動予測結果を活用した降雨量変化の試算

- 気候変動予測モデルによる、RCP8.5（4℃上昇相当）における気候変動予測結果※1を基に、将来の降雨量変化の試算を実施。
- 全世界を対象とした予測結果を基に、日本付近を対象にした高解像度（5kmメッシュ）の解析結果※2を活用することで、地形性の表現が向上するとともに、治水計画で対象とする台風や前線性降雨、集中豪雨等の再現が可能に。
- また、気候変動予測モデルでは、数千年分の大量データによる気候予測計算※3を実施しており、初めて、災害をもたらすような極端現象の評価が可能に。

気候変動予測モデル



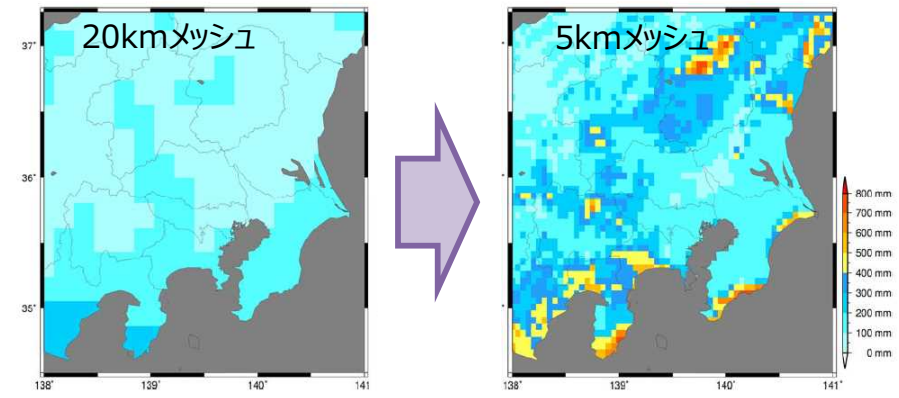
※「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」HPより抜粋

※1：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）のこと。d4PDFとは、database for policy decision making for future climate changeの略。d4PDFは、文科省・気候変動リスク情報創生プログラムおよびJAMSTEC・地球シミュレータ特別推進課題において作成。

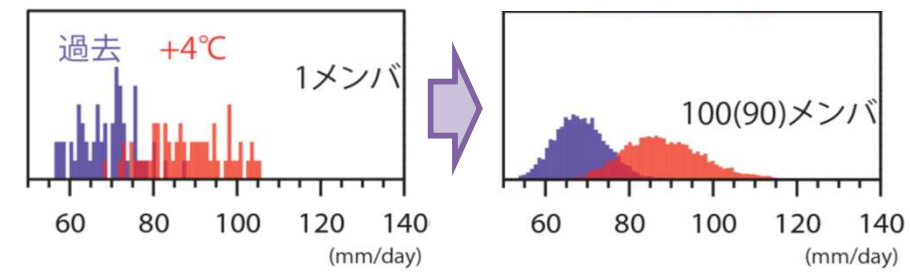
※2：d4PDF（5km）は、東北から九州のエリアはJAMSTECにより、北海道及び九州のエリアは北海道大学により整備された。

※3：将来気候の計算では、4℃上昇した世界をシミュレーションしており、60年間を計算対象期間とし、6種類の将来予測海面水温パターンと、それぞれに15種類の摂動を考慮。

高解像度計算による詳細な降雨の評価



大量データでの計算による極端現象の評価



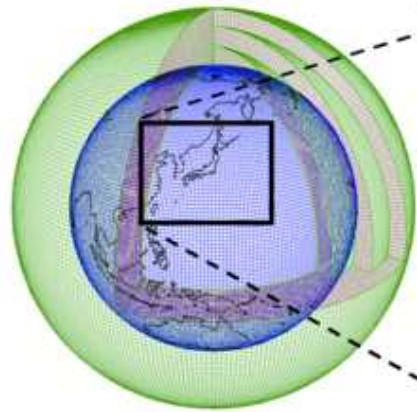
d4PDF (20km) の特徴

【d4PDFの特徴】

- 気象研究所全球大気モデルMRI-AGCMを用いた全球モデル実験と日本域をカバーする気象研究所領域気候モデルNHRCMを用いた領域モデル実験で構成されている。
- 領域モデル実験は、全球モデル実験の結果を用いて、水平格子間隔20kmにダウンスケーリングを行ったものである。
- 産業革命(1850年)以前に比べて全球平均温度が4℃上昇した世界をシミュレーションした将来気候のデータと観測された海面水温等のデータを与えた現在気候のデータが存在する。

全球モデル実験

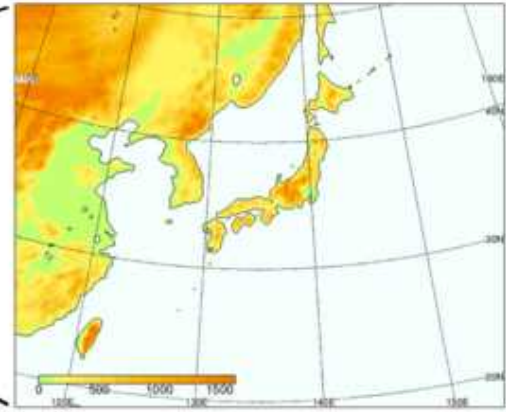
AGCM
(水平解像度約60km)



(画像: 気象庁提供)

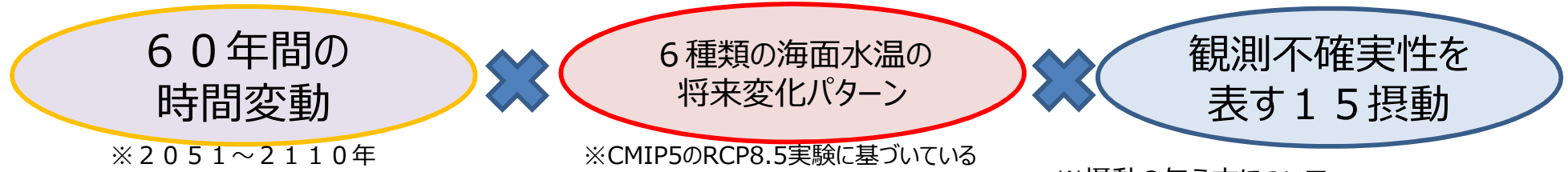
領域モデル実験

NHRCM
(水平格子間隔20km)

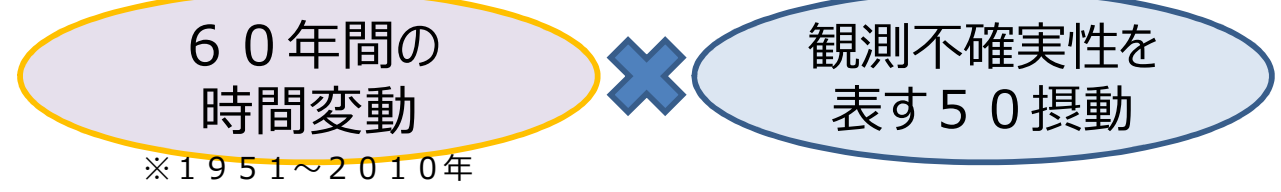


※「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」HPより抜粋

将来気候：5400パターン



現在気候：3000パターン



※摂動の与え方について

- 60年分の月平均海面水温データに、海面水温解析の推定誤差と同等の摂動を与え、海面水温の摂動に整合するように、他の入力データを調節して計算を行っている。
- 現在気候では50種類、将来気候では6種類の海面水温の将来変化パターンそれぞれについて15種類の摂動を与えている。

d4PDFの計算条件（海面水温モデルと摂動）

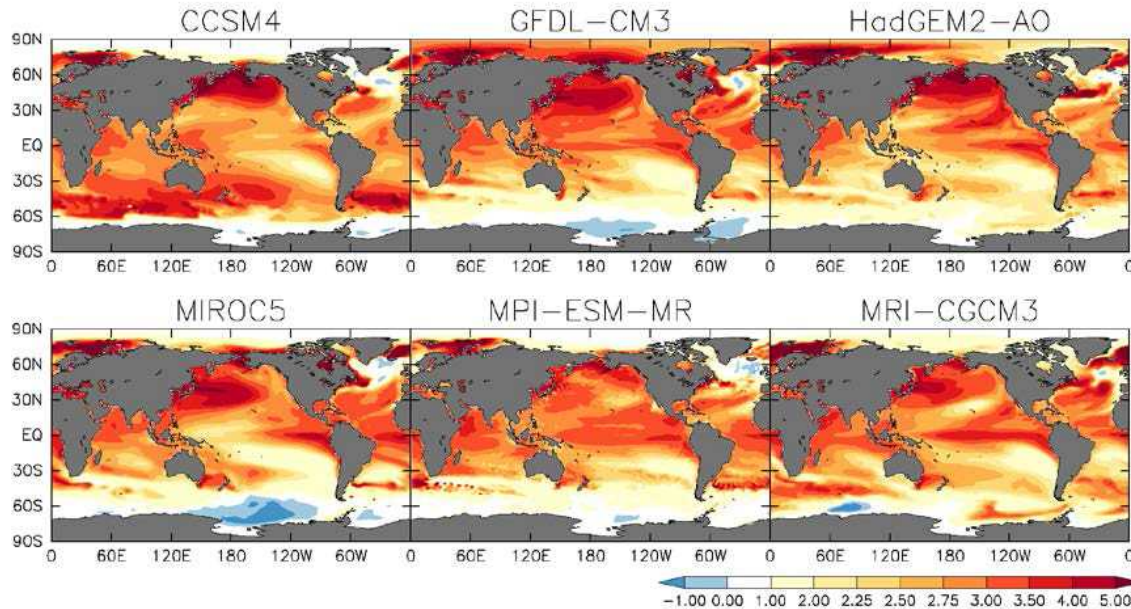
- 過去実験では、観測されたSST(海面水温) データに50の摂動を与えることにより、アンサンブルメンバを作成。
- 将来実験では、6つのSST（海面水温）メンバ及び15の摂動によりアンサンブルメンバを作成。

◆ 将来実験において使用しているSSTモデル

CMIP5	実験各略称	機関名
CCSM4	CC	米国 大気科学研究所
GFDL-CM3	GF	米国 地球物理流体学研究所
HadGEM2-AO	HA	英国 気象庁ハドレーセンター
MIROC5	MI	日本 海洋研究開発機構
MPI-ESM-MR	MP	独 マックスプランク研究所
MRI-CGCM3	MR	日本 気象庁気象研究所

◆ 摂動の作成について

- 過去実験において、海面水温解析の推定誤差と同等の振幅を持つ海面水温摂動※を作成した。
- 過去実験では、全球モデル（60kmメッシュ）において作成した海面水温摂動100個のうち、日本域モデル（20kmメッシュ）では50個を使用
- 将来実験には、その中から任意に選んだ15個を使用した。

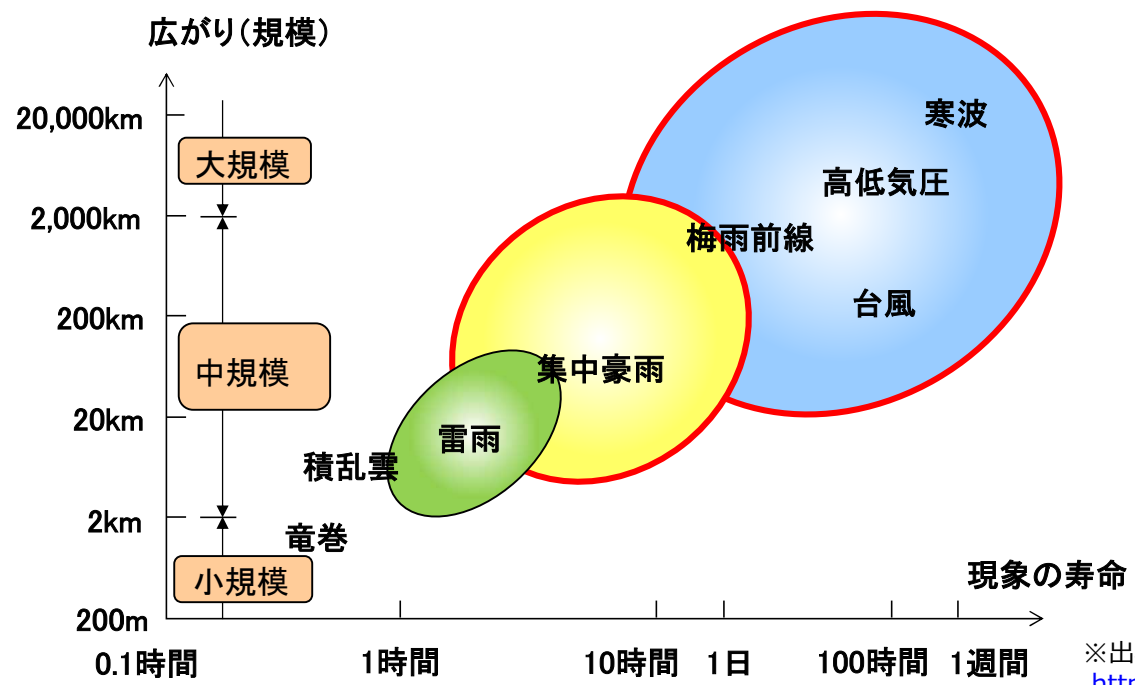


←使用したCMIP5結合モデル毎の、与えた海面水温変化パターン[K]。すべての月、すべての年、すべてのメンバーを平均したもの。

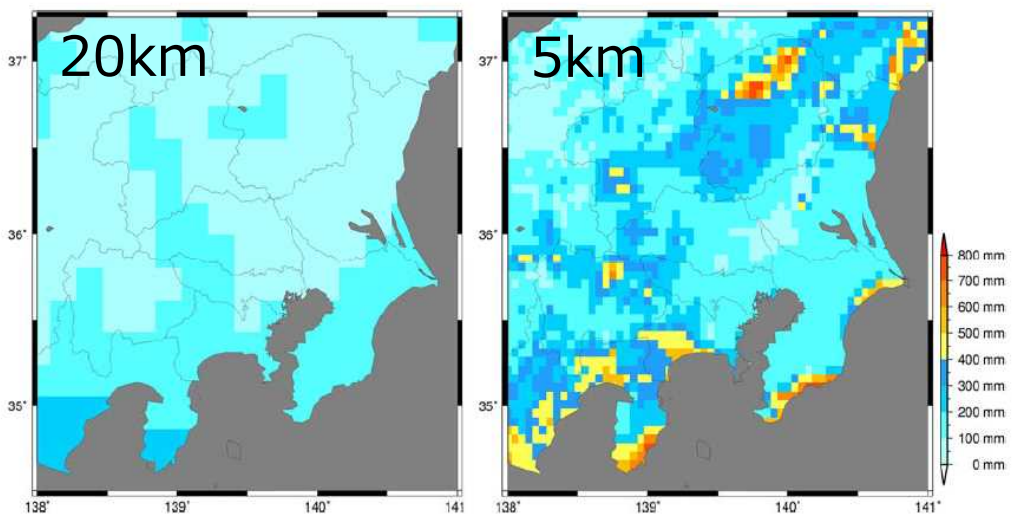
※出典：地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベースd4PDF, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/index.html>
 文部科学省ほか, d4PDF利用の手引き, 2015.12, <http://www.miroc-gcm.jp/~pub/d4PDF/design.html>

数値予測モデルの格子間隔による再現性の違い

- 日本において災害をもたらす、前線や台風、集中豪雨の規模にはその広がりや現象の寿命が異なる。
- 予測モデルによって評価できる現象が異なることから、予測モデルの活用範囲を考慮することが必要。
- 台風や前線性の降雨、集中豪雨を評価するためには、少なくとも5kmの領域解像度が必要。



○解像度20kmと5kmの違い



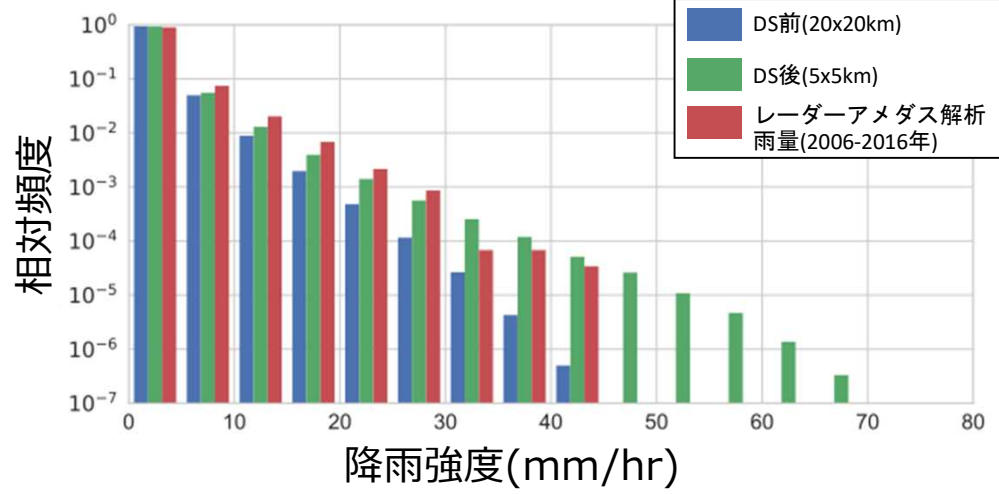
※出典：気象庁,数値予報モデルの種類,
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/whitep/1-3-4.html>

領域解像度	2km	5km	20km
領域モデル	NHRCM02	NHRCM05	NHRCM20
再現性の高い降雨時間	時間降水量～	時間降水量～	日降水量
再現性の高い気象現象	局地的な降雨 集中豪雨 前線性の降雨 台風規模の降雨	集中豪雨 前線性の降雨 台風規模の降雨	台風規模の降雨

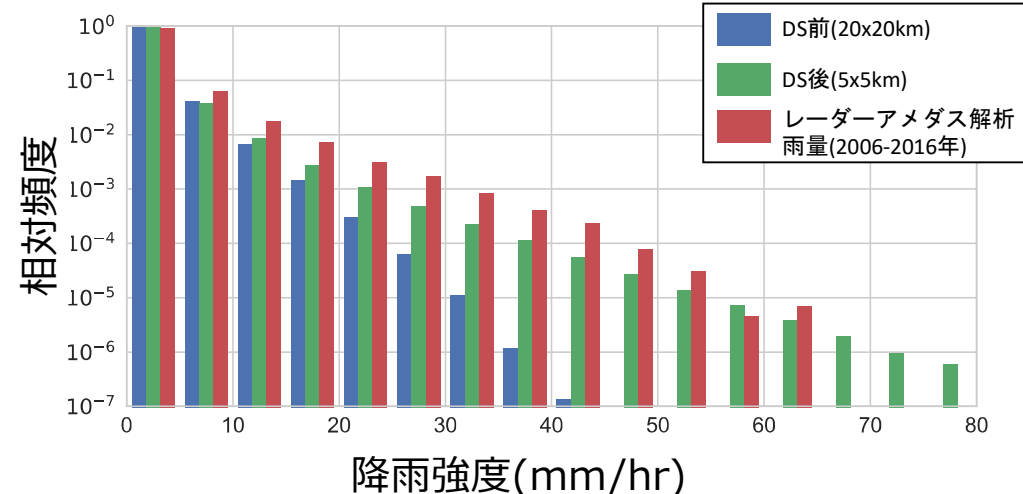
d4PDF(5km,yamada)の再現性 (DS前後の比較)

- 20kmモデルは、降雨強度が強くなるにしたがって、実際の観測よりも過小評価する傾向にある。
- 5kmのD Sモデルは、観測値に近い再現が可能。

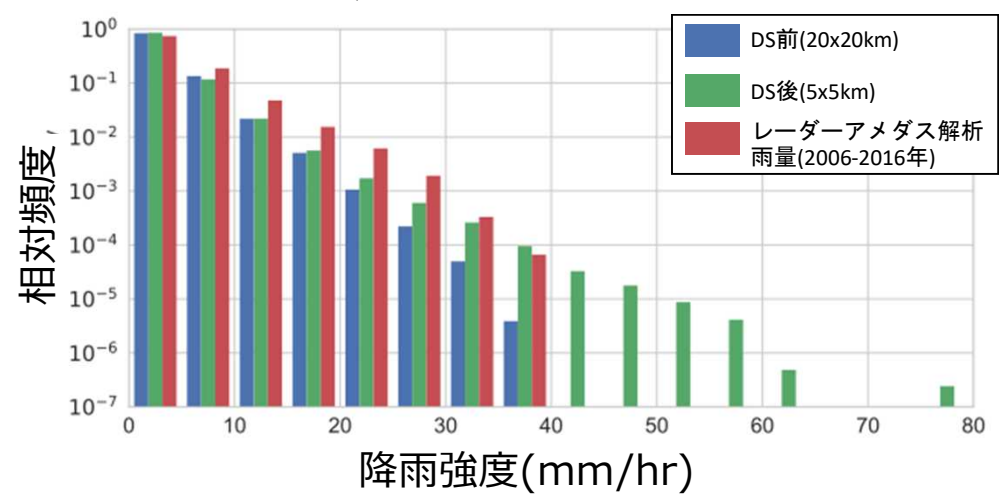
十勝川帯広基準地点集水域



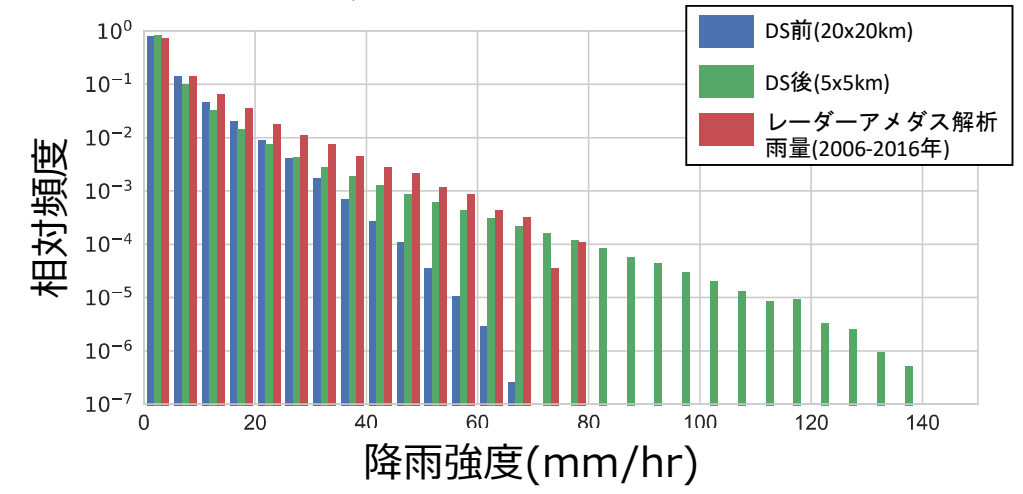
石狩川石狩大橋基準地点集水域



常呂川北見基準地点集水域



筑後川荒瀬基準地点集水域

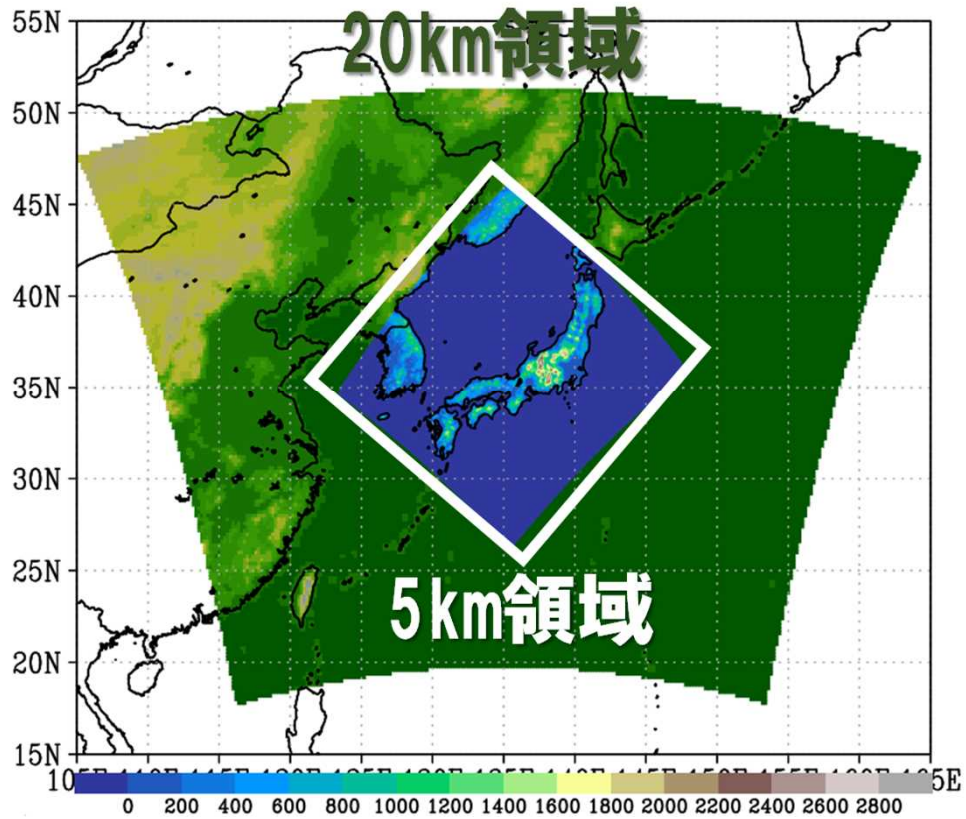


※レーダーアメダス解析雨量は、北海道エリアでは50mm/h以上、筑後川流域では70mm/h以上の強度の降雨が計算されていない。

d4PDF (5km,SI-CAT) の特徴

- SI-CATにおいて、d4PDF (20km) を解像度5kmへ力学的ダウンスケーリング。
- ダウンスケーリングを行うことで、地域スケールの気候変動による影響を評価することが可能。

■ 解像度20kmを5kmへダウンスケーリング



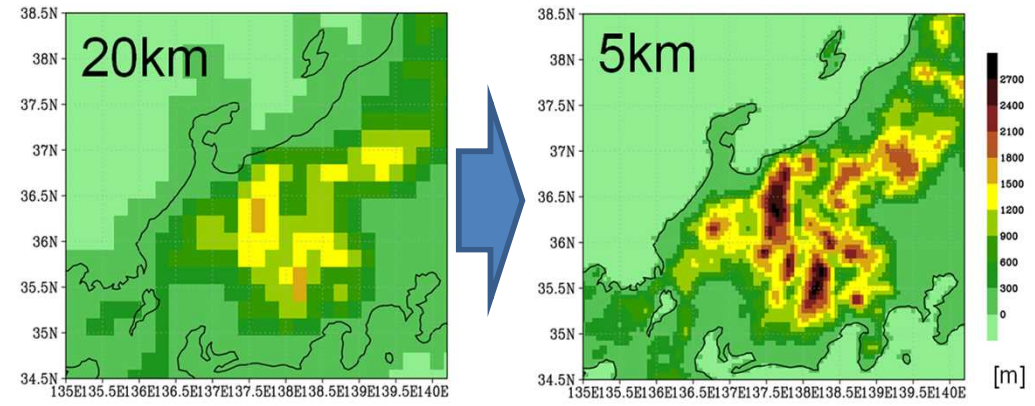
出典：佐々井崇博（東北大学），「SI-CATプロジェクトにおける 力学DSデータセットの構築」をもとに作成

■ ダウンスケーリングの条件

モデル	非静力学地域気候モデル(JMA-NHRCM)
水平格子間隔	5km
初期値・側面境界値	d4PDF20kmRCM
初期時刻	7月24日～翌年8月30日
過去実験年数	372年分（31年×12パターン）
将来実験年数	372年分（31年×6SST×2摂動）

※今回の解析で使用したのは、過去実験・将来実験ともに360年分

■ 地形の再現性



d4PDF (5km,yamada) の特徴

地形や流域の形状をより忠実に反映するため、領域モデル実験(20x20km)をベースに5x5kmへの力学的ダウンスケーリングを実施した。

計算モデル

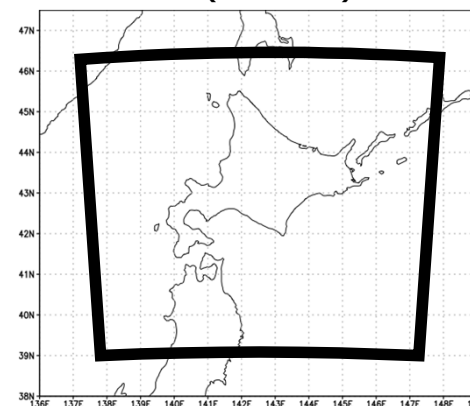
気象研究所非静力学地域気候モデル
(Nonhydrostatic Regional Climate Model (NHRCM))

計算領域

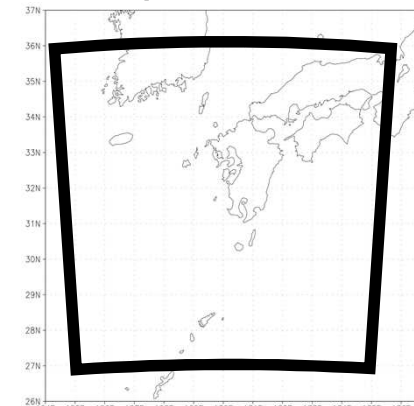
水平解像度 : 5x5km

- 計算領域1 : 142.5E, 42.75Nを中心に東西方向に800km、南北方向に800kmの範囲 (北海道)
- 計算領域2 : 130.0E, 31.5Nを中心に東西方向に1000km、南北方向に1000kmの範囲 (中国, 四国, 九州)

計算領域1(北海道)



計算領域2(中国, 四国, 九州)



対象期間

※本検討で使用

15日間のダウンスケーリング(15日DS)

領域モデル実験において6月1日から12月1日の間で流域平均降水量が最大となる期間を含む15日間

対象流域 : 十勝川、常呂川、石狩川 (計算領域1)
筑後川 (計算領域2)

※ 過去実験3000イベント、2℃上昇実験3240イベント、4℃上昇実験5400イベントの計算を完了済み

1年間を通したダウンスケーリング(通年DS)

7月24日から翌年8月31日までの約1年間

※ 演算量が膨大となるため、領域モデル実験において十勝川帯広基準地点集水域および筑後川荒瀬基準地点集水域での年最大流域平均降水量の大きい事例で計算を実施

計算領域1 : 過去実験 782年分、4℃上昇実験 869年分
計算領域2 : 過去実験 610年分、4℃上昇実験 812年分

検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）

- d4PDFについては、「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」において治水計画提言をとりまとめる過程で再現性の確認がなされている。
- 今回、検討で使用するモデルは、気象庁気象研究所が開発した非静力学地域気候モデル（NonHydrostatic Regional Climate Model : NHRCM）を用いた将来予測結果に基づく。
- 水平解像度5kmのNHRCM05と、水平解像度2kmのNHRCM02を用いて検討を行った。

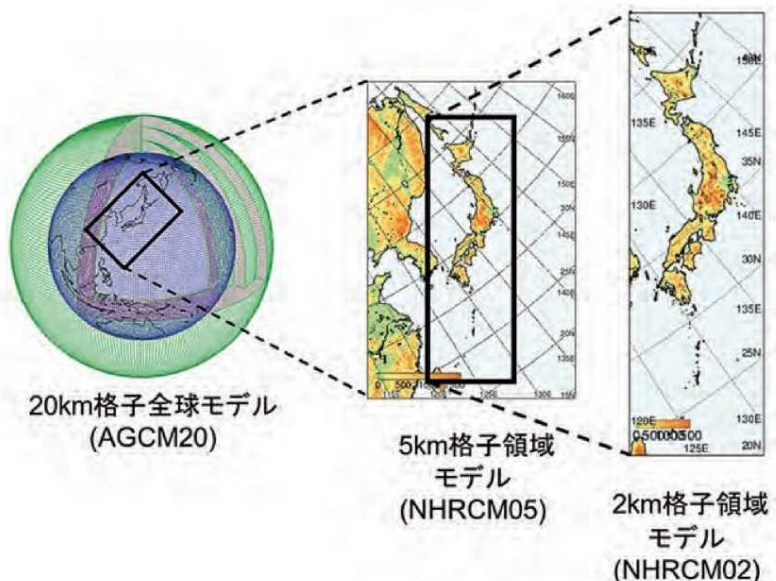


図 MRI-AGCM3.2SとNHRCM05、NHRCM02を用いた全球－領域気候温暖化予測システム
出典：「研究成果の詳細報告 H29」（気象業務支援センター）

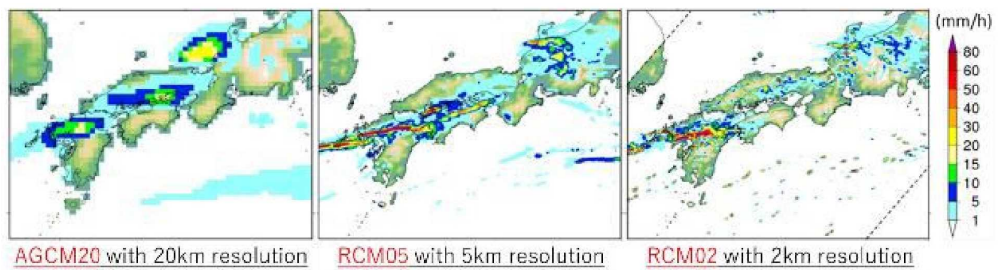


図 解像度の違いによる降雨分布出力の違い
出典：「領域気候モデルとd4PDFを用いた梅雨豪雨の将来変化に関するマルチスケール解析」
（京都大学防災研究所年報 平成30年 中北英一，小坂田ゆかり）

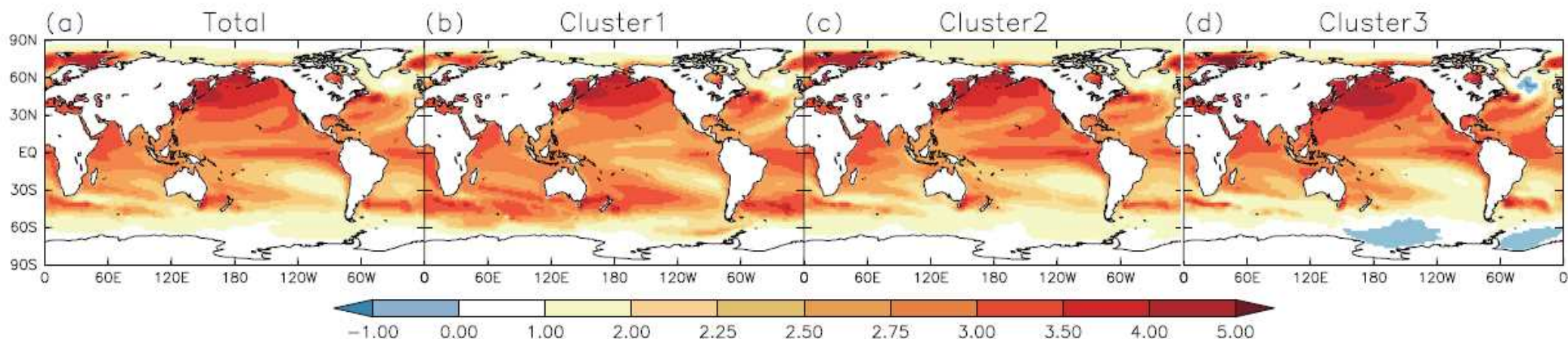
【NHRCMの特徴】

- 気象研究所全球大気モデルMRI-AGCNを用いた全球モデル実験と日本域をカバーする気象研究所領域モデルNHRCMを用いた領域モデル実験で構成されている。
- 領域モデル実験は、全球モデル実験の結果を用いて、水平格子間隔5km（NHRCM05）、2km（NHRCM02）にダウンスケーリングを行ったものである。
- 細やかな解像度で出力でき、短時間降雨や局所的な強雨の表現が可能である。
- NHRCM02は、都市域と非都市域のグリッドを区別し、都市域には都市キャノピーモデルを適用している。
- アンサンブル数が少ない。

NHRCM05の海面水温（SST）パターン

- SSTパターンによって日本近海の海面水温の上昇度合いは異なり、気温や降雨量の変化も異なる。
- 異なるSSTパターンによる結果をまとめて一つの集合と捉えると、極端現象の評価にあたっては特定のモデルに依存することとなる。
- NHRCM05では、4パターンのSSTを用いて検討を行った。
- NHRCM02では、(a)のSSTで検討を行った。

SST パターン



Mizuta et al.(2014)より引用。熱帯域のSSTの昇温量が同じになるように規格化している。

(a)28モデル平均で熱帯太平洋沖～東部での昇温が大きく、エルニーニョ的な変化を示す。

(b) クラスタ1（8モデル）：熱帯太平洋沖～東部での昇温が小さく、南北半球間のコントラストも小さい。

(c) クラスタ2（14モデル）：（a）よりもさらにエルニーニョ的な変化を示す。

(d) クラスタ3（6モデル）：熱帯太平洋中～東部での昇温が小さく、南北半球間のコントラストが大きい。

検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）

- 観測値（1980～1999年）と地域気候モデル（NHRCM05）の比較より、モデルの再現性を確認する。
- 1時間降水量の出現頻度の再現性は強い雨の出現頻度が小さくなる地域もあるが、概ね再現できている。
- 相対湿度についても概ね再現できている。

- ・1時間降水量の出現頻度について、7地域ごとに観測値とNHRCM05の計算値の比較をしている。
- ・西日本日本海側では、他の地区に比べて整合性が悪いが、補正後は概ね他地域と同程度である。
- ・65mm/hを超えると観測値と計算値に差が見られる。

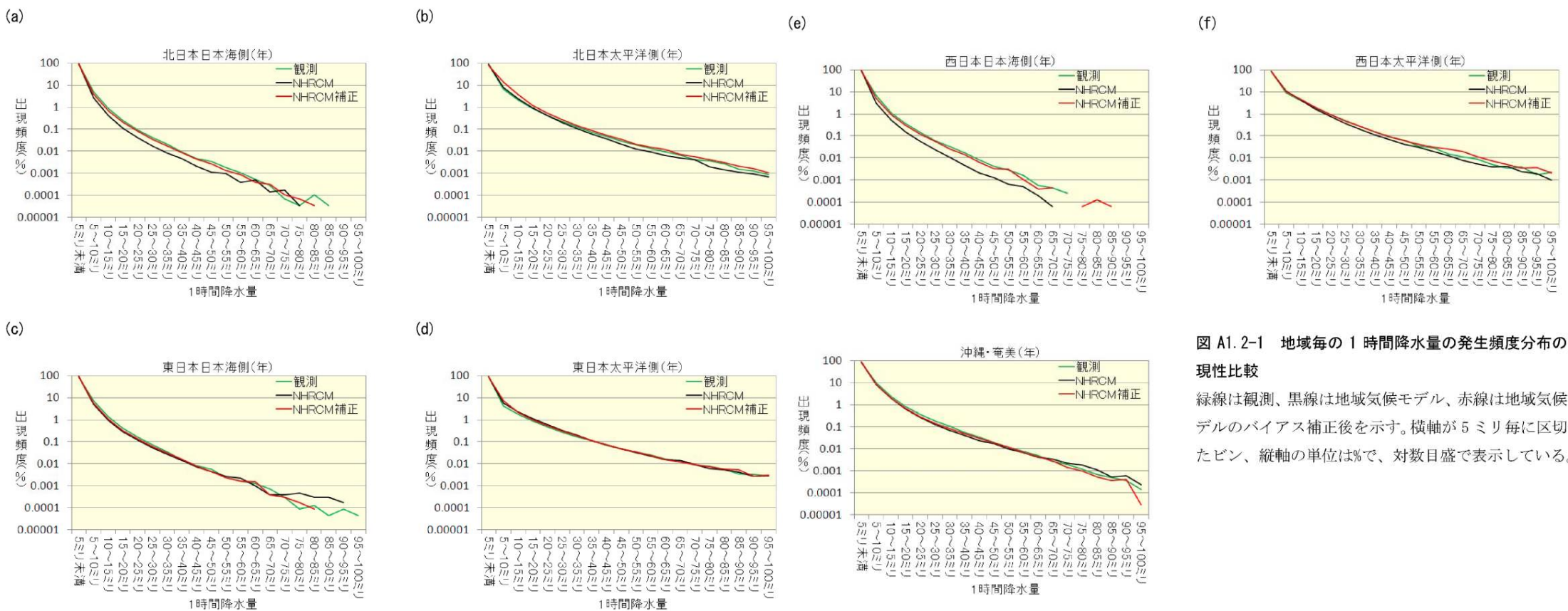


図 A1.2-1 地域毎の1時間降水量の発生頻度分布の再現性比較
 緑線は観測、黒線は地域気候モデル、赤線は地域気候モデルのバイアス補正後を示す。横軸が5ミリ毎に区切ったビン、縦軸の単位は%で、対数目盛で表示している。

検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）

- 表は地域毎の平均相対湿度の再現性の比較を、グラフは地域毎の季節毎相対湿度の出現頻度について、観測値とNHRCM05の計算値の比較をしている。
- 概ね再現できている。

	年	春	夏	秋	冬
全国	2.15(4.52)	5.39(5.74)	4.25(3.66)	-0.63(4.59)	-0.18(6.24)
北日本日本海側	1.65(3.82)	7.17(4.96)	5.27(2.35)	0.68(3.76)	-6.69(5.82)
北日本太平洋側	3.02(3.93)	8.27(5.04)	6.35(3.20)	1.25(4.93)	-3.80(4.75)
東日本日本海側	2.65(4.45)	7.19(5.38)	4.76(3.73)	0.34(4.93)	-1.38(4.11)
東日本太平洋側	1.74(5.51)	3.56(6.28)	3.59(4.04)	-1.64(5.32)	1.74(6.98)
西日本日本海側	1.81(3.72)	5.00(4.45)	3.72(2.79)	-1.70(3.71)	0.90(4.65)
西日本太平洋側	3.39(4.70)	6.12(6.13)	4.49(4.17)	-0.25(4.59)	3.80(4.38)
沖縄・奄美	-1.78(1.67)	-0.72(1.99)	0.35(1.38)	-3.35(1.36)	-2.95(2.51)

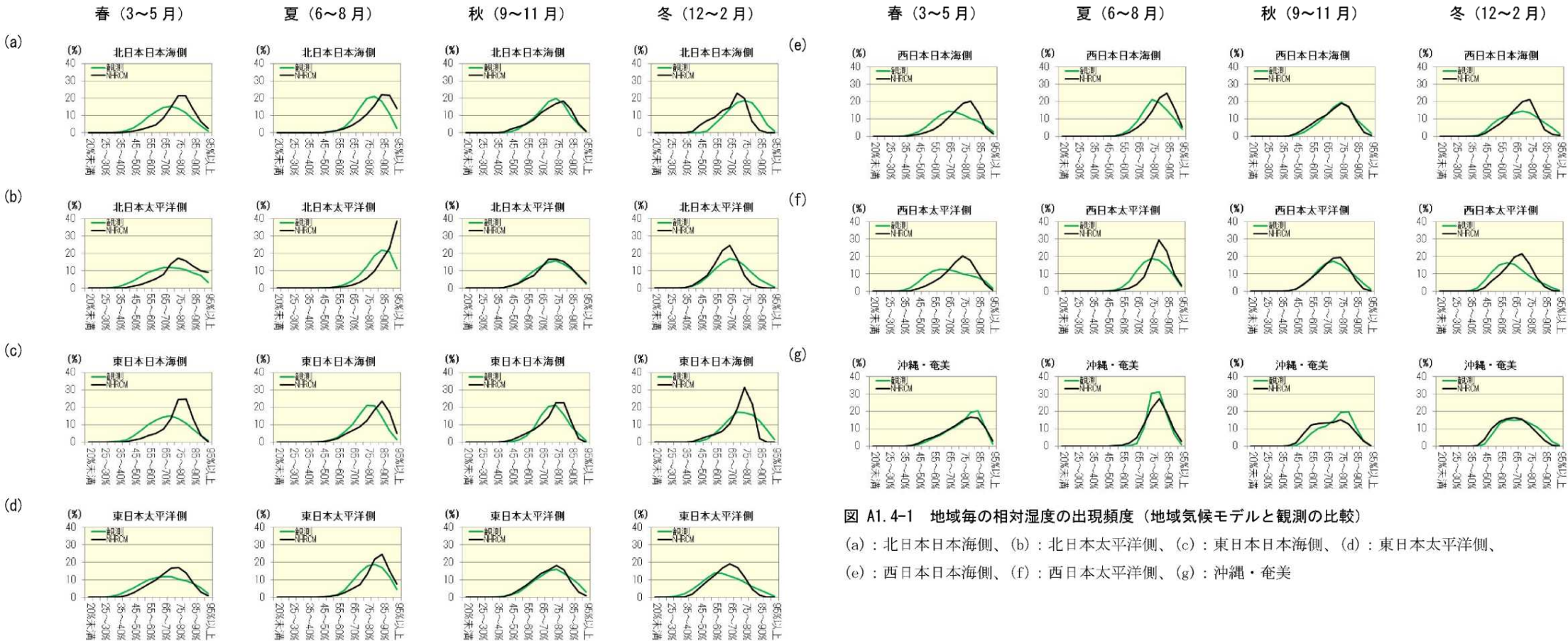


図 A1.4-1 地域毎の相対湿度の出現頻度（地域気候モデルと観測の比較）

- (a) : 北日本日本海側、(b) : 北日本太平洋側、(c) : 東日本日本海側、(d) : 東日本太平洋側、
 (e) : 西日本日本海側、(f) : 西日本太平洋側、(g) : 沖縄・奄美

検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）

- NHRCM02は、格子が細くなることにより、地形が複雑な場所ほど、NHRCM05より年降水量の改善が見られる。
- また、既往文献において、NHRCM02は90mm/h以下の降雨で観測値と同程度の傾向を示し、NHRCM05では捉え切れていない強降雨を再現できている。

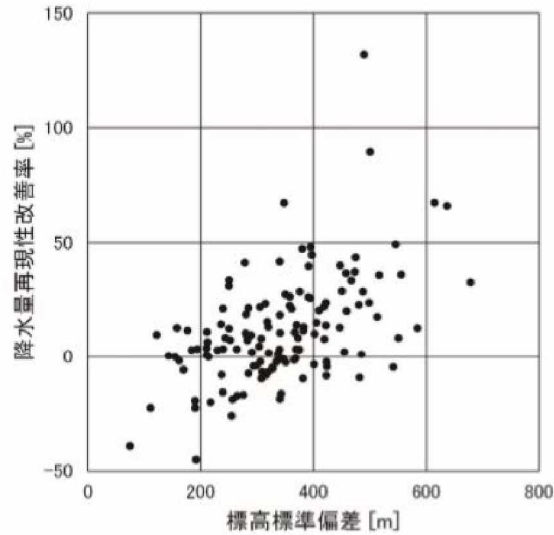
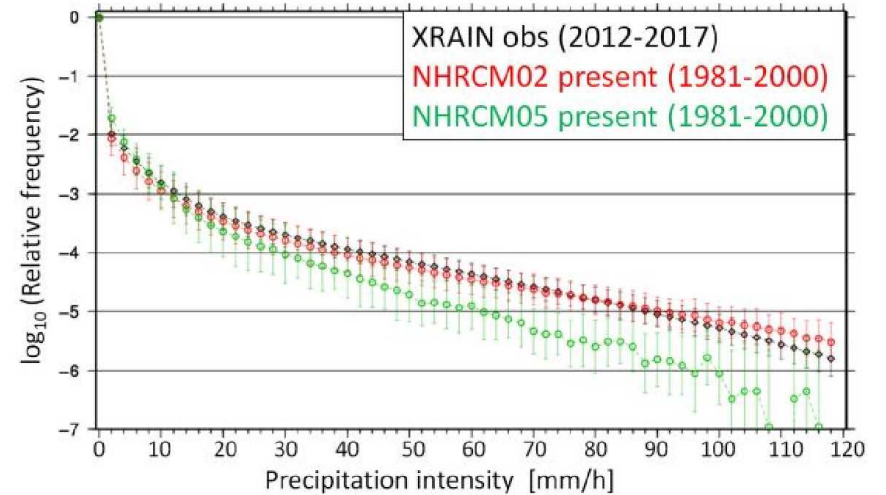


図3-10：各アメダス観測点における、領域2km実験の標高の空間標準偏差と年降水量の再現性の改善率との関係。モデル標高の標準偏差はアメダス観測点を中心とする40km四方の領域において計算した。降水量再現の改善率は、年降水量バイアスの絶対値のモデル間の差（領域5km実験－領域2km実験）を観測値で規格化したもので定義している。地形性の降水を対象とするため、実際の標高が500m以上の地点におけるデータのみを使用した。

・NHRCM02では、格子が細くなることにより、相対的に急峻な山岳など複雑な地形が格子内に再現され、地形が複雑な場所ほど、年降水量の再現性の改善率（NHRCM05からの改善）が大きくなる。

出典：「気候変動リスク情報創生プログラム 成果集」（文部科学省）



- ・NHRCM02については、90mm/h以下の降水強度階級において観測地と近い分布を示した。
- ・90mm/h以上の階級になってくると、過大評価であった。
- ・NHRCM05では80mm/h以上の大きな降水強度を局地的に再現することは難しい。

出典：「マルチ解像度RCMにおけるゲリラ豪雨の再現性の解析及び生起頻度の将来変化の推定」（京都大学防災研究所年報 平成30年，中北英一，森本啓太郎，野坂真也）

2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進

- (1) 下水道計画の特徴と理想の解像度
- (2) 気温や海面水温の上昇からの降雨量変化倍率の設定の方向性
- (3) 下水道による都市浸水対策での検討で使用する気候変動予測モデル
- (4) 検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）
- (5) モデルを活用した評価
- (6) 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定
- (7) 下水道計画への反映の考え方

降雨特性の類似する地域分類

- 降雨量変化倍率の算出にあたり、降雨特性の類似する地域に分類
- 想定最大規模降雨を設定した際に流域界で分割した地域区分を採用
- 想定最大規模降雨の算出にあたって、日本の降雨特性の類似性から区分した15地域区分に分割

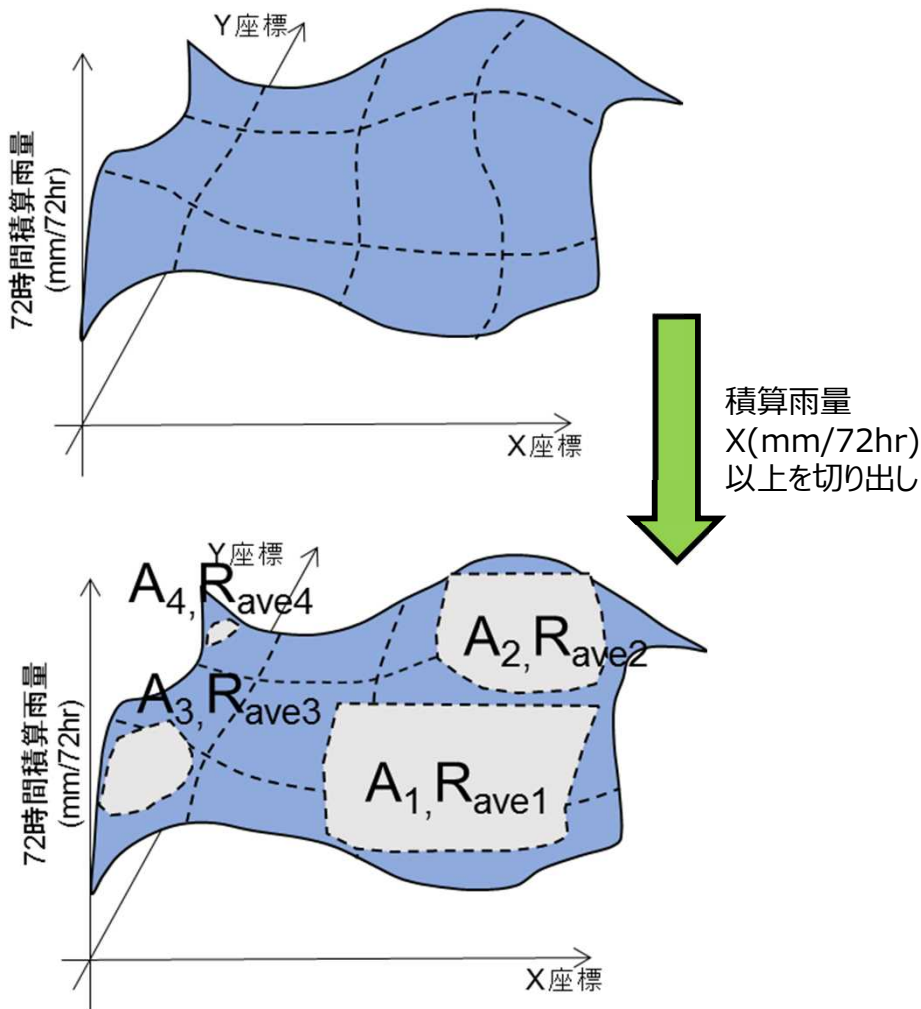
想定最大規模降雨に関する地域区分



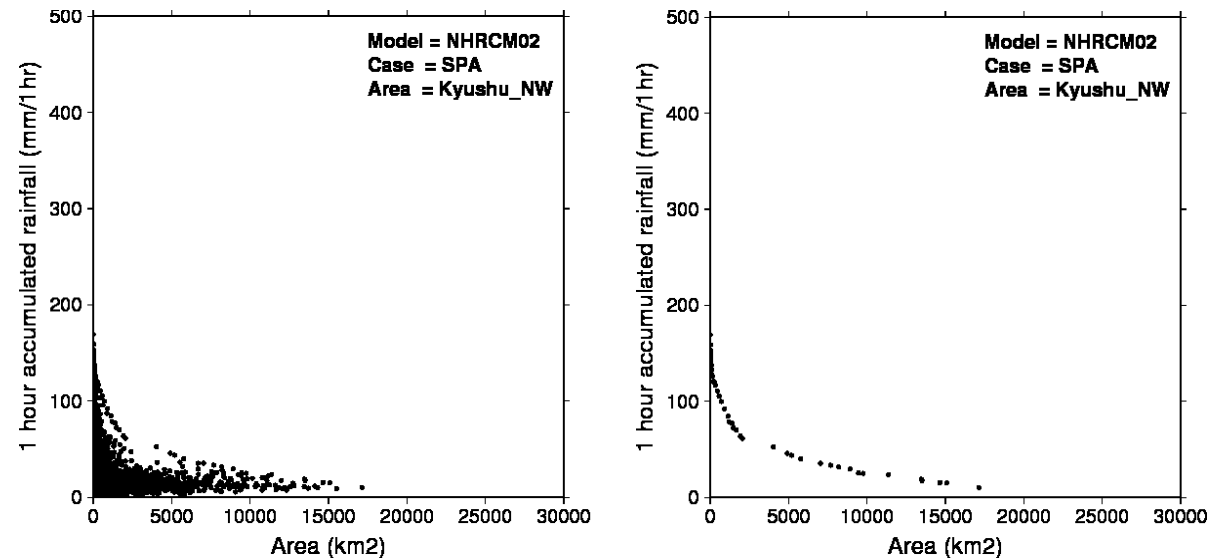
DAD解析の概要

- 現在気候および将来気候における降雨の時空間分布の変化を整理するため、積算雨量D(Depth)、雨域面積A(Area)、降雨継続時間D(Duration)の関係を整理する (DAD解析)。
- 面積雨量はFRM法 (雨量固定法) を用いて、降雨継続時間ごとに、抽出した雨域の面積及び雨域の平均雨量を算出。
- 降雨継続時間ごとに多数の積算雨量と雨域面積のデータサンプリングを行い、任意の面積ごとに最大雨量を算出。

(例)ある72時間の積算雨量分布



【解析結果イメージ】



多数の積算雨量と雨域面積のデータサンプリングを行い、雨域面積が大きくなるにつれて積算雨量が少なくなるようにデータを包絡し、任意の雨域面積に対応した積算雨量の最大値を抽出した。

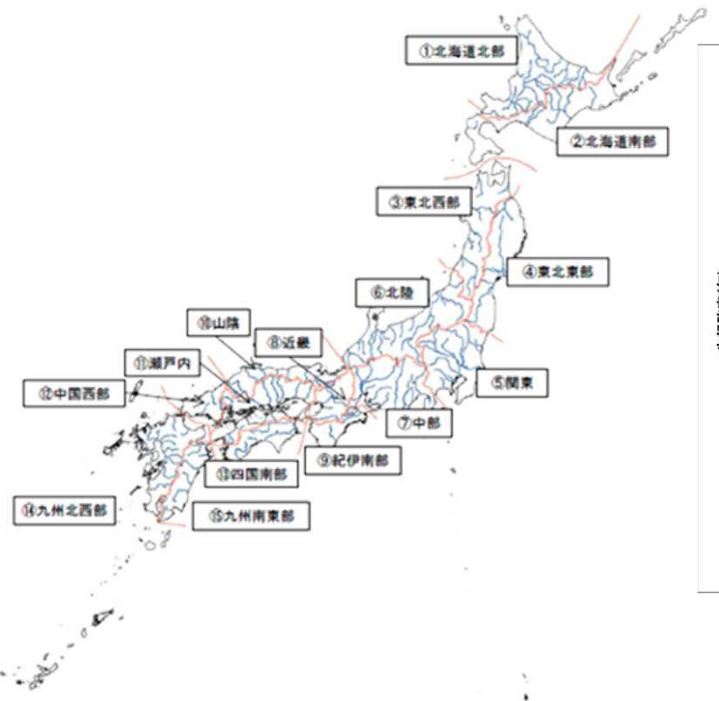
d4PDFによる降雨量の変化倍率の計算方法

- 現在気候360年分、将来気候360年分の降雨量データ※を用いて、地域区分毎に任意の降雨継続時間および雨域面積における年最大雨量を、現在気候及び将来気候について算出した。
 - 地域区分毎に、現在気候及び将来気候について、Gumbel分布を踏まえて5、10年確率雨量を算出し、降雨量の変化倍率を算出した。
- ※北海道のみ現在気候3000年分、将来気候5400年分の降雨量データを用いた

①年最大雨量データの作成

現在気候及び将来気候について、地域区分毎に任意の降雨継続時間および雨域面積における年最大雨量を算出

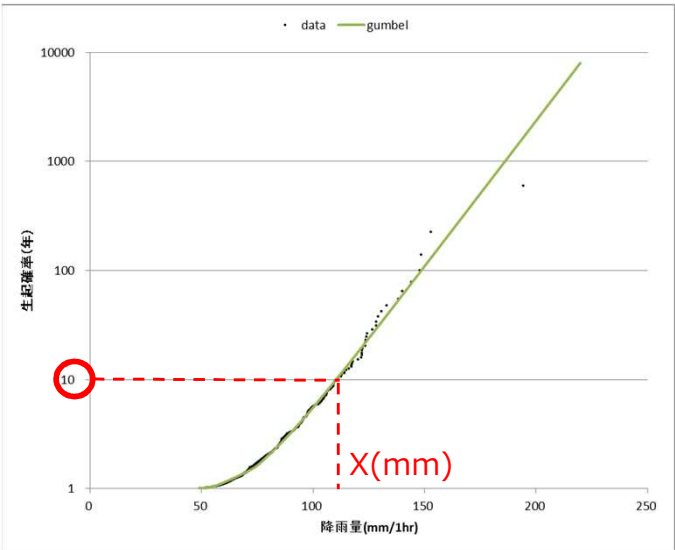
＜想定最大規模降雨に関する地域区分＞



②降雨量の変化倍率の算出

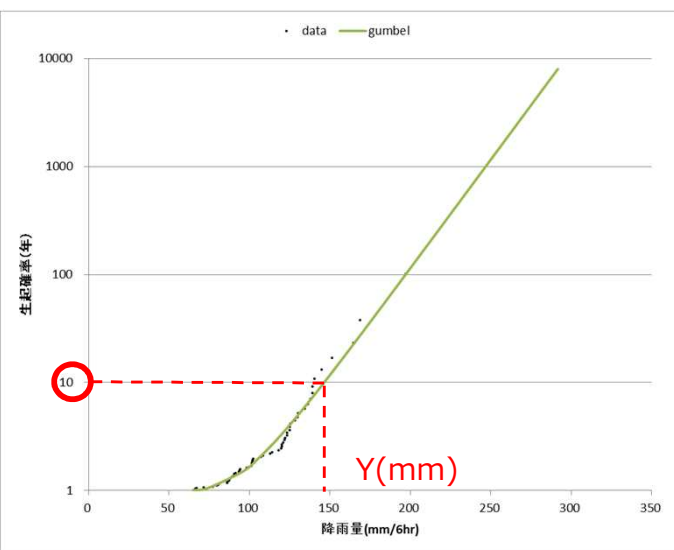
①で計算した年最大雨量を、Gumbel分布の確率密度関数を当てはめることで、5、10年確率雨量を現在気候及び将来気候について算出し、降雨量変化倍率を算出した。（下図の場合：降雨量変化倍率=Y/X）

＜現在気候＞



現在気候の10年確率規模の降雨量

＜将来気候＞



将来気候の10年確率規模の降雨量

将来降雨の予測データを活用した変化倍率の算出（換算値の検討）

（気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会）

○これまでにd4PDF（5km）により求めたRCP8.5（4℃上昇相当）に基づく地域区分毎の降雨量変化倍率を、2℃上昇相当のRCP2.6へ変換するため、「21世紀末における日本の気候（環境省・気象庁）」の年上位5%降水イベントの日降水量の変化率を用いて換算値を算出する。

○年上位5%の降水イベントによる日降水量の変化率

表 上位5%の降水イベントによる日降水量の変化

	全国	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本 日本海側	西日本 太平洋側
RCP2.6	10.3 (7.9~14.5)	7.8 (5.2~9.4)	11.3 (9.2~12.8)	8.5 (7.4~10.6)	10.9 (7.4~14.6)	7.5 (3.5~14.6)	12.4 (7.3~18.9)
RCP4.5	13.2 (8.0~16.0)	13.0 (9.0~15.5)	16.4 (6.8~24.5)	11.1 (8.8~14.4)	12.7 (8.1~15.3)	12.6 (7.6~16.9)	12.7 (8.6~15.9)
RCP6.0	16.0 (14.8~18.2)	18.1 (16.5~19.0)	18.2 (16.7~19.5)	19.0 (15.7~22.4)	14.7 (13.0~16.2)	13.2 (9.2~18.6)	16.5 (14.1~19.0)
RCP8.5	25.5 (18.8~35.8)	28.9 (18.0~38.9)	25.7 (13.6~37.5)	29.9 (23.8~38.3)	22.4 (15.3~36.0)	24.0 (16.7~30.3)	27.2 (18.8~38.6)

※RCP2.6、4.6、6.0（3ケース）、RCP8.5（9ケース）における将来気候の予測（2080~2100年平均）と現在気候（1984~2004年平均）の変化率を示す

※各シナリオにおける全ケースの平均値、括弧内に平均値が最小のケースと最大のケース（年々変動等を含めた不確実性の幅ではない）を示す

出典：日本国内における気候変動予測の不確実性を考慮した結果について（お知らせ）【環境省、気象庁】

（<http://www.env.go.jp/press/19034.html>）より

将来降雨の予測データを活用した変化倍率の算出（換算値の検討）

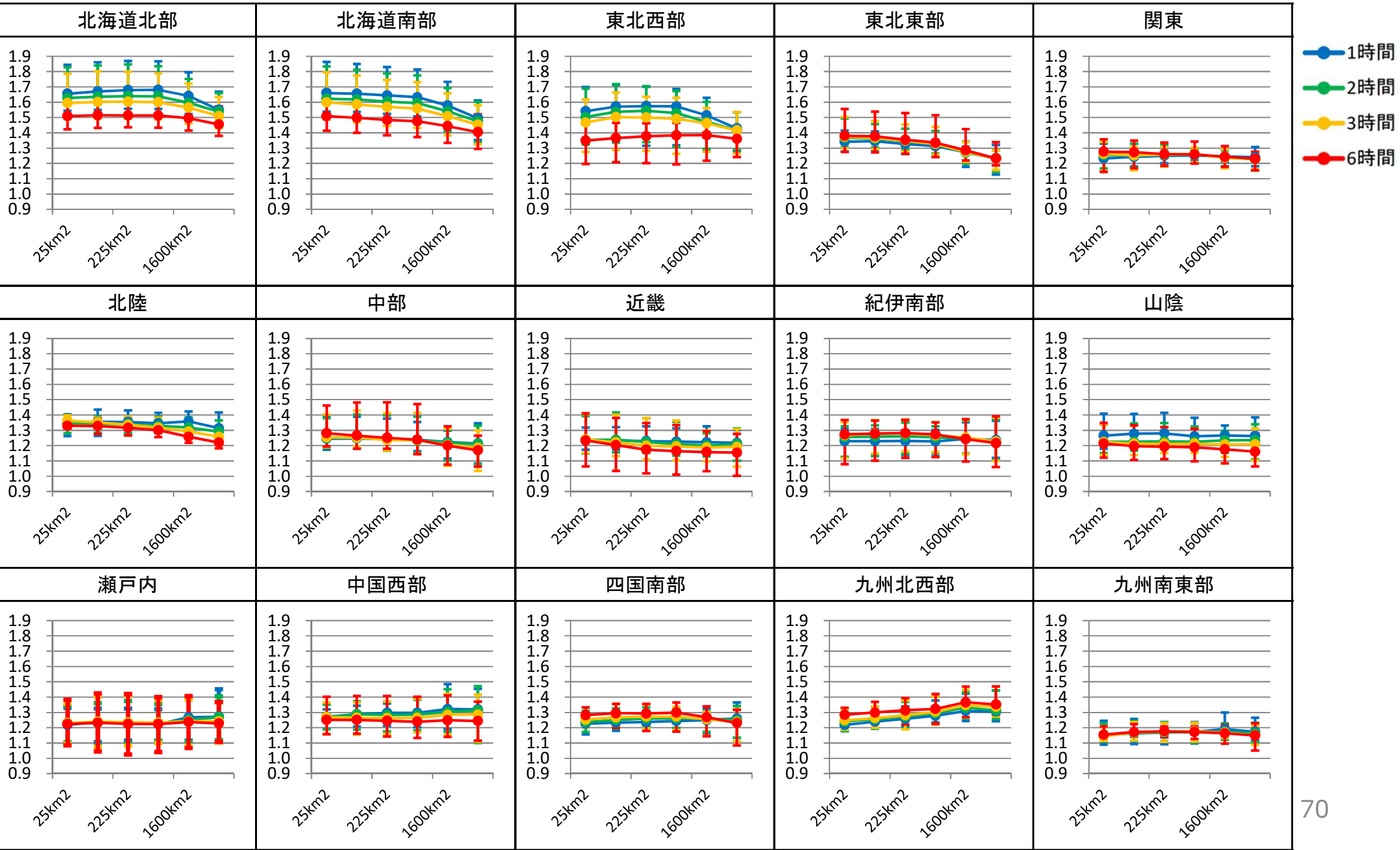
（気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会）

○「21世紀末における日本の気候（環境省・気象庁）」は地方季節予報の予報区分を使用しているため、面積比率により、換算値を補正する。

	北日本 日本海側	北日本 太平洋側	東日本 日本海側	東日本 太平洋側	西日本 日本海側	西日本 太平洋側	地域別 換算値
換算値	0.25	0.45	0.3	0.5	0.3	0.45	
①北海道北部	74%	26%					0.30
②北海道南部	13%	87%					0.42
③東北西部	87%	13%					0.28
④東北東部		100%					0.45
⑤関東		1%		99%			0.50
⑥北陸	15%		58%	27%			0.35
⑦中部				100%			0.50
⑧近畿			5%	19%	75%		0.34
⑨紀伊南部			38%		62%		0.30
⑩山陰					76%	18%	0.31
⑪瀬戸内					1%	99%	0.45
⑫中国西部					88%	1%	0.27
⑬四国南部						100%	0.45
⑭九州北西部					78%	22%	0.33
⑮九州南東部					28%	72%	0.41

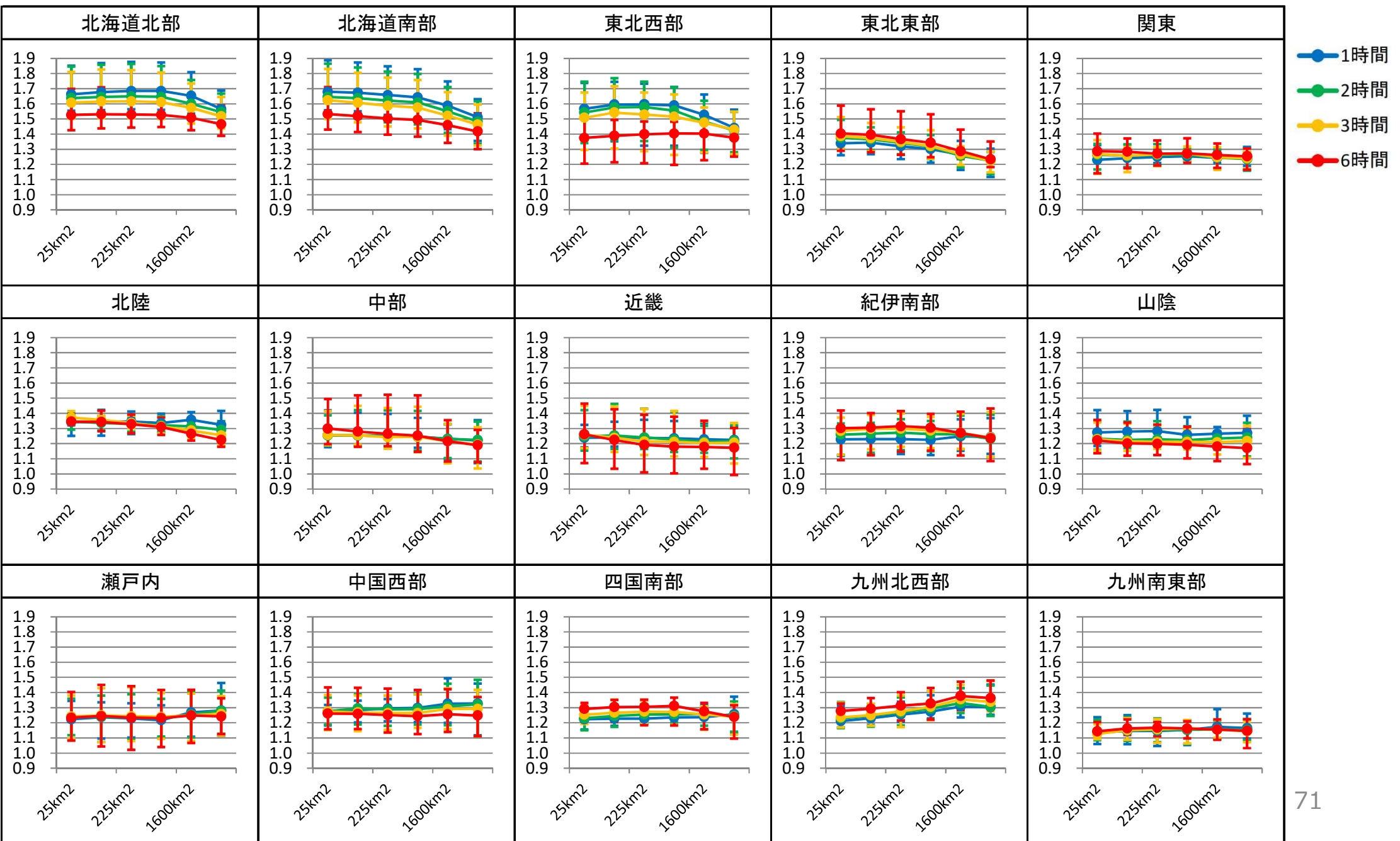
流域面積と変化倍率の関係 (d4PDF・5年確率)

○流域面積 (25, 100, 225, 400, 1600, 3600km²) の変化倍率



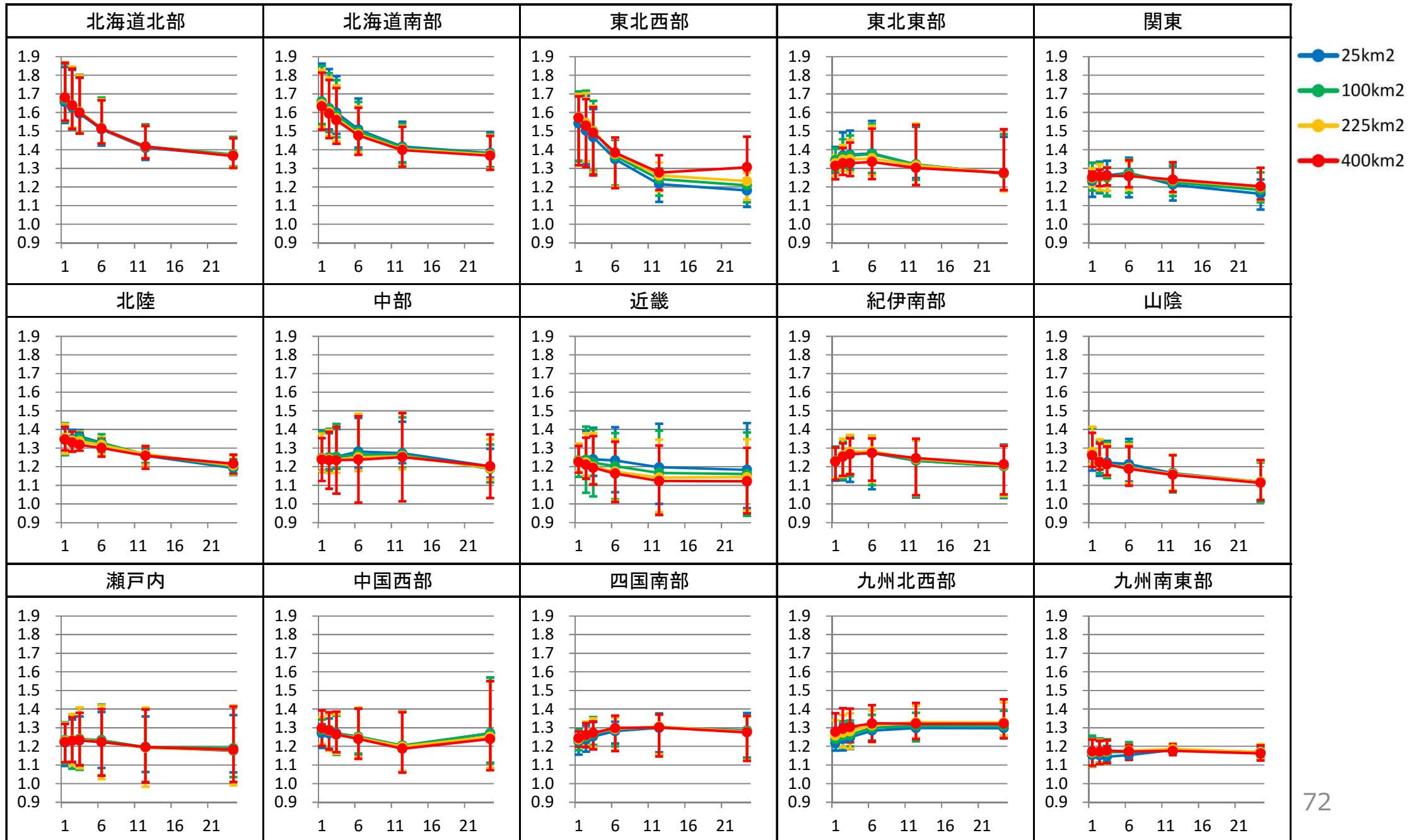
流域面積と変化倍率の関係 (d4PDF・10年確率)

○流域面積 (25, 100, 225, 400, 1600, 3600km²) の変化倍率



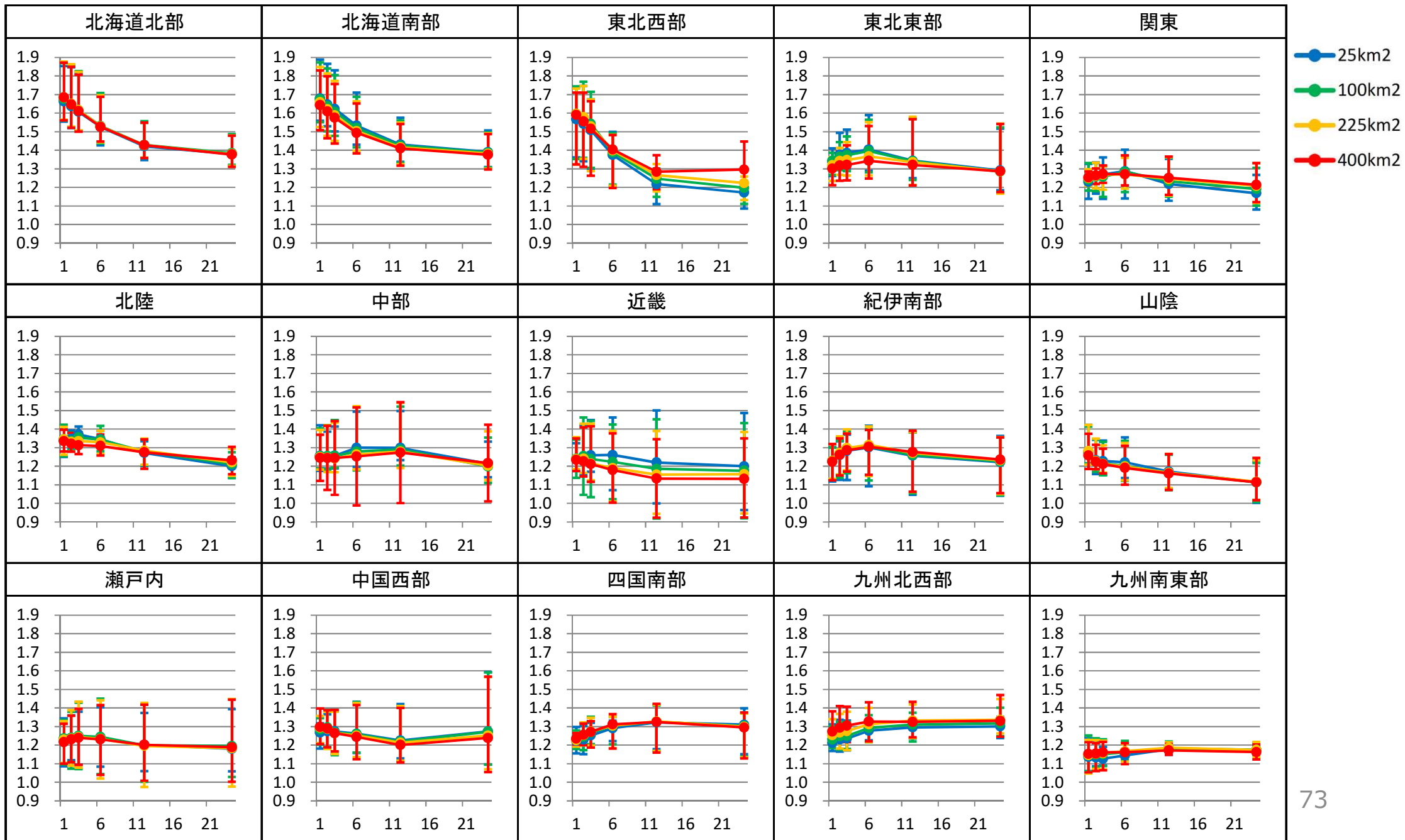
降雨継続時間と変化倍率の関係 (d4PDF・5年確率)

○降雨継続時間 (1, 2, 3, 6, 12, 24hr) の変化倍率



降雨継続時間と変化倍率の関係 (d4PDF・10年確率)

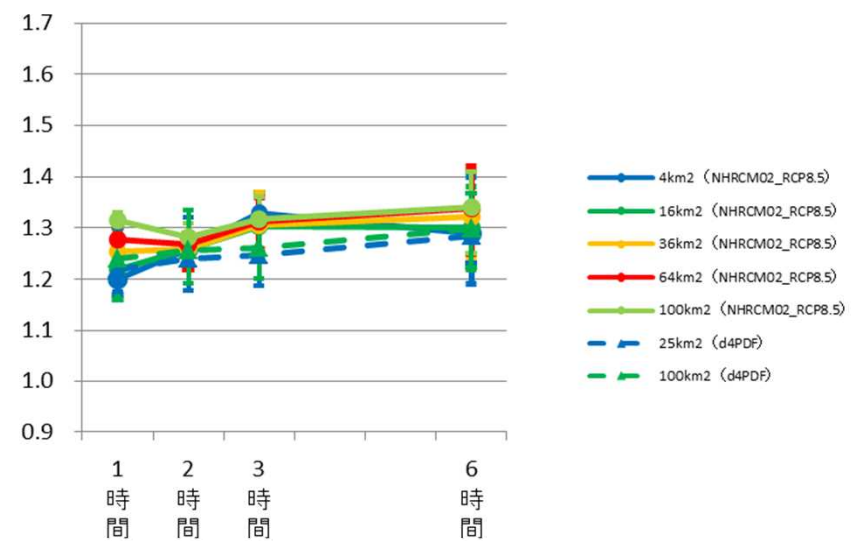
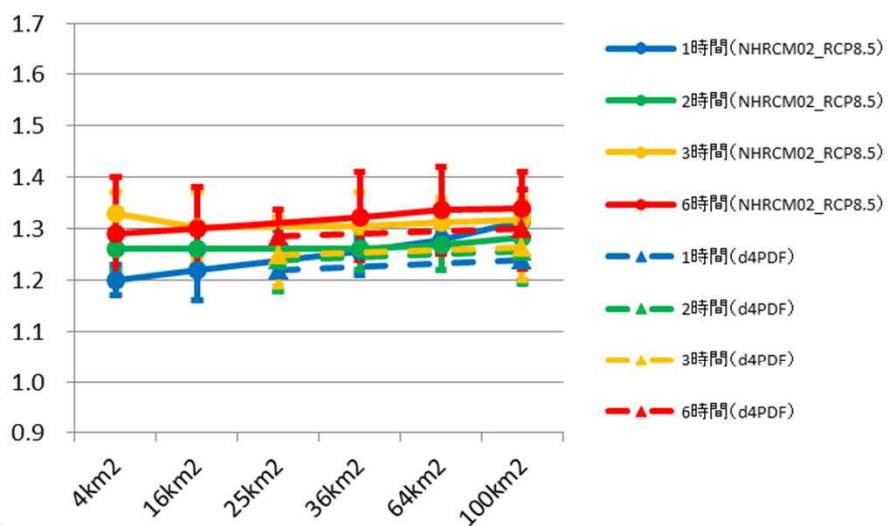
○降雨継続時間 (1, 2, 3, 6, 12, 24hr) の変化倍率



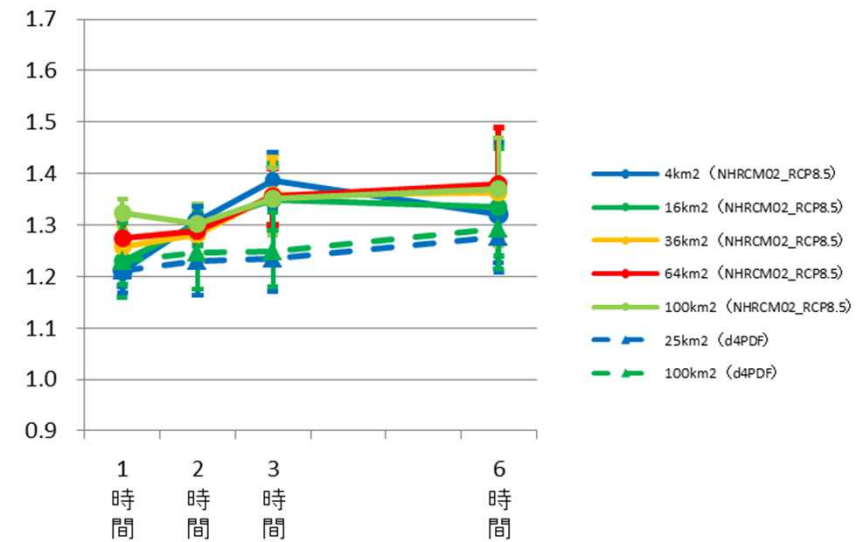
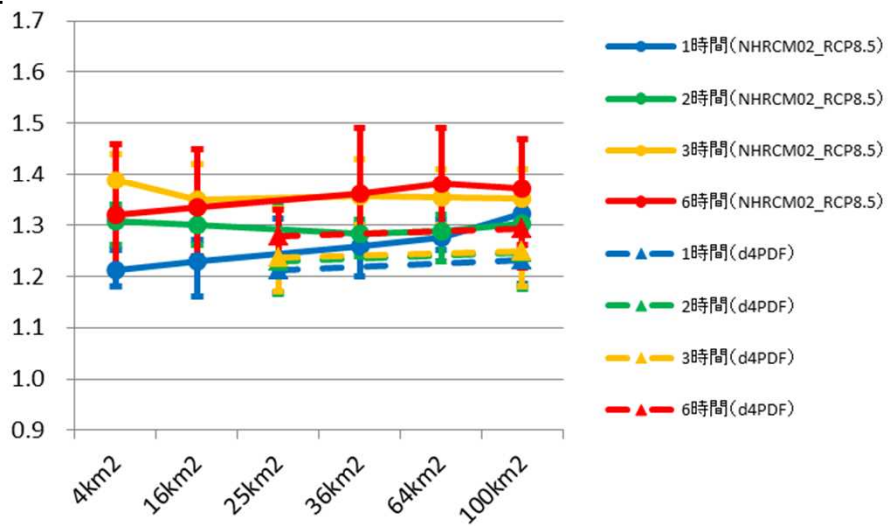
d4PDFとNHRCM02の比較

- 降雨継続時間の設定にあたっては、1～6時間降雨を検討対象とした。
- 3時間未満の降雨継続時間については、より細かな解像度のモデルとして、九州北西部を対象に、NHRCM02 RCP8.5での検討を行った。
- NHRCM02 RCP8.5とd4PDFについて、九州北西部において雨域面積・降雨継続時間の変化倍率の比較を行った。
- 変化倍率の幅は、共に同様の傾向であることが把握できた。

九州北西部 5年



九州北西部 10年



検討結果

- 下水道計画への適用を考える上で、今回、下水道計画のスケールについても、同様の傾向の有無を確認するため、雨水計画で対象としている5, 10年確率雨量においても4℃上昇時（d4PDF）における地域区分ごとの降雨継続時間と降雨変化倍率を算出。
- また、より細かな解像度のモデルとして、九州北西部を対象に、NHRCM02での検討を実施し、d4PDFの結果と比較。

小面積

- 4℃上昇時（d4PDF）は、小面積（400km²未満）では、400km²以上の倍率と比較すると、増加する傾向と減少する傾向が見受けられる区分があるものの、概ね同程度。
- また、d4PDFより細かな解像度のモデルとして、今回NHRCM02で検討を九州北西部で行い、d4PDFの結果と比較したところ、100km²よりも小面積における変化倍率は同様の傾向。

短時間降雨

- 4℃上昇時（d4PDF）は、短時間降雨（1,2時間）では、治水計画提言同様（4℃上昇、1/100）、12時間以上の倍率と比較すると、増加する傾向と減少する傾向が見受けられる区分があるとともに、3,6時間の倍率と比較しても、その傾向は同様。
- また、d4PDFより細かな解像度のモデルとして、今回、NHRCM02で検討を九州北西部で行い、d4PDFの結果と比較したところ、100km²以下では、1,2,3時間における変化倍率は同様の傾向。

RCP2.6(2℃上昇相当)に関する降雨量変化倍率の設定

- 現在、d2PDF（5km）は整備されたものの、「気候変動を踏まえた治水計画に係る技術検討会」において検討が進められているところであり、今回の検討では使用していない。よって、現時点では、RCP2.6(2℃上昇相当)に関する降雨量変化倍率は、治水計画の提言で設定している地域区分毎の換算係数を用いることとした。

2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進

- (1) 下水道計画の特徴と理想の解像度
- (2) 気温や海面水温の上昇からの降雨量変化倍率の設定の方向性
- (3) 下水道による都市浸水対策での検討で使用する気候変動予測モデル
- (4) 検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）
- (5) モデルを活用した評価
- (6) 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定
- (7) 下水道計画への反映の考え方

地域区分毎の降雨量変化倍率の設定（4℃上昇①）

表－1 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定（案）

地域区分	治水計画提言						今回(d4PDF) (25・100km ² , 1・2・3hr)			NHRCM02_RCP8.5 (4km ² , 1・2・3hr)			下水道 提言	考え方
	平均値	中央値	6SST	決定値	短時間 降雨	400km ² 3h	平均値	中央値	6SST	平均値	中央値	4SST		
北海道北部	1.39	1.36	1.31 ~ 1.52	1.4	1.5	1.63	1.64	1.60	1.49 ~ 1.87				1.5	・今回のd4PDFの小面積, 短時間降雨の結果については, 治水計画提言の短時間降雨の倍率が6SSTの幅の中にあり, 治水計画提言の倍率を適用することの妥当性を確認した。 ・治水計画提言では, 15地域の平均値による短時間降雨割増係数を設定し, 短時間降雨の変化倍率を設定している。その際の400km ² ・3h時の変化倍率は, 今回検討したd4PDF等の小面積, 短時間降雨と概ね同程度であることを確認した。
北海道南部	1.39	1.36	1.29 ~ 1.52	1.4	1.5	1.61	1.63	1.59	1.47 ~ 1.89				1.5	
東北西部	1.29	1.31	1.15 ~ 1.41	1.2	1.3	1.56	1.54	1.55	1.27 ~ 1.77				1.3	
東北東部	1.29	1.26	1.18 ~ 1.54	1.2	1.3	1.31	1.36	1.36	1.26 ~ 1.51				1.3	
関東	1.25	1.25	1.12 ~ 1.37	1.2	1.3	1.29	1.25	1.26	1.14 ~ 1.36				1.3	
北陸	1.24	1.23	1.10 ~ 1.46	1.2	1.3	1.31	1.35	1.35	1.25 ~ 1.43				1.3	
中部	1.25	1.22	1.11 ~ 1.40	1.2	1.3	1.26	1.25	1.23	1.17 ~ 1.45				1.3	
近畿	1.28	1.29	1.07 ~ 1.45	1.2	1.3	1.25	1.24	1.22	1.13 ~ 1.46				1.3	
紀伊南部	1.11	1.11	0.99 ~ 1.24	1.2	1.3	1.32	1.26	1.28	1.12 ~ 1.39				1.3	
山陰	1.12	1.09	0.87 ~ 1.35	1.2	1.3	1.21	1.24	1.23	1.14 ~ 1.42				1.3	
瀬戸内	1.19	1.16	1.03 ~ 1.36	1.2	1.3	1.25	1.23	1.24	1.07 ~ 1.43				1.3	
中国西部	1.18	1.15	1.02 ~ 1.37	1.2	1.3	1.27	1.28	1.27	1.14 ~ 1.39				1.3	
四国南部	1.29	1.31	1.09 ~ 1.49	1.2	1.3	1.27	1.24	1.23	1.15 ~ 1.36				1.3	

※治水提言の短時間降雨については, 決定値に1.05の割増係数を乗じた値となっている。

地域区分毎の降雨量変化倍率の設定（4℃上昇②）

表－2 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定（案）

地域区分	治水計画提言						今回(d4PDF) (25・100km ² , 1・2・3hr)			NHRM02_RCP8.5 (4km ² , 1・2・3hr)			下水道 提言	考え方
	平均値	中央値	6SST	決定値	短時間 降雨	400km ² 3h	平均値	中央値	6SST	平均値	中央値	4SST		
九州北西部	1.37	1.37	1.27 ~ 1.45	1.4	1.5	1.31	1.24	1.23	1.16 ~ 1.34	1.28	1.27	1.17 ~ 1.44	1.5	<ul style="list-style-type: none"> ・治水計画提言の別紙3-7に記載があるとおり、小流域短時間降雨の変化倍率が高いとされている。 ・治水計画提言では、15地域の平均値による短時間降雨割増係数を設定し、短時間降雨の変化倍率を設定している。その際の400km²・3h時の変化倍率は、今回検討したd4PDF等の小面積、短時間降雨と概ね同程度であることを確認した。
九州南東部	1.15	1.17	1.04 ~ 1.23	1.2	1.3	1.13	1.15	1.13	1.06 ~ 1.26				1.3	<ul style="list-style-type: none"> ・なお、九州北西部は付近の海面水温が高いことなどを考慮した。
沖縄										1.19 1.20	1.20 1.20	1.08 ~ 1.26 1.08 ~ 1.31	1.3 【暫定値】	<ul style="list-style-type: none"> ・計算結果及び沖縄本島等は台風による影響を受けやすく、気候変動により猛烈な台風の頻度が高まるとの予測結果から、下水道の本州(北海道、九州北西部を除く)の倍率と同じ値を設定した。

※治水提言の短時間降雨については、決定値に1.05の割増係数を乗じた値となっている。

※沖縄の下段は(4・16・36km², 1・2・3hr)の集計値

地域区分毎の降雨量変化倍率の設定（2℃上昇①）

- d4PDFから設定した、地域区分毎の降雨量変化倍率について、地域別換算係数を用いて、2℃上昇時換算値を設定する。地域別換算係数は、治水提言と同様の係数を用いた。
- 沖縄については、地域換算係数が設定されていないため、他地域と同様に設定した。

表－3 2℃上昇時の地域区分毎の降雨量変化倍率の設定（案）

地域区分	治水計画提言 (2℃上昇換算値)			地域別 換算係数	今回 (2℃上昇換算値)			NHRCM02 RCP2.6 (4km2, 1・2・3hr)			下水道 提言 【暫定値】	考え方
	平均値	6SST	決定値		平均値	6SST	決定値 【暫定値】	平均値	中央値	4SST		
北海道北部	1.12	1.09 ~ 1.16	1.15	0.30	1.19	1.15 ~ 1.26	1.15				1.15	・今回検討したd4PDFの小面積、短時間降雨の換算値について、北海道北部及び東北西部では、治水計画提言の2℃上昇換算値が6SSTの幅の中にあり、また、北海道南部および東北東部では小さくなる結果となったが、今回はd4PDFからの換算値を用いた暫定値であることを踏まえ、治水計画提言の倍率を設定した。
北海道南部	1.17	1.12 ~ 1.22	1.15	0.42	1.27	1.20 ~ 1.37	1.15				1.15	
東北西部	1.08	1.04 ~ 1.11	1.10	0.28	1.15	1.08 ~ 1.22	1.10				1.10	
東北東部	1.13	1.08 ~ 1.24	1.10	0.45	1.16	1.12 ~ 1.23	1.10				1.10	

地域区分毎の降雨量変化倍率の設定（2℃上昇②）

表-4 2℃上昇時の地域区分毎の降雨量変化倍率の設定（案）

地域区分	治水計画提言 (2℃上昇換算値)			地域別 換算係数	今回 (2℃上昇換算値)			NHRCM02 RCP2.6 (4km2, 1・2・3hr)			下水道 提言 【暫定値】	考え方		
	平均値	6SST			決定値	平均値	6SST		決定値 【暫定値】	平均値			中央値	4SST
関東	1.12	1.06 ~ 1.18		1.10	0.50	1.13	1.07 ~ 1.18		1.10				1.10	・今回検討したd4PDFの小面積、短時間降雨の換算値について、治水計画提言の2℃上昇換算値が6SSTの幅の中にあり、治水計画提言の倍率を適用することの妥当性を確認した。
北陸	1.12	1.05 ~ 1.23		1.10	0.35	1.12	1.09 ~ 1.15		1.10				1.10	
中部	1.09	1.04 ~ 1.14		1.10	0.50	1.13	1.09 ~ 1.22		1.10				1.10	
近畿	1.08	1.02 ~ 1.13		1.10	0.34	1.08	1.04 ~ 1.16		1.10				1.10	
紀伊南部	1.03	1.00 ~ 1.07		1.10	0.30	1.08	1.04 ~ 1.12		1.10				1.10	
山陰	1.04	0.96 ~ 1.12		1.10	0.31	1.07	1.04 ~ 1.13		1.10				1.10	
瀬戸内	1.09	1.01 ~ 1.16		1.10	0.45	1.11	1.03 ~ 1.19		1.10				1.10	
中国西部	1.05	1.01 ~ 1.11		1.10	0.27	1.08	1.04 ~ 1.11		1.10				1.10	
四国南部	1.13	1.04 ~ 1.22		1.10	0.45	1.11	1.07 ~ 1.16		1.10				1.10	
九州北西部	1.12	1.09 ~ 1.15		1.15	0.33	1.08	1.05 ~ 1.11		1.15	1.08	1.09	1.02 ~ 1.16	1.15	・今回検討したNHRCM02については治水計画提言の2℃上昇換算値が4SSTの幅の中にあり、治水計画提言の倍率を適用することの妥当性を確認した。
九州南東部	1.06	1.02 ~ 1.10		1.10	0.41	1.06	1.02 ~ 1.11		1.10				1.10	・今回検討したd4PDFの小面積、短時間降雨の換算値について、治水計画提言の2℃上昇換算値が6SSTの幅の中にあり、治水計画提言の倍率を適用することの妥当性を確認した。
沖縄					-				1.10	1.05	1.04	1.03 ~ 1.08	1.10	・計算結果及び沖縄本島等は台風による影響を受けやすく、気候変動により猛烈な台風の頻度が高まるとの予測結果から、下水道の本州(北海道及び九州北西部を除く)と同じ倍率を設定した。

2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進

- (1) 下水道計画の特徴と理想の解像度
- (2) 気温や海面水温の上昇からの降雨量変化倍率の設定の方向性
- (3) 下水道による都市浸水対策での検討で使用する気候変動予測モデル
- (4) 検討使用モデルの再現性の確認（特性の把握）
- (5) モデルを活用した評価
- (6) 地域区分毎の降雨量変化倍率の設定
- (7) 下水道計画への反映の考え方

気候変動の影響を踏まえた下水道の計画降雨の確認方法

- 当面は、これまでの手法に気候変動による降雨量変化倍率を用いる（降雨量変化倍率は降雨強度式に乗じる。）。
- 将来的には、大量の将来予測降雨から流量算定を行い、計画規模相当の流量を設定することも考えられる。

◆降雨量変化倍率の設定方法

最大計画雨水流出量の算定式（合理式の場合）

$$Q = 1/360 \times C \times (I \times \alpha) \times A$$

Q：最大計画雨水流出量（m³/s）

C：流出係数

I：流達時間（t）における降雨強度（mm/h）

α：降雨量変化倍率

A：排水面積（ha）

※実験式においても同様の方法で降雨量変化倍率を乗じる

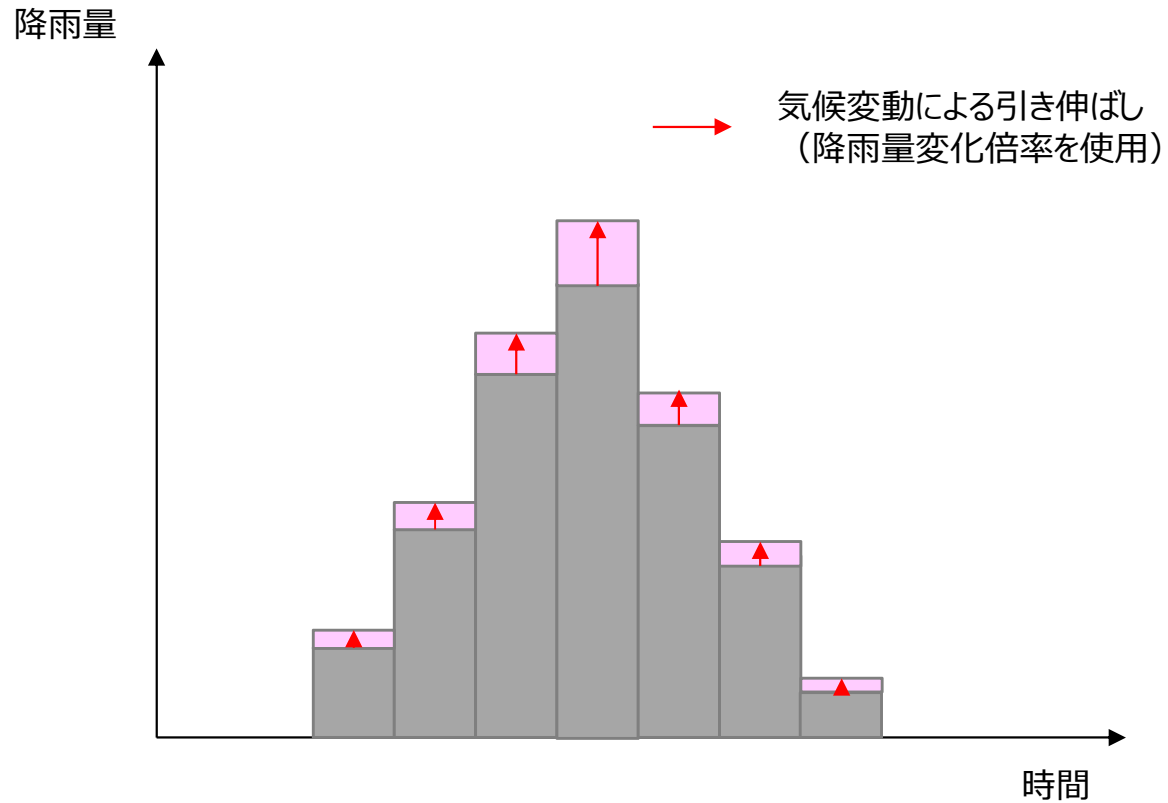


図 降雨強度式に降雨変化倍率を乗じたイメージ図

※計画降雨の算定根拠となっている雨量データについて、その収集期間が現在気候（1951～2010）の対象期間と大きく乖離している場合は、計画降雨の妥当性について確認することが必要である。

下水道の施設設計における気候変動の影響の扱いについて

- 下水道施設の設計においては、耐用年数を勘案し、現時点では、2℃上昇を考慮することとする（4℃上昇は考慮しない）。なお、下水道施設の更新時期や下水道計画の見直しに合わせて検討することが必要。

◆ 主な雨水関連施設の耐用年数

土木・建築・付帯設備	年数
管きよ、マンホール、柵、取付管	50年
樋門施設/躯体/鉄筋コンクリート	50年
管理棟/ポンプ場施設 /躯体（コンクリート又は鉄筋コンクリート造）	50年
雨水調整池 /躯体（コンクリート又は鉄筋コンクリート造）	50年

機械設備	年数
ポンプ設備/雨水ポンプ設備/ポンプ本体	20年
ポンプ設備/雨水ポンプ設備/燃料ポンプ	15年

電気設備	年数
電気計装設備/受変電設備/コンデンサ盤	20年
電気計装設備/計測設備/流量計	10年

資料：平成3年4月23日事務連絡別表、平成15年6月19日改正

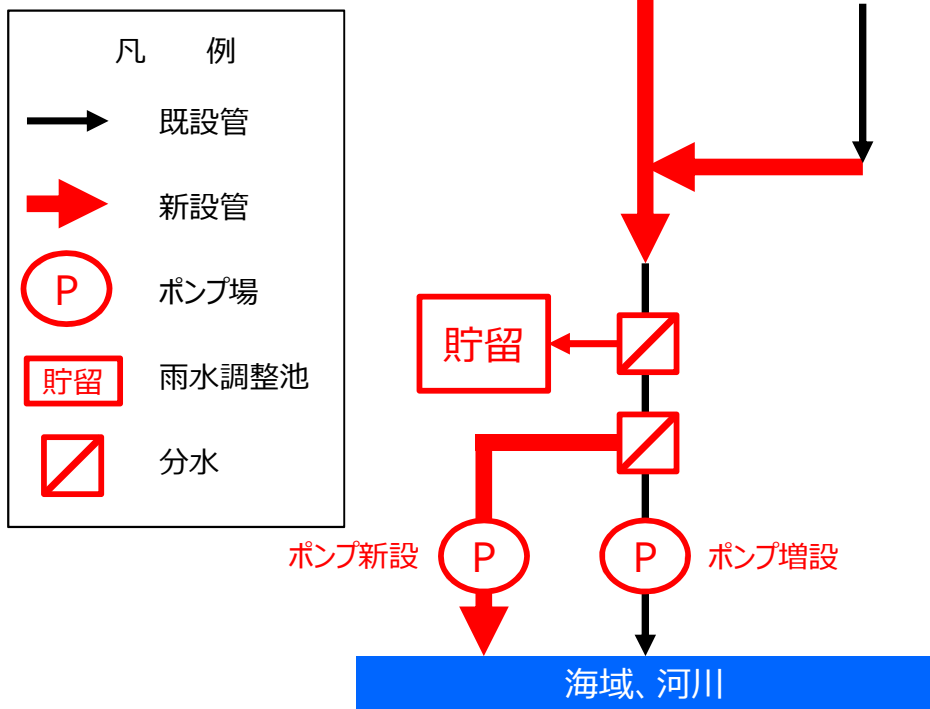
- 気候変動を踏まえた治水計画のあり方提言では、
 - ・「RCP8.5（4℃上昇相当）等は、治水計画における整備メニューの点検や減災対策を行うためのリスク評価、河川管理施設の危機管理的な運用の検討、将来の改造を考慮した施設設計の工夫等の参考として活用することが適当」
 - ・施設設計においては、「施設の新設にあたっては、少なくとも2℃上昇相当に対応可能なRCP2.6を踏まえて設計を行うことが望ましく、さらに、ダムや堰、大規模な水門などの耐用期間の長い施設については、必要に応じて、更なる気温上昇（例えば4℃上昇相当）にも備えた設計の工夫を行うことによって、気候変動により目標とする流量が増加した場合等でも容易かつ安価に改造することが可能となる。また、ポンプ等の施設については、その施設の耐用年数経過時点の気候変動の影響を考慮して設計をすることが望ましい。」とされている。

- 主な雨水関連施設の耐用年数は約10年から50年であることも踏まえ、現時点では、施設設計において、2℃上昇を考慮することとする（4℃上昇は考慮しない）。

下水道計画の見直しに伴う整備のイメージ

◆管路の新設や貯留・浸透施設の整備等の場合

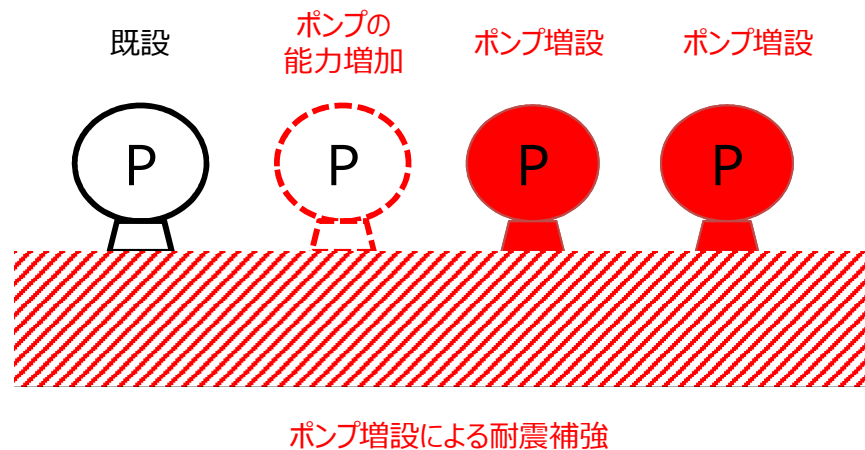
- 一部整備が進んでいる区域において気候変動を踏まえた下水道計画の見直しを反映させた場合は、既存施設を活用しながら新設、貯留・浸透施設等の整備が考えられる



気候変動を反映したことによる管路整備のイメージ図

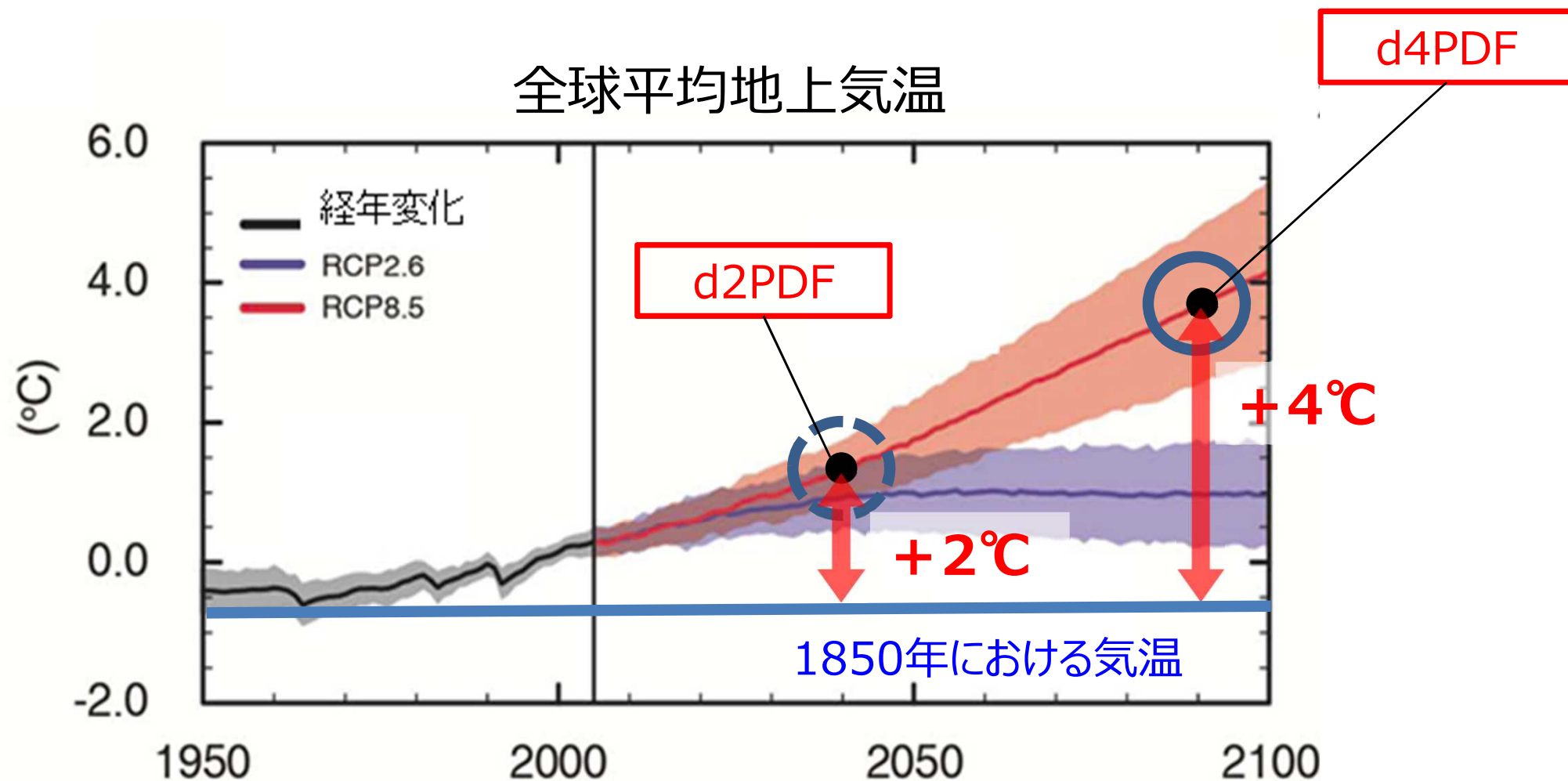
◆ポンプ施設の増強等の場合

- 気候変動を踏まえた下水道計画の見直しによりポンプの能力増加（ポンプの取替）、ポンプの増設が考えられる
- ポンプの能力状況に伴い荷重が増えることが想定されるため、ポンプ場施設の耐震補強も考えられる



気候変動を反映したことによるポンプ場整備のイメージ図

(参考) d4PDFとd2PDFの関係性



計画降雨等に対する適用方法の考え方

- 雨水管理総合計画は「選択と集中」の観点から「どこを、どの程度、いつまでに」を検討
- 計画降雨（L1）、照査降雨（L1'、L2）に応じた目標を設定
- 雨水管理総合計画の策定を通じて、気候変動を踏まえた雨水計画の見直しを行うことを推進

雨水管理総合計画による新たな雨水管理のイメージ

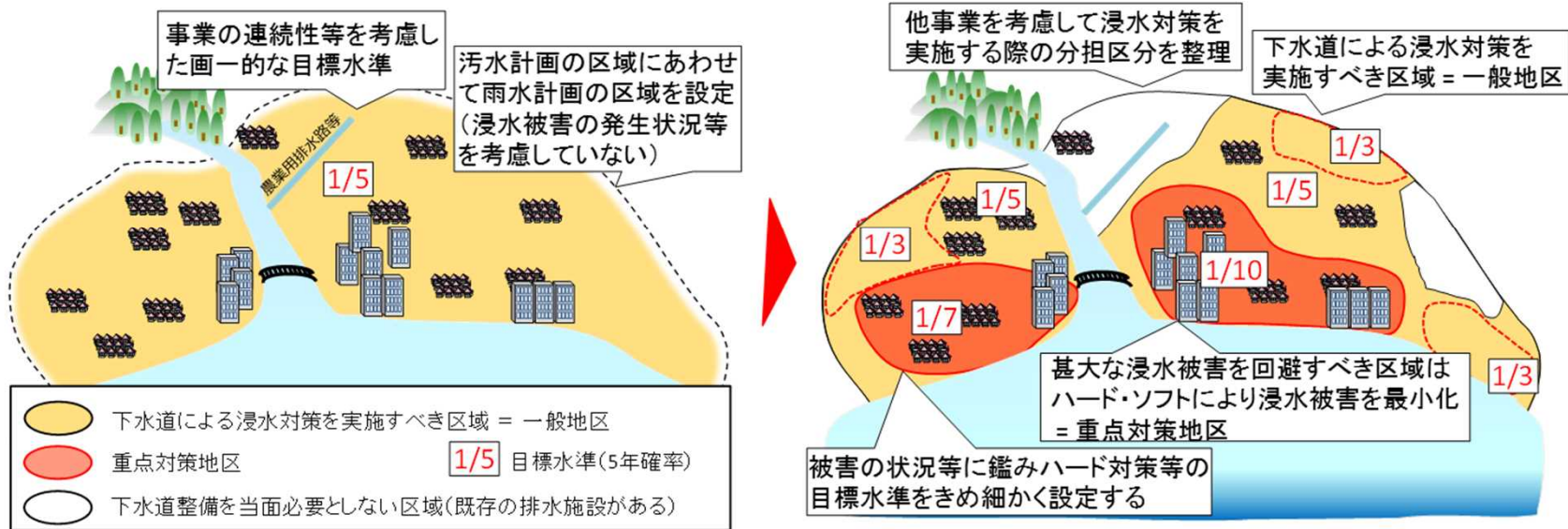


表 雨水管理総合計画における地区の考え方

地区の考え方	
重点対策地区	浸水対策の目標である「生命の保護」、「都市機能の確保」、「個人財産の保護」の観点より重点的に対策を行うべき地区のうち、下水道浸水被害軽減総合事業下水道浸水被害軽減型を実施する地区
一般地区	下水道による浸水対策を実施すべき区域を有する地区
効率的対策地区	行政と住民等が連携して効率的な浸水対策を図る地区で、下水道浸水被害軽減総合事業効率的雨水管理支援型を実施する地区

計画降雨等に対する適用方法の考え方

- 雨水管理総合計画の策定を通じて気候変動を踏まえた計画の見直しを推進する。
- 気候変動を踏まえた計画の取扱いとしては、当面はハード対策を行う計画降雨（L1）に対して降雨量変化倍率を乗じる。

表 計画降雨に対する防災対策等の基本的な考え方

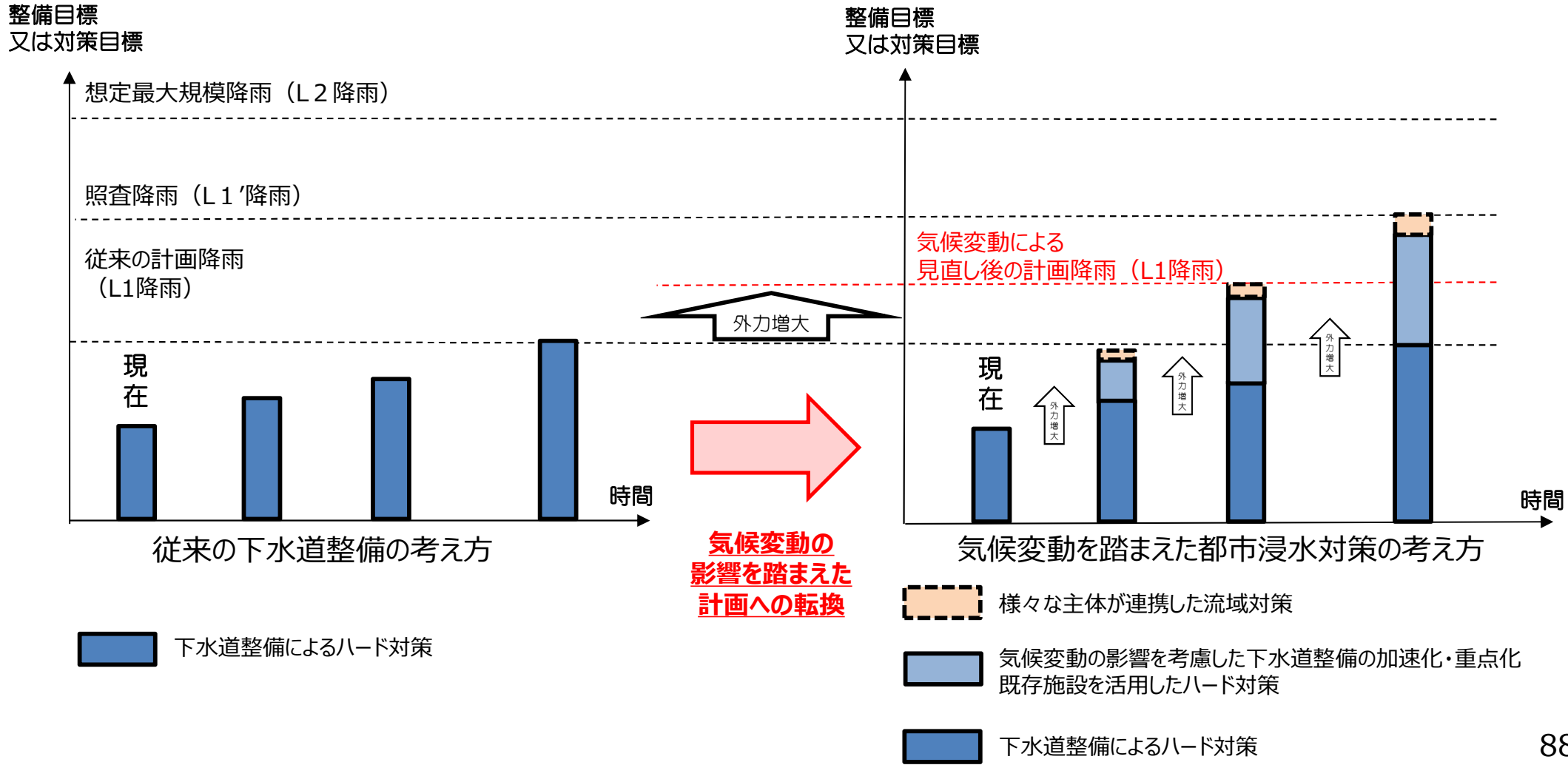
	計画降雨に対する防災対策	照査降雨に対する減災対策	
対象降雨	計画降雨 レベル1降雨：L1降雨	照査降雨 (計画を上回る降雨のうち、減災対策の対象とする降雨)	
		レベル1'降雨：L1'降雨 (計画降雨とL2降雨の間の降雨)	レベル2降雨：L2降雨 (想定最大規模降雨)
目標 (防災・減災)	・防災を目的とした浸水防除 (水位が地表面を超えることを許容しない)	・減災を目的とした浸水軽減 (一定程度の浸水を許容)	・安全な避難の確保
対策	・計画降雨に対するハード対策	・多様な主体との連携による 総合的な対策 ・下水道事業によるソフト対策 ・下水道事業による付加的対策	・ソフト対策

※照査降雨（L1'）は、「下水道の流出時間スケールである短時間雨量（10～60分雨量）が既往最大の降雨や一定の被害が想定される降雨を基本とし、当該地区において計画策定に用いる適切な降雨データがない場合は、甚大な災害の未然防止の観点から他地域の大規模降雨とすることもできる。」としている。

出典：雨水管理総合計画策定ガイドライン（案）（国土交通省）

気候変動の影響を踏まえた下水道による都市浸水対策の考え方

- 下水道の整備には長時間を要することから、将来の気候変動による外力の影響を見据え、ハード・ソフト両面から選択と集中の考え方の下、都市浸水対策を加速させることが必要。
- そのため、下水道整備に加え、段階的な対応として、既存施設を活用したハード対策や様々な主体が連携した流域の流出抑制対策等により、気候変動の影響を踏まえて目標とする外力に対して被害の発生を防止するとともに、照査降雨に対しても被害の軽減を図る。また、想定最大規模降雨に対しては、ソフト施策の更なる推進・強化により、少しでも被害を軽減させることが必要。



海岸事業での検討を踏まえた外水位の考え方

○「気候変動を踏まえた海岸保全のあり方検討委員会」で検討される平均海面の上昇量、高潮等の影響を踏まえ、今後、貯留・浸透施設の整備促進や雨水排除の内容を適切に見直しを図るなど、様々な対策を検討する。なお、ポンプ排水を行うには、海岸側の協力が不可欠であり、海岸と下水道との連携が必要である。

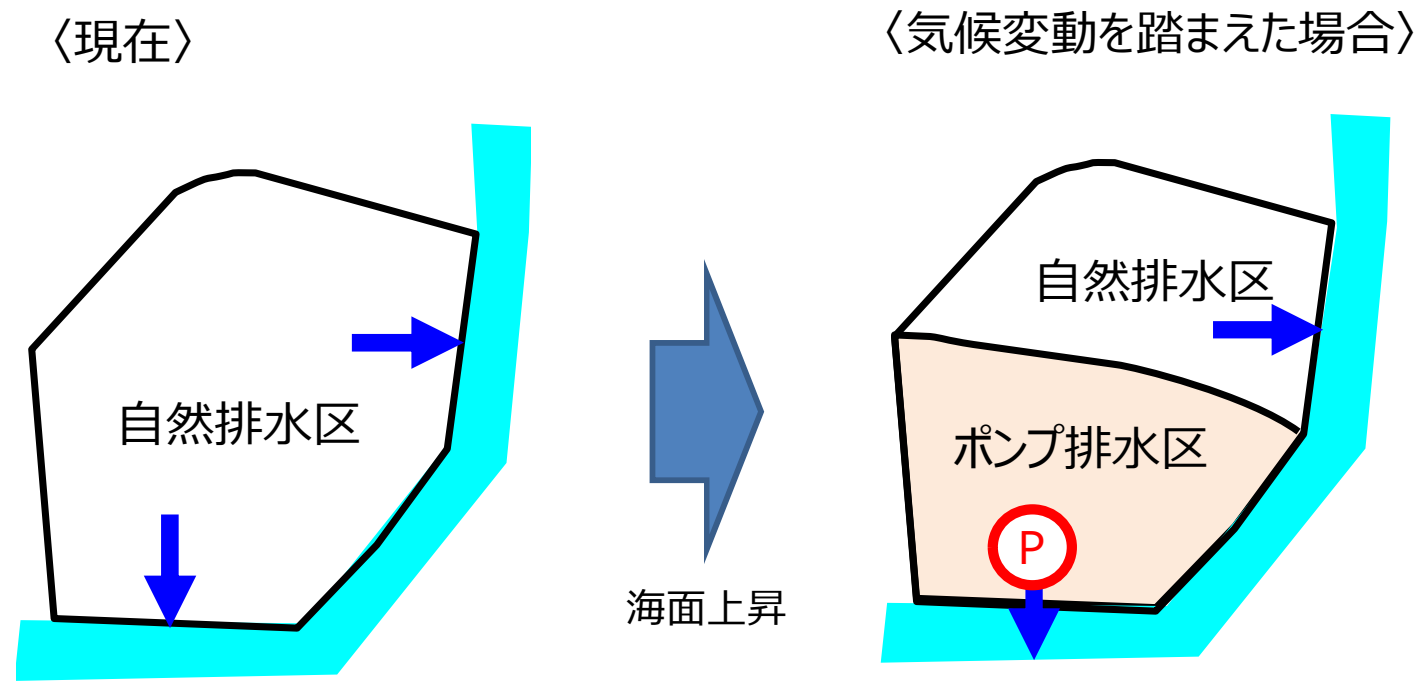


図 海岸の外力増加による下水道計画見直しのイメージ

※計画外水位は原則として、河川においては計画高水位、海域においては既往最高潮位とする。ただし、区域の重要度、下水道と河川の計画降雨の乖離、河川の放流規制、排水方法、施設の工事費や整備スケジュール、維持管理等の経済性、既往最大降雨等を総合的に判断し、計画外水位を設定する。

(出典：下水道施設計画・設計指針と解説 2019年版 公益社団法人 日本下水道協会)