

## 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2.0km<sup>2</sup>以下であり、平均は0.56km<sup>2</sup>
- 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、2.0km<sup>2</sup>以下

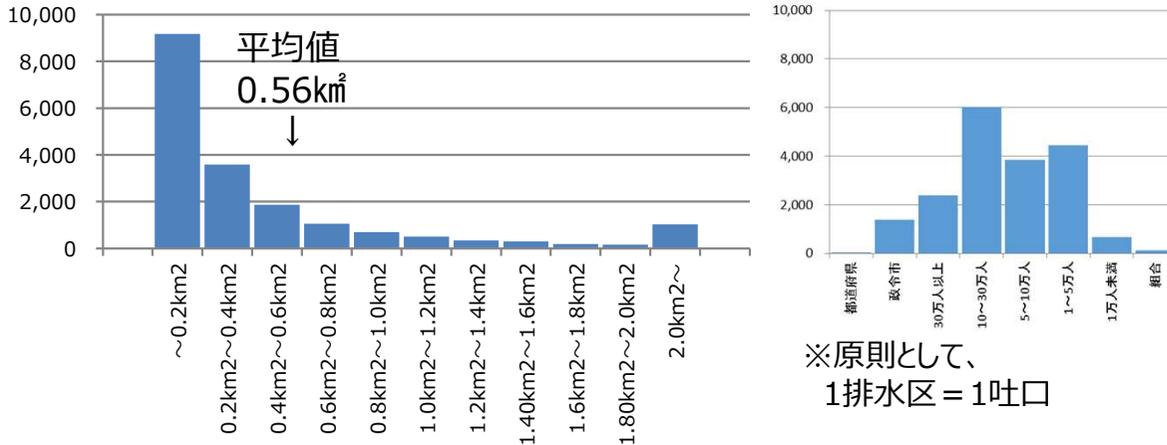


図 下水道の排水面積のヒストグラム（回答自治体数：917団体）

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。

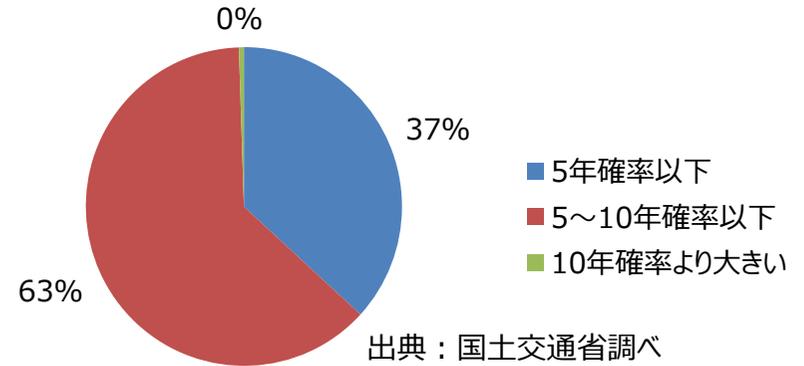
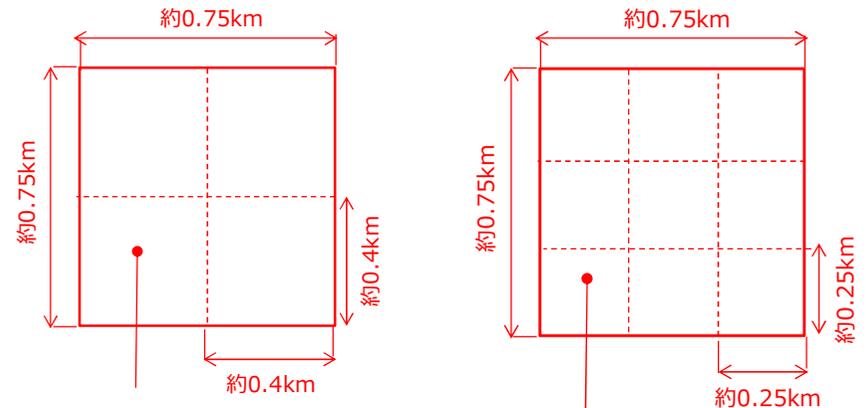


図 下水道の施設計画で対象としている確率年（全国、排水区割合）



平均 0.56km<sup>2</sup> (約0.75km×約0.75km)  
 ⇒ 4分割すると約0.4km (≒0.5km) の解像度

平均 0.56km<sup>2</sup> (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

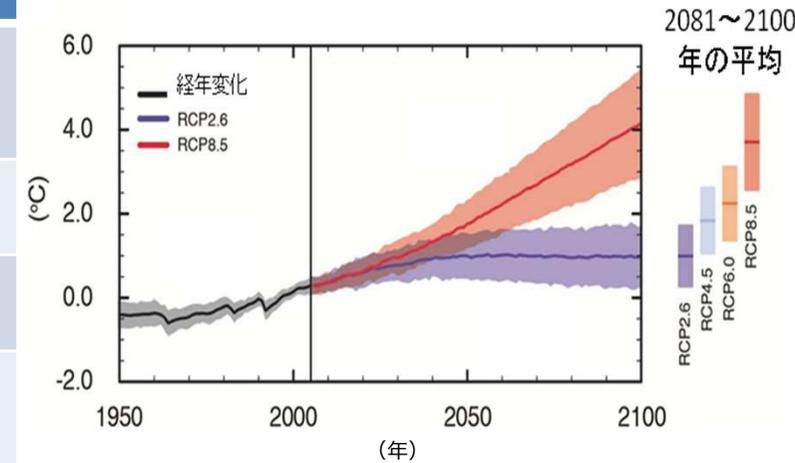
- IPCC第5次評価報告書では、温室効果ガス濃度の推移の違いによる4つのRCPシナリオが用意されている。
- 具体的には、パリ協定における将来の気温上昇を2°C以下に抑えるという目標に相当する排出量の最も低いRCP2.6や最大排出量に相当するRCP8.5、それら中間に値するRCP4.5、RCP6.0が用意されている。

## < 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 <sup>2</sup> ) 将来の気温上昇を 2°C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°C	+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 <sup>2</sup> )	+1.1~2.6°C	+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 <sup>2</sup> )	+1.4~3.1°C	+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 <sup>2</sup> ) 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°C	+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CO<sub>2</sub>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<sup>-2</sup>)。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,

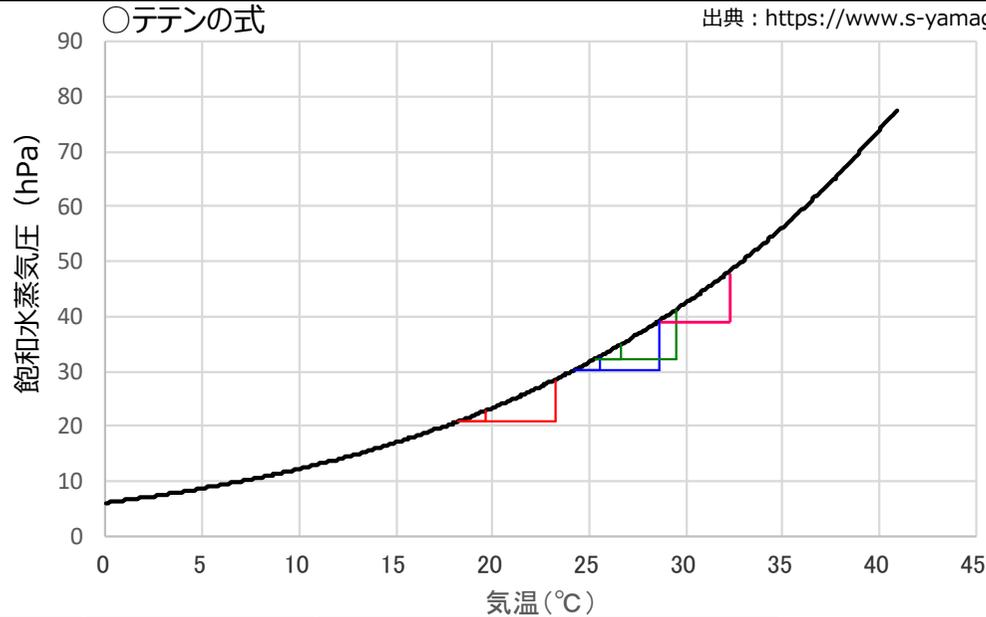
<http://www.env.go.jp/press/files/jp/23096.pdf>

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 <sup>※1</sup>	19.6 <sup>※2</sup>	23.2 <sup>※3</sup>
	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 <sup>※1</sup>	25.5 <sup>※2</sup>	28.6 <sup>※3</sup>
	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 <sup>※1</sup>	26.6 <sup>※2</sup>	29.5 <sup>※3</sup>
	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 <sup>※1</sup>	28.5 <sup>※2</sup>	30.9 <sup>※3</sup>
	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℃<sup>※4</sup>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℃<sup>※4</sup>を加えたもの

※4：NHRCM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

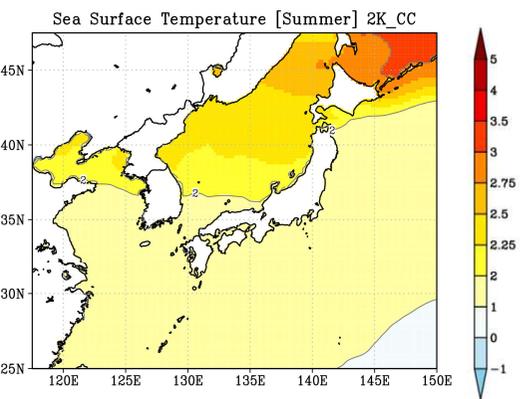
# 海面水温の変化

- SSTの6モデルともに、北海道周辺は海面水温の上昇量が大きくなる傾向にある。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。

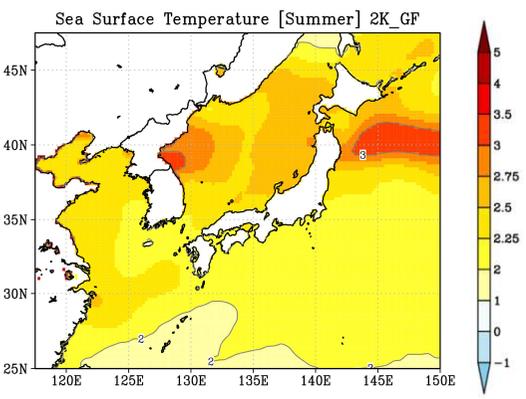
## SST パターン

・d2PDF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。

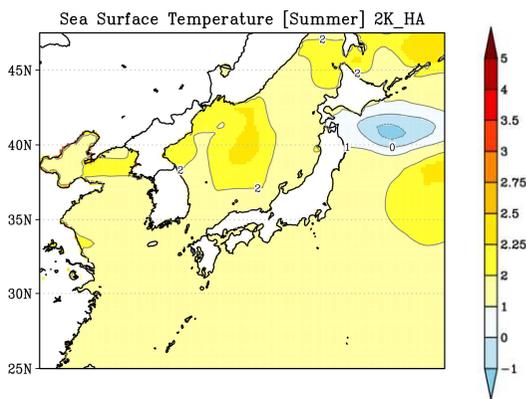
CC



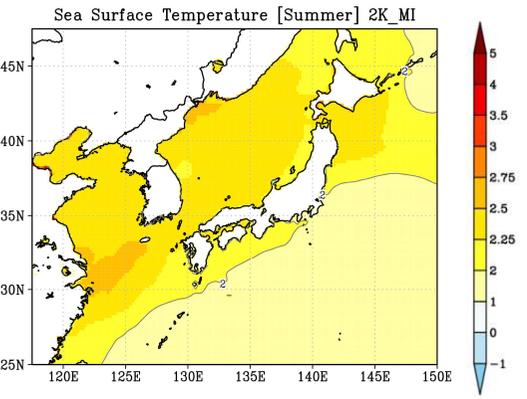
GF



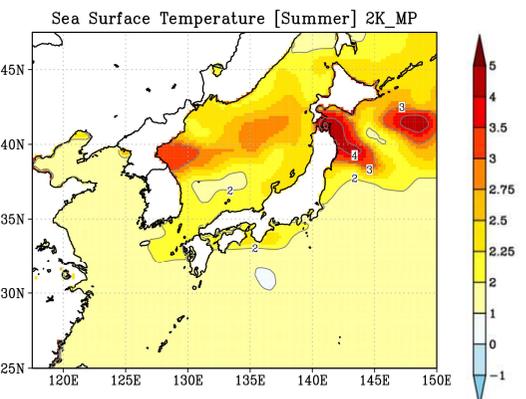
HA



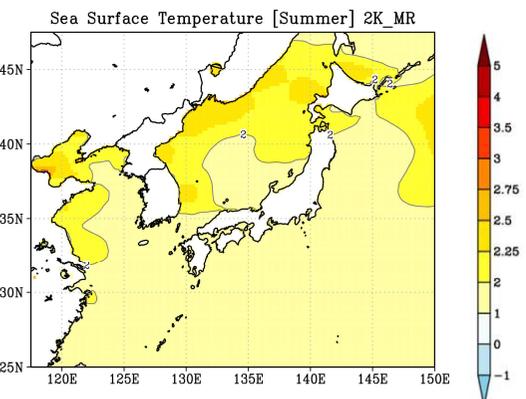
MI



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、東京大学 大気海洋研究所、国立環境研究所
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

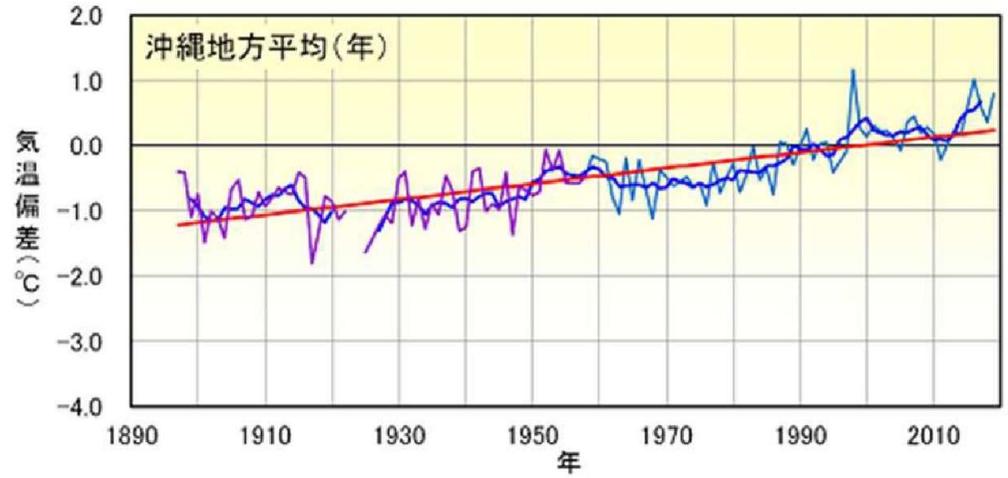
- 沖縄の気候の状況について、全国の気候の状況を観測データを元に整理した。
- 年平均気温、短時間降雨の発生回数（50mm/hr）、台風、海面水温について整理した結果、1976年～2019年の間においては、沖縄では短時間降雨の発生回数に明瞭な長期変化は見られないが、全国では増加傾向を示している。そのほかの項目は、同じような傾向を示している。

項目	沖縄	全国
年平均気温	1.19℃/100年の割合で上昇	1.21℃/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℃/100年の割合で上昇	1.12℃/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。

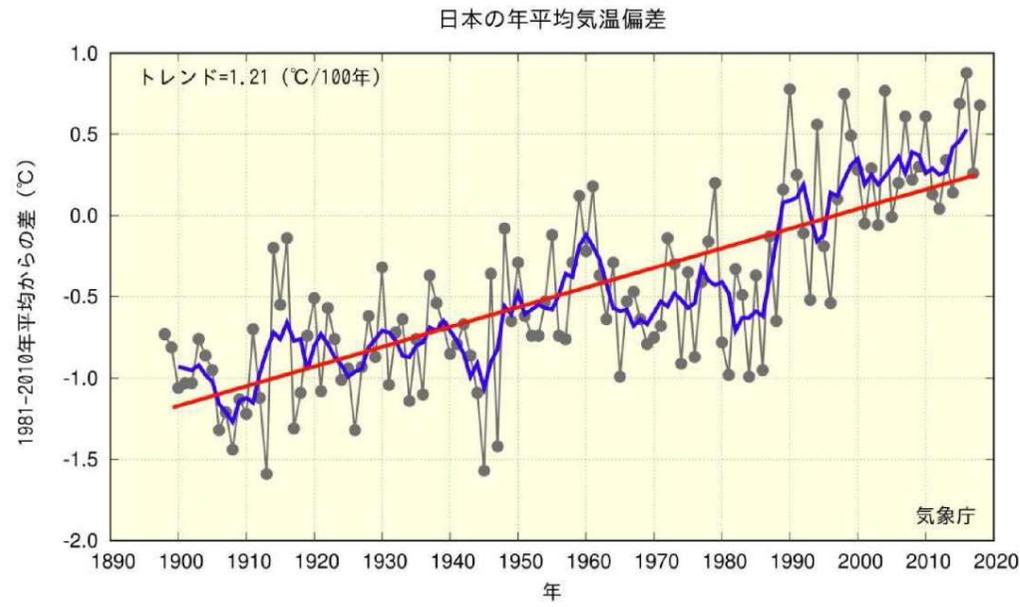
# 沖縄等の降雨等の状況（平均気温）

- 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）



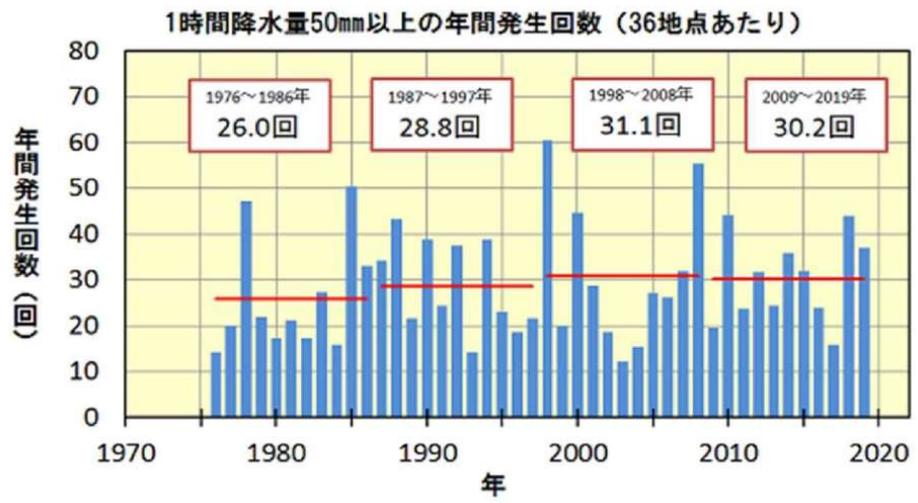
都市化の影響が比較的小さいと見られる気象庁の15観測地点での1898～2018年の年平均気温の基準値（1981～2010年の30年平均値）からの偏差を用いて解析している。  
 青線は、偏差の5年移動平均、赤線は長期変化傾向を示している。  
 基準値は、1981～2010年の30年平均値。  
 観測点は、網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、多度津、宮崎、名瀬、石垣島の15地点。

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）

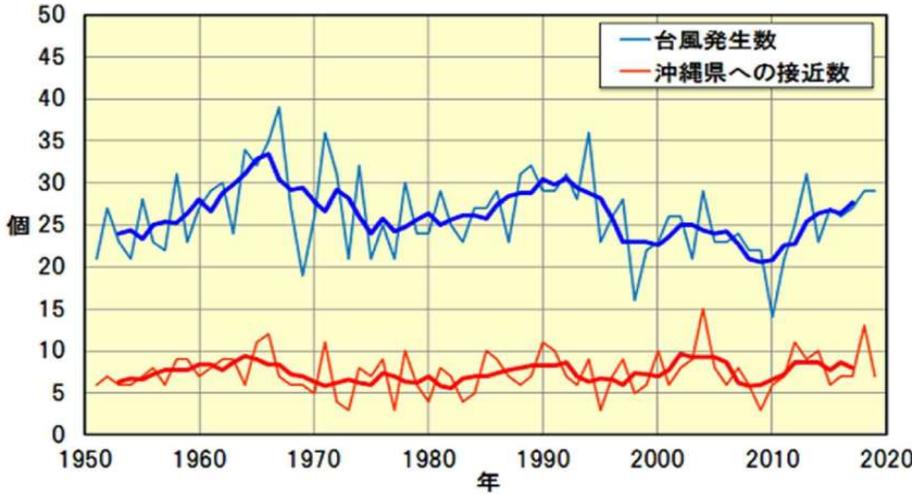


短時間降雨回数は、全国の地域気象観測所（アメダス）の地点数1,300地点あたりの回数に換算して傾向を把握した。  
 1976～2018年の値を用いて傾向を見ると、最初の10年間（1976～1985年）平均では1,300地点あたり約226回だったが、最近の10年間（2009～2018年）平均では約311回と約1.4倍に増加している。

出典：「気候変動監視レポート2018」（令和元年7月 気象庁）

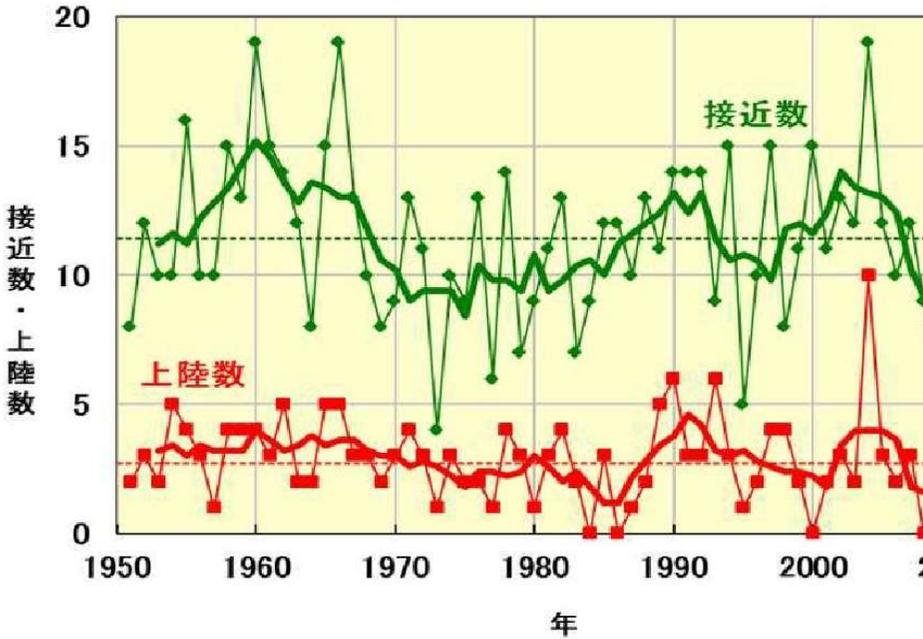
# 沖縄等の降雨等の状況（台風）

- 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）

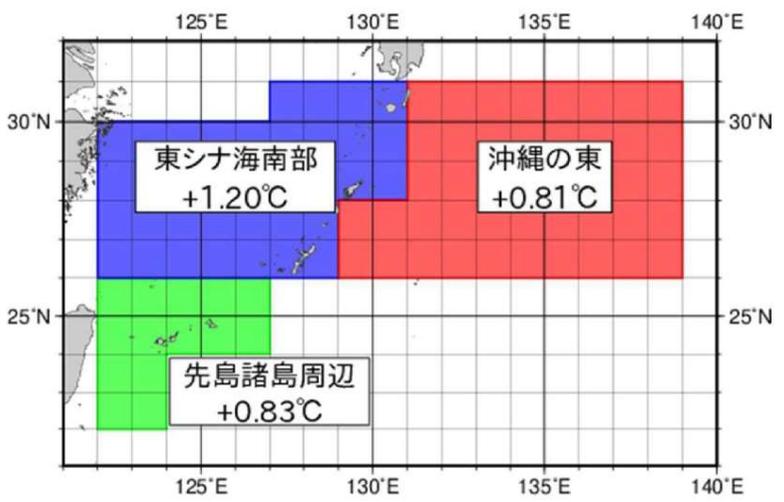


台風の日本への接近数及び上陸数は、1951～2018年の統計期間では、長期変化傾向を述べるのは難しい。  
太線は5年移動平均値を、破線は平年値を示す。

出典：「気候変動監視レポート2018」（令和元年7月 気象庁）

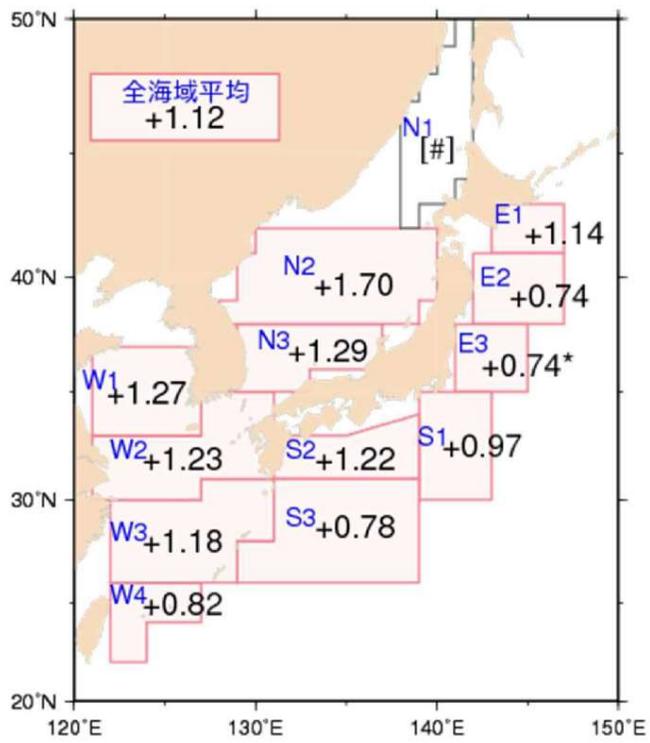
# 沖縄等の降雨等の状況（海面水温）

- 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）



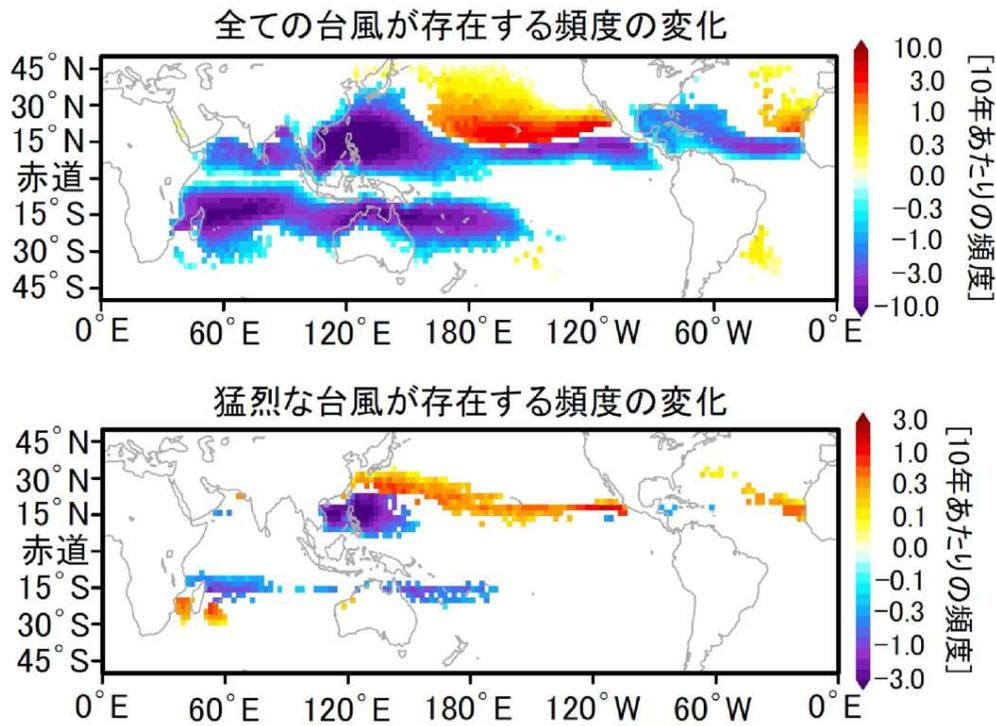
気象庁が収集している船舶やブイ等の現場観測データと100年以上にわたる海面水温格子点データ（COBE-SST）(Ishii et al., 2005) を用いて、日本近海における100年あたりの海域別海面水温の上昇率を見積もった。

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。

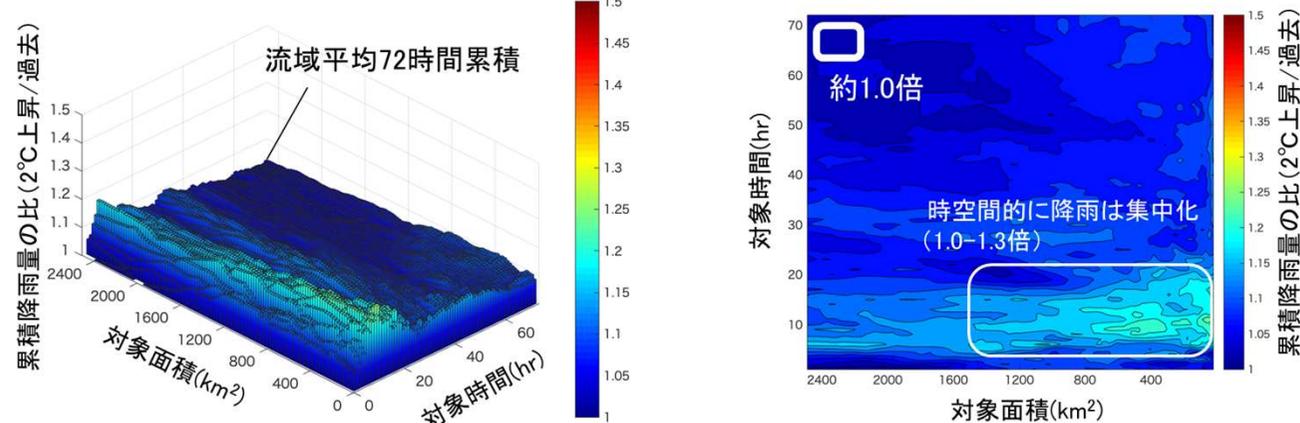
出典：気象庁報道発表資料（平成29年10月26日，（一財）気象業務支援センター，気象庁気象研究所）

# 小流域・短時間降雨の見込み

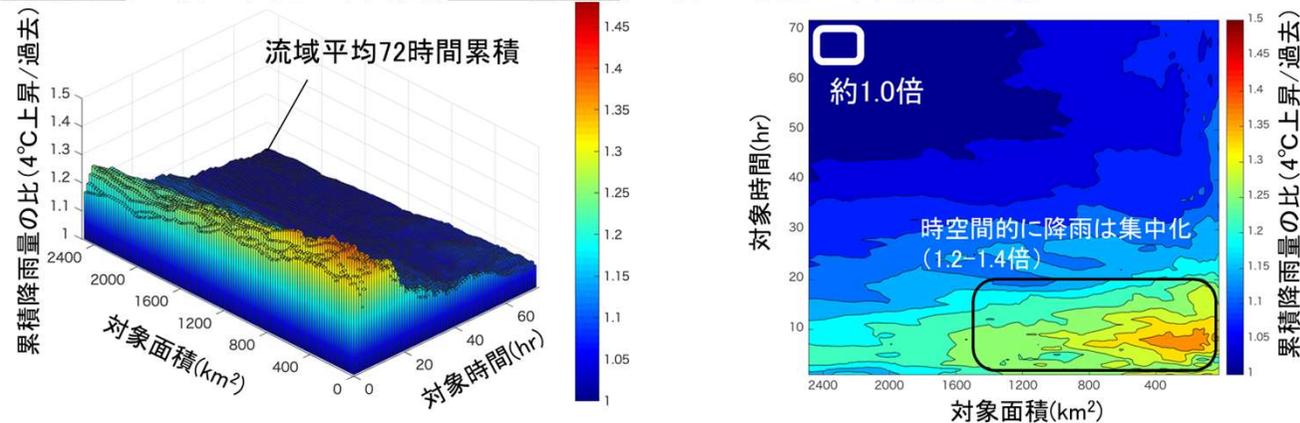
- 治水計画提言では、「対象面積が小さくなるほど、また対象時間が短くなるほど、累積降雨量の比は大きくなる」「将来気候では短時間豪雨による降雨量の増加率が高い」
- また、治水計画提言では、「山田らの研究では、短時間の変化倍率が大きくなる傾向は、2℃上昇時は4℃上昇時ほど顕著には生じない」とされている

## 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



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、都市キャプー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	都市キャプー	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℃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℃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℃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℃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
				RCP8.5		日又は月		線形内挿			
	S-8共通 (第二版) by環境省S-8【環境省】			RCP4.5							
				RCP2.6							

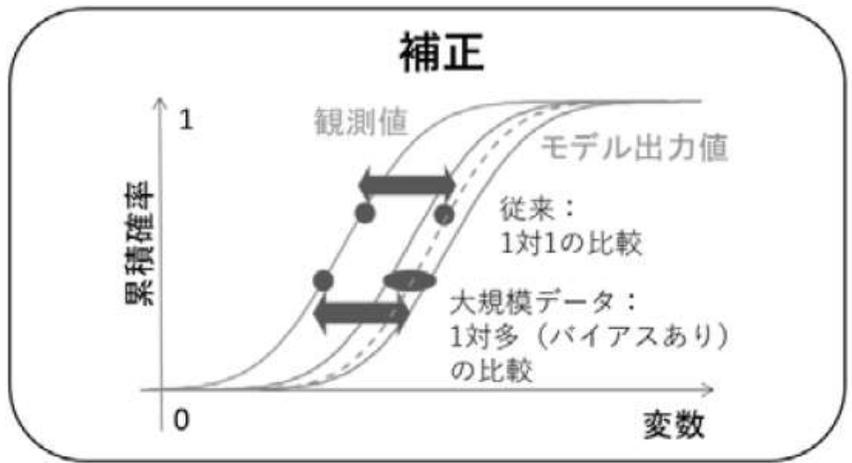
※対象期間（将来）の年数については、任意のものであり、その年数を表すものではない。

# 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

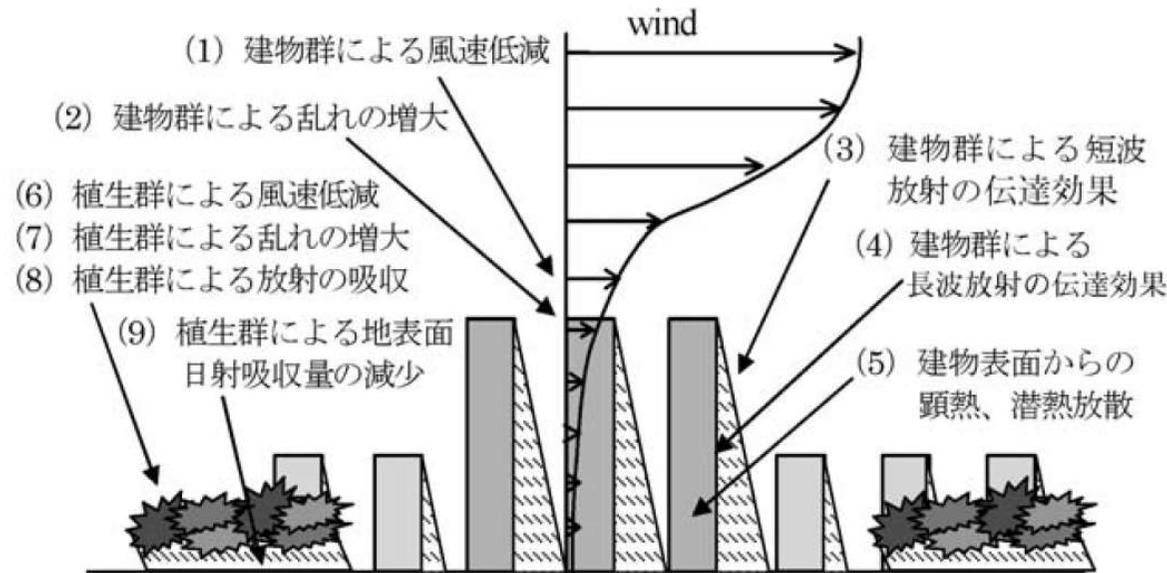


図2 都市キャンピーモデルを組み込んだ都市気候解析モデルの概念図

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](https://www.jstage.jst.go.jp/article/seisankenkyu/56/1/56_1_17/_pdf)

# 沖縄等の降雨量変化倍率の算出手法

- 沖縄等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。
- 沖縄等は、海域を含めてDAD解析を実施。

## <沖縄等の降雨量変化倍率の算出方法>

### (1) 使用データ

NHRCM02

RCP2.6 2kmデータ

### (2) 算出方法

- ①RCP2.6は4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沖縄等と全国15地域を対象に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

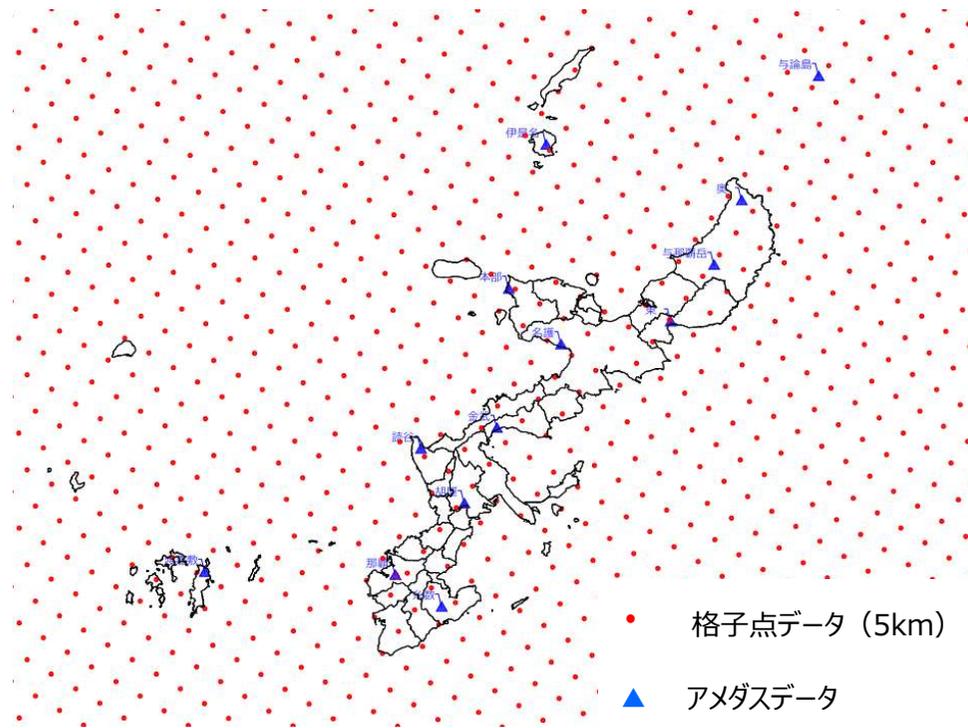


図 格子点データとアメダスの位置関係（イメージ）

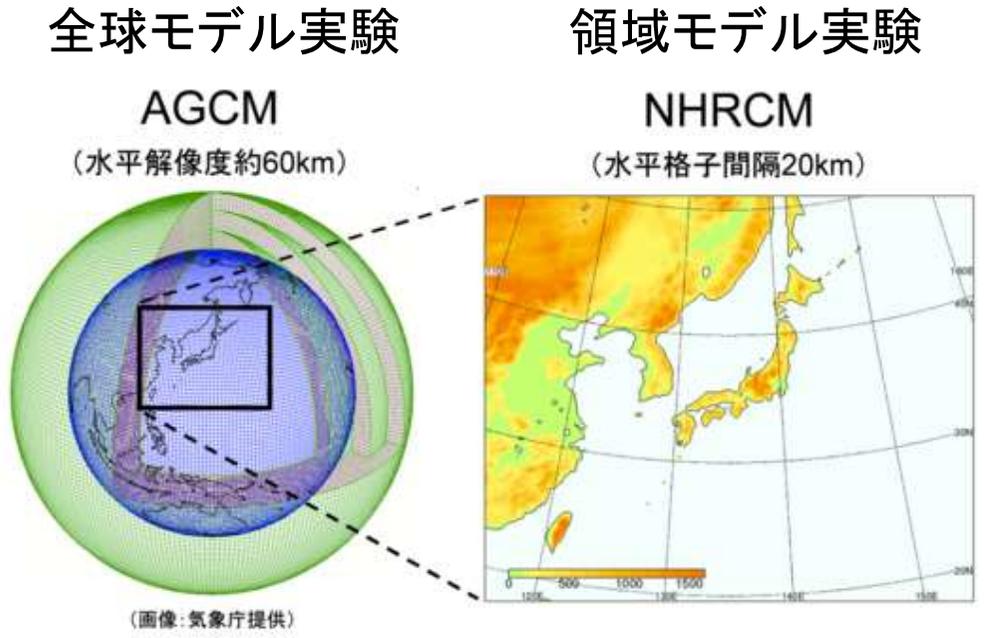
## 2. 気候変動を踏まえた下水道による都市浸水対策に係る中長期的な計画の策定の推進

- (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

# d2PDF (20km) の特徴

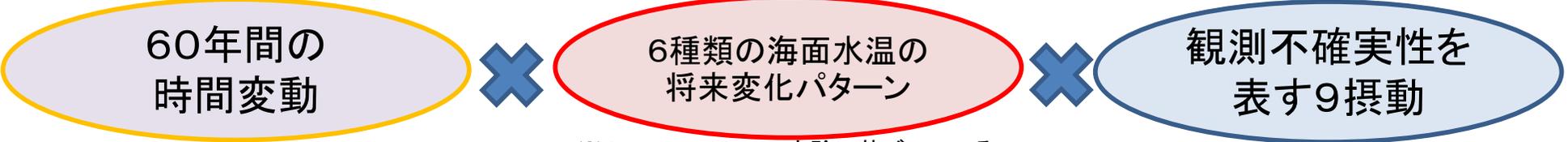
## 【d2PDFの特徴】

- 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2°C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。



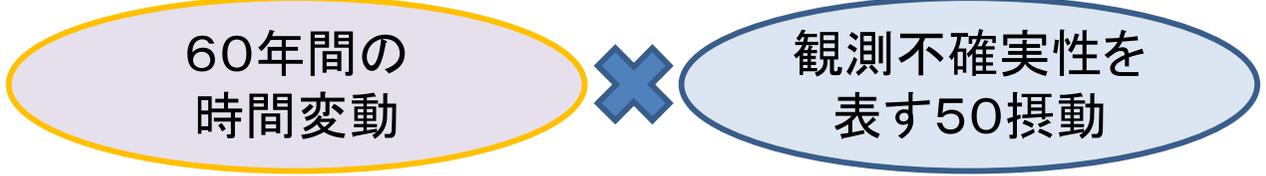
※「地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース」HPより抜粋

将来気候: 3240パターン



※CMIP5のRCP8.5実験に基づいている

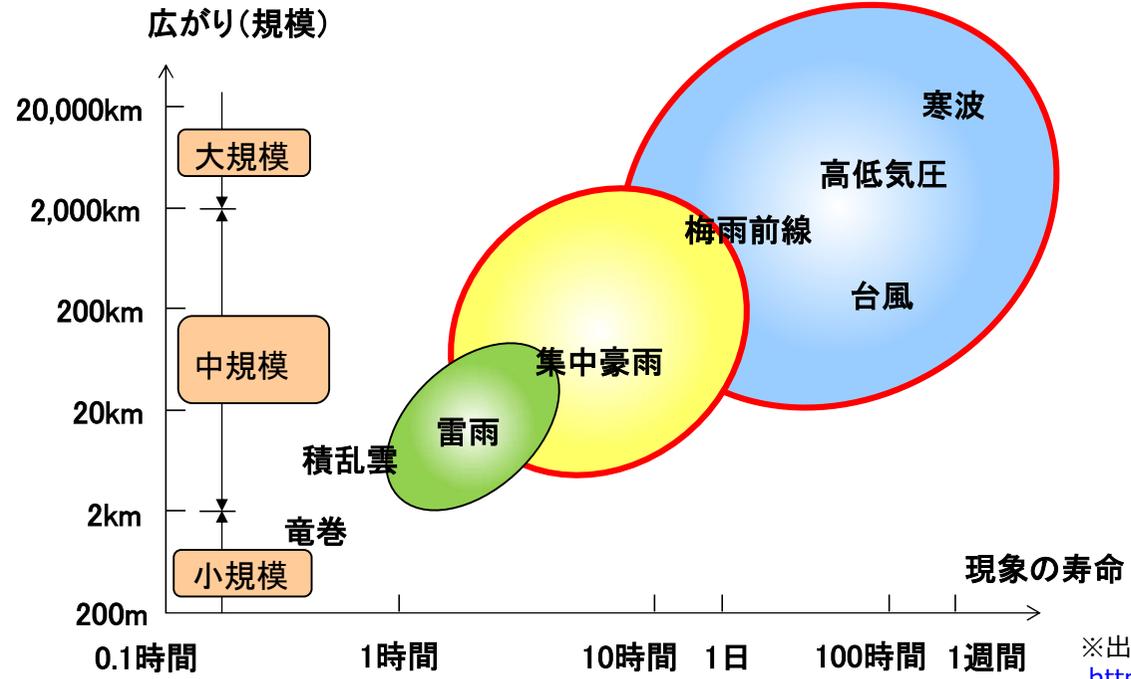
現在気候: 3000パターン



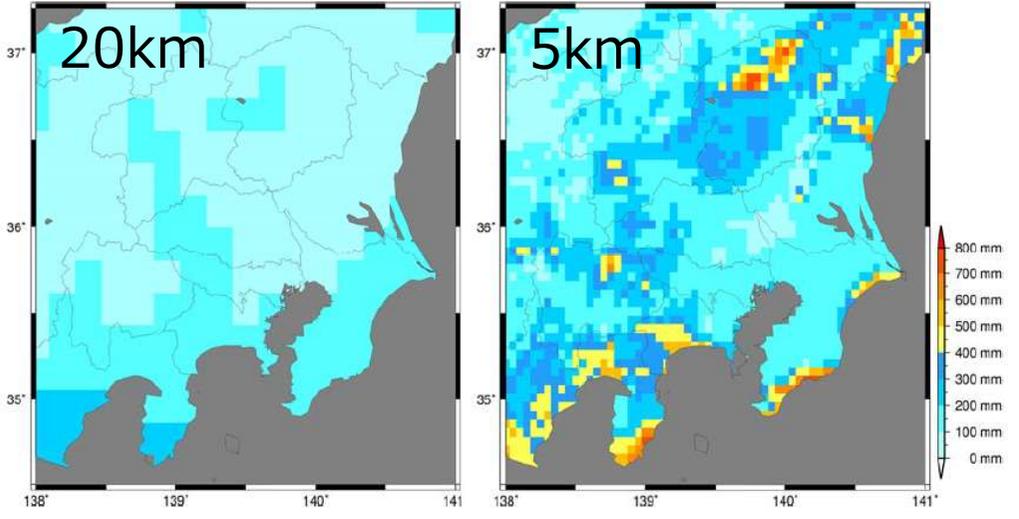
※摂動の与え方について  
 ○海面水温の年々変動の標準偏差の30%を摂動として与え、海面水温の摂動に整合するように、他の入力データを調節して計算を行っている。  
 ○現在気候では50種類、将来気候では6種類の海面水温の将来変化パターンそれぞれについて9種類の摂動を与えている。

# 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



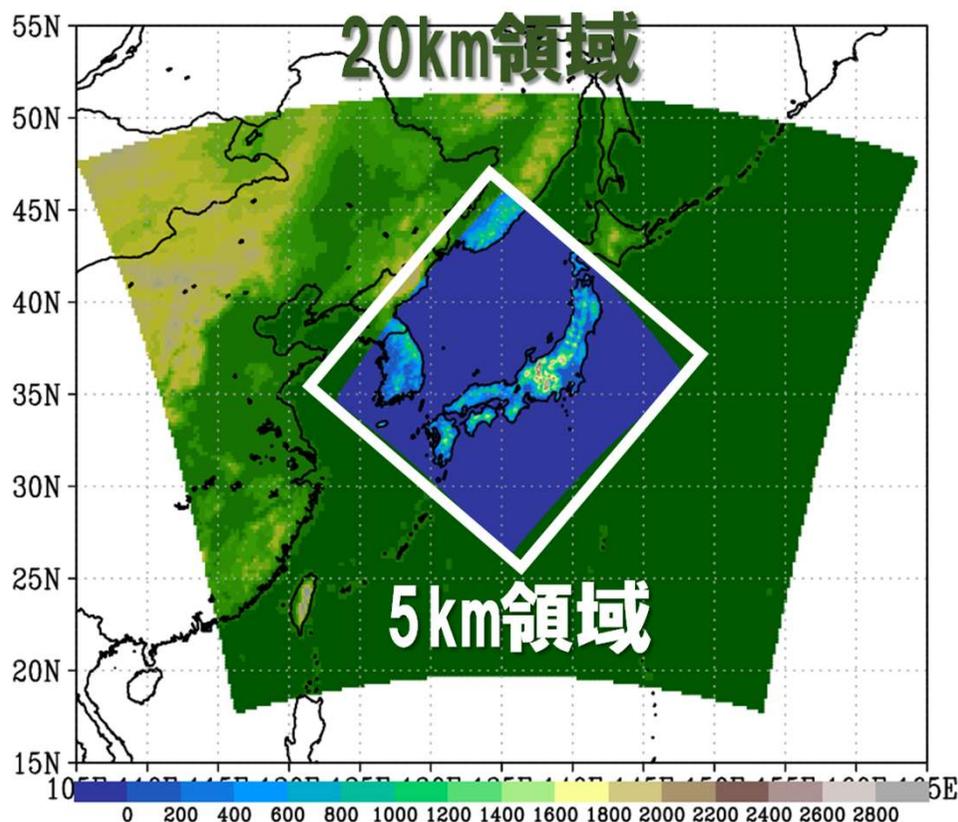
※出典：気象庁, 数値予報モデルの種類, <http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-4.html>

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

# d2PDF (5km,SI-CAT) の特徴

- SI-CATにおいて、d2PDF(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



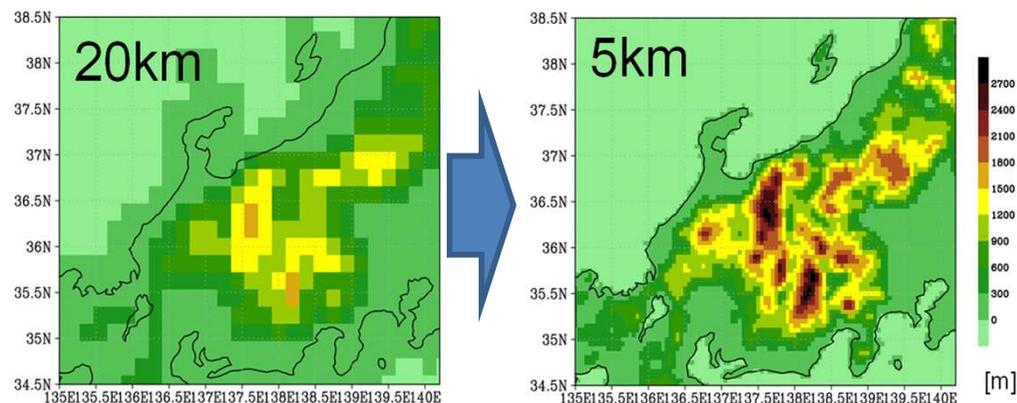
出典: 佐々井崇博(東北大学), 「SI-CATプロジェクトにおける力学DSデータセットの構築」をもとに作成

## ■ 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	d2PDF20kmRCM
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



# d2PDF (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

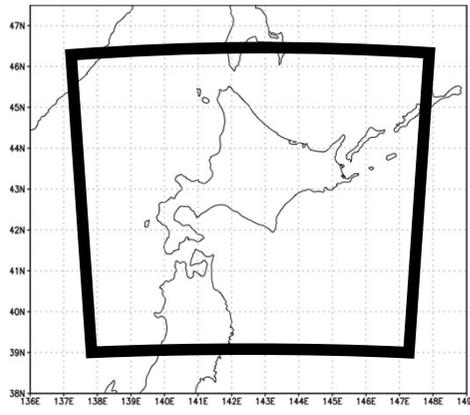
気象研究所非静力学地域気候モデル  
(Nonhydrostatic Regional Climate Model (NHRCM))

水平解像度 : 5x5km

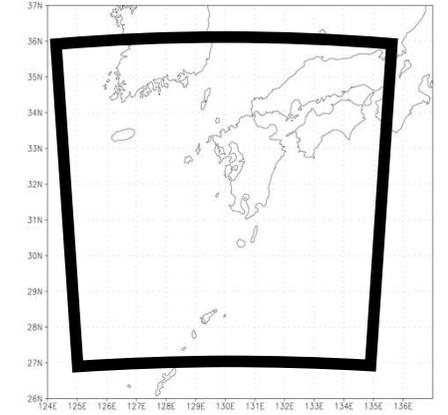
## 計算領域

- 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

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)

# d2PDFの計算条件（海面水温モデルと摂動）

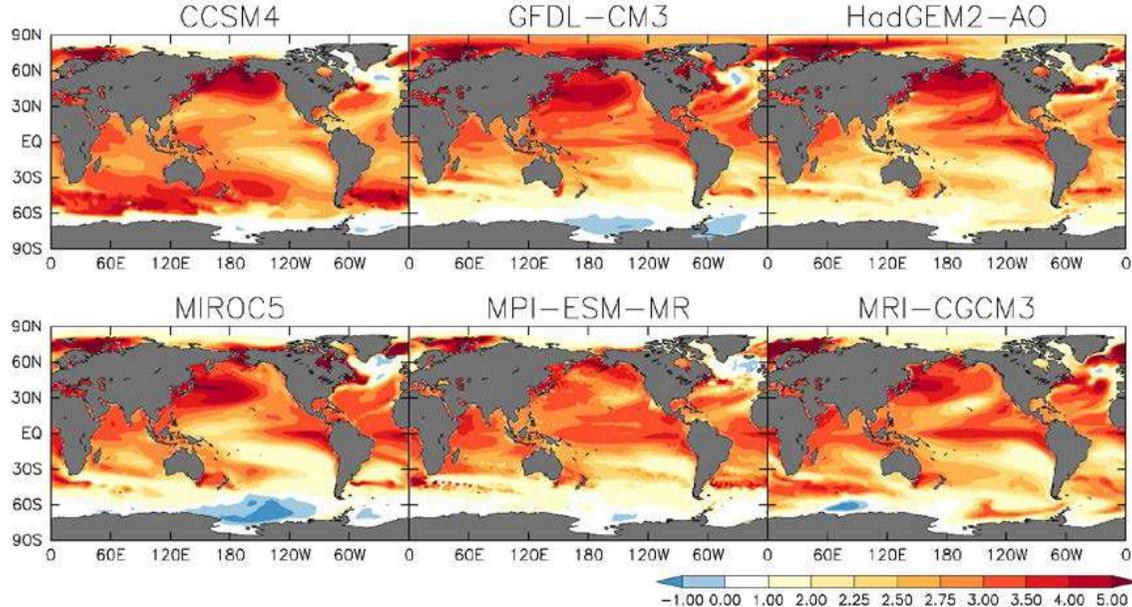
- 過去実験では、観測されたSST(海面水温) データに50の摂動を与えることにより、アンサンブルメンバを作成。
- 将来実験では、6つのSST（海面水温）メンバ及び9の摂動によりアンサンブルメンバを作成。

◆ 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9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>

# NHRCMの特徴と降雨量変化倍率の算出手法

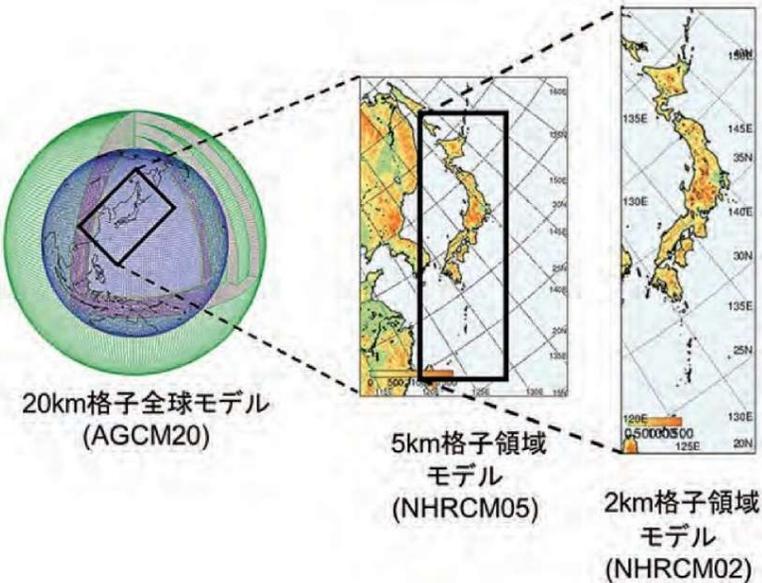
- 気象庁気象研究所が開発した非静力学地域気候モデル (NonHydrostatic Regional Climate Model : NHRCM) を用いた将来予測結果を検討に使用した。
- 水平解像度2kmのNHRCM02を用いて検討を行った。

## 【NHRCMの特徴】

- 全球モデル実験と、日本域をカバーする領域モデル実験で構成
- 領域モデル実験は、全球モデル実験の結果を用いて、5km (NHRCM05)、2km (NHRCM02) にダウンスケーリング
- 解像度が細かく、短時間降雨や局所的な強雨の表現が可能
- 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ンピーモデルを適用している。

## 【解析条件】

- 解像度 : 2kmメッシュ (NHRCM02)
- シナリオ : RCP2.6
- 降雨継続時間 : 1, 2, 3, 6, 12, 24時間
- 雨域面積 : 4, 16, 36, 64, 100km<sup>2</sup>
- 対象地区 : 沖縄を含む下記「切り出し範囲」
- 現在気候 : 60パターン (20年間×3摂動)
- 将来気候 : 80パターン (20年間×4SST)



(NHRCM05の例) ※NHRCM02も概ね同様の範囲で切り出し

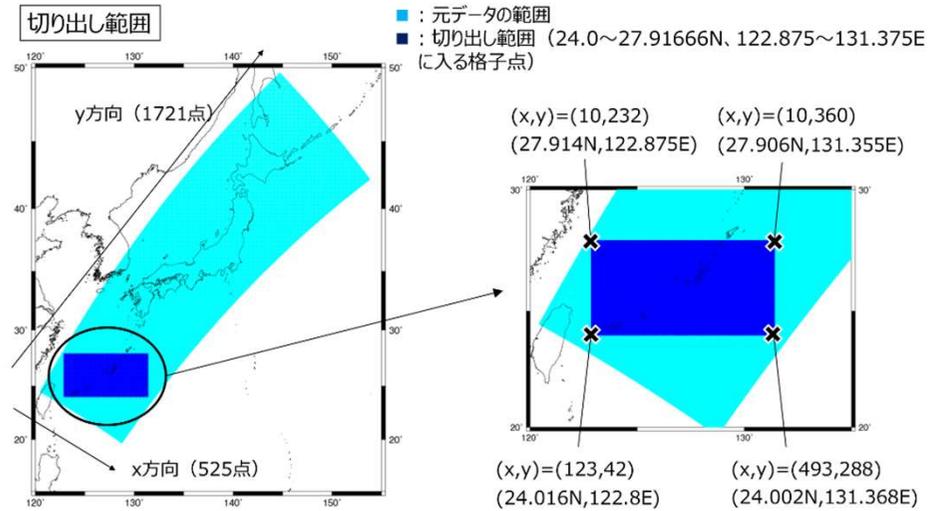
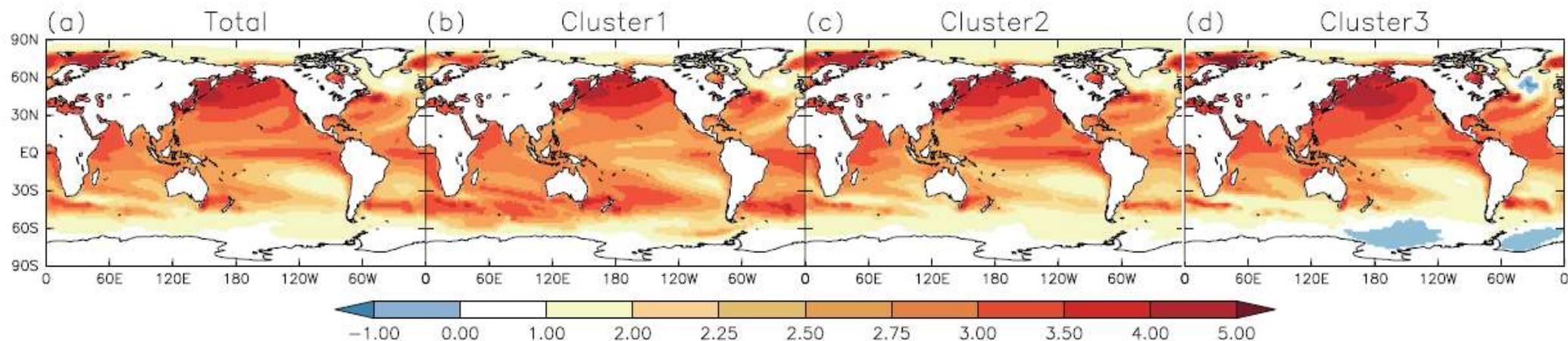


図 MRI-AGCM3.2SとNHRCM05、NHRCM02を用いた  
 全球-領域気候温暖化予測システム  
 出典：「研究成果の詳細報告 H29」(気象業務支援センター)

# NHRCM02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。
- 4パターンのSSTを用いて検討を行った。

## 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。  
d2PDFで使用したSSTのうちCCモデルを含む。
- (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。  
d2PDFで使用したSSTのうちHA、MR、MPの3モデルを含む。
- (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。  
d2PDFで使用したSSTのうちGF、MIの2モデルを含む。

# 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。

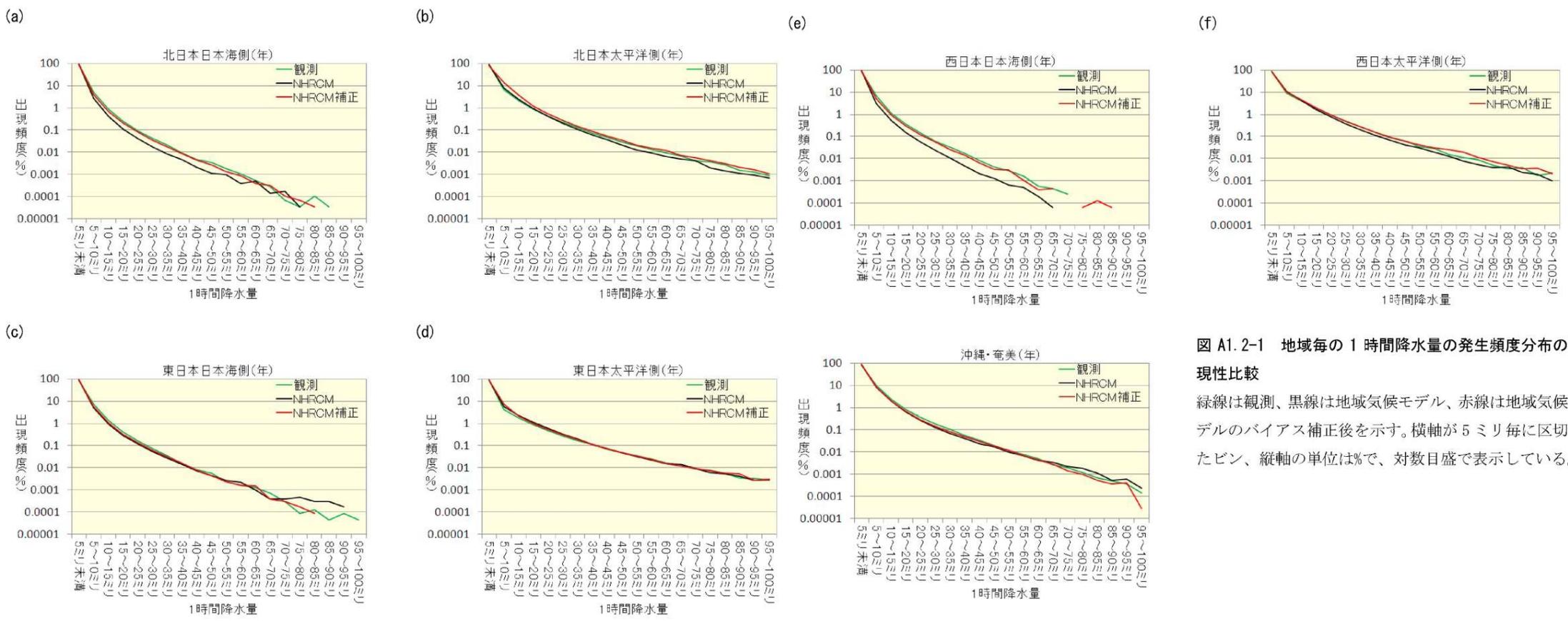


図 A1.2-1 地域毎の1時間降水量の発生頻度分布の再現性比較  
 緑線は観測、黒線は地域気候モデル、赤線は地域気候モデルのバイアス補正後を示す。横軸が5ミリ毎に区切ったビン、縦軸の単位は%で、対数目盛で表示している。

# 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)	-1.04(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)

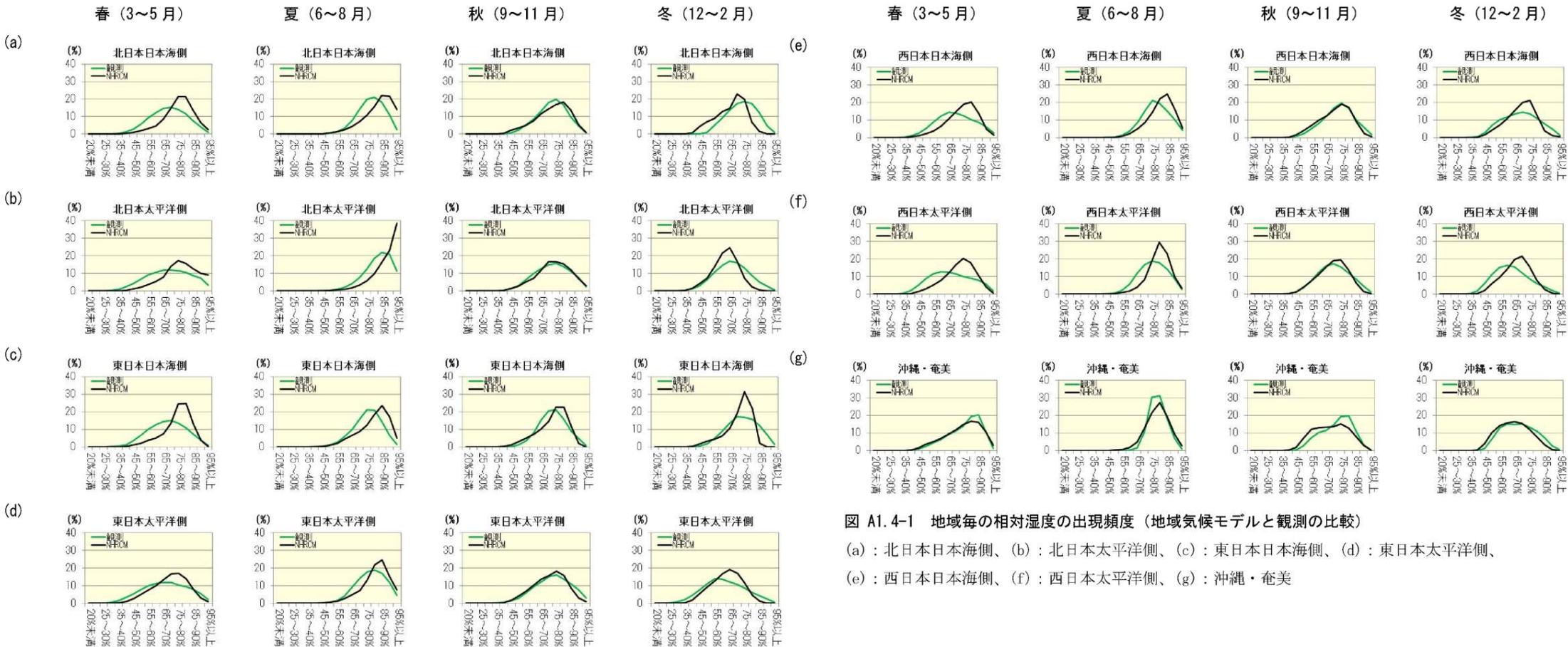


図 A1.4-1 地域毎の相対湿度の出現頻度（地域気候モデルと観測の比較）

- (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。

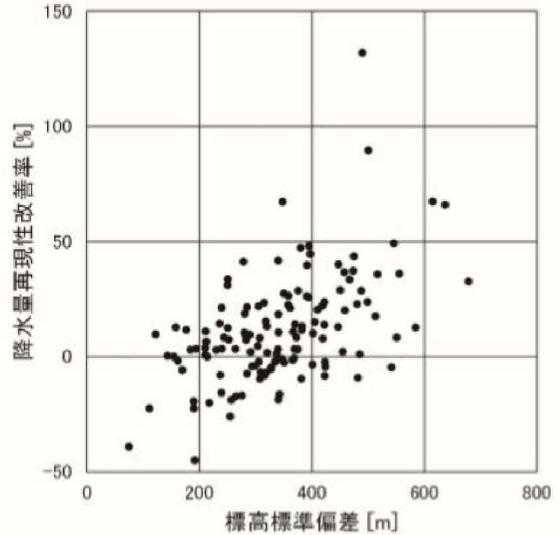
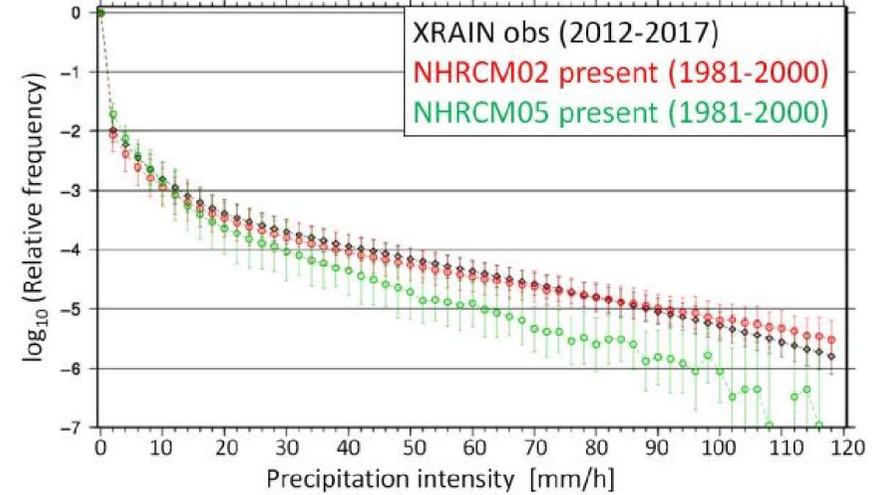


図3-10：各アメダス観測点における、領域2km実験の標高の空間標準偏差と年降水量の再現性の改善率との関係。モデル標高の標準偏差はアメダス観測点を中心とする40km四方の領域において計算した。降水量再現の改善率は、年降水量バイアスの絶対値のモデル間の差（領域5km実験－領域2km実験）を観測値で規格化したもので定義している。地形性の降水を対象とするため、実際の標高が500m以上の地点におけるデータのみを使用した。

・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

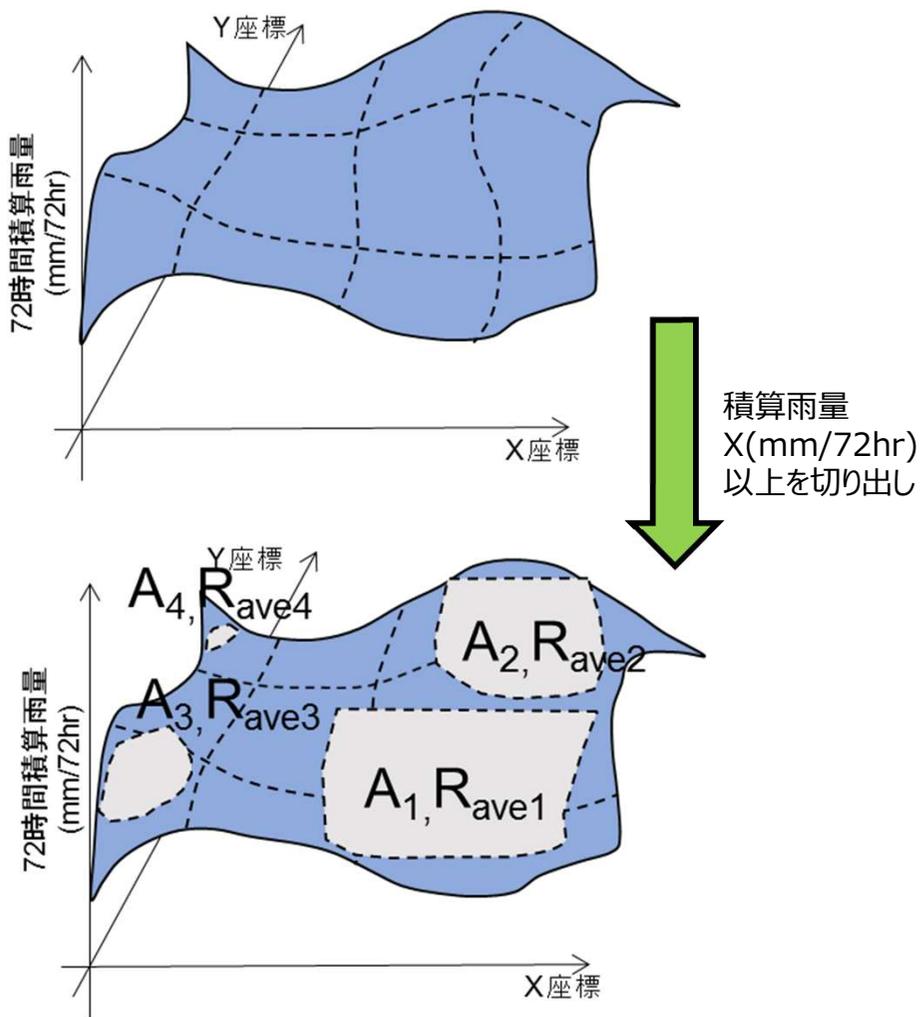
## 想定最大規模降雨に関する地域区分



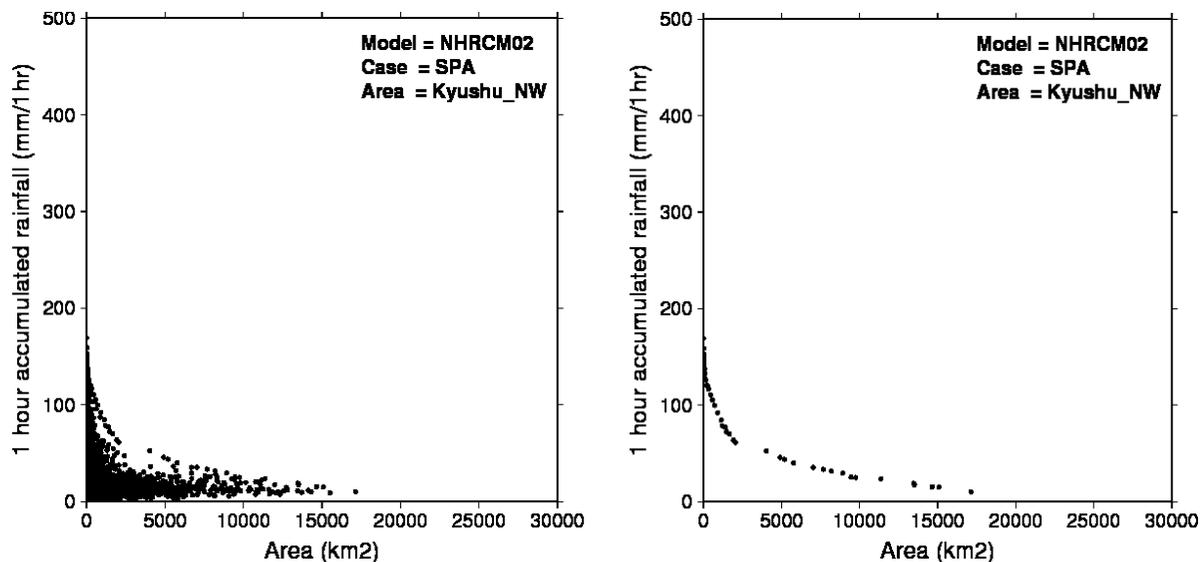
# DAD解析の概要

- 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。

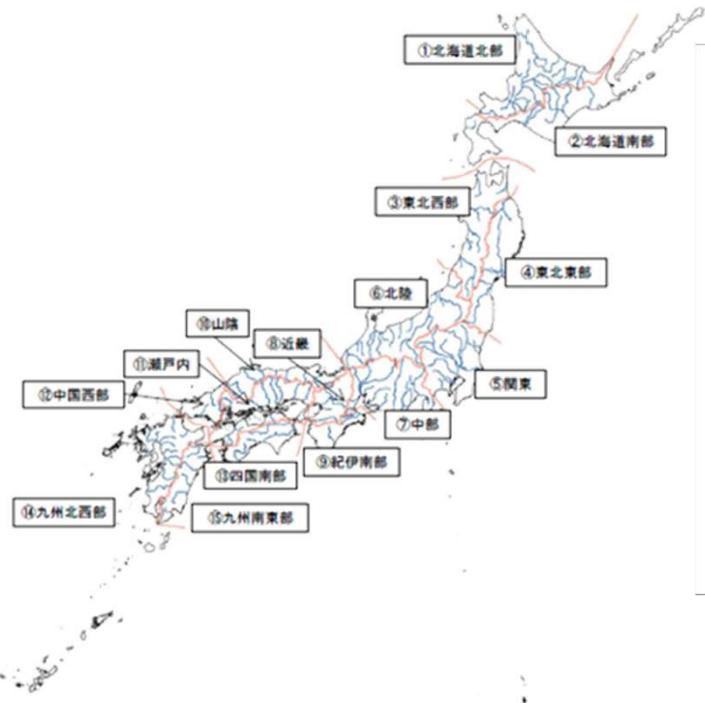
# d2PDFによる降雨量の変化倍率の計算方法

- 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3240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

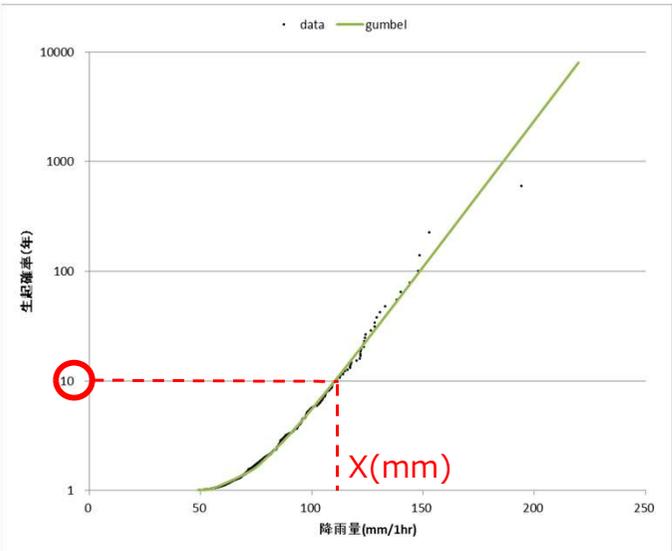
＜想定最大規模降雨に関する地域区分＞



## ②降雨量の変化倍率の算出

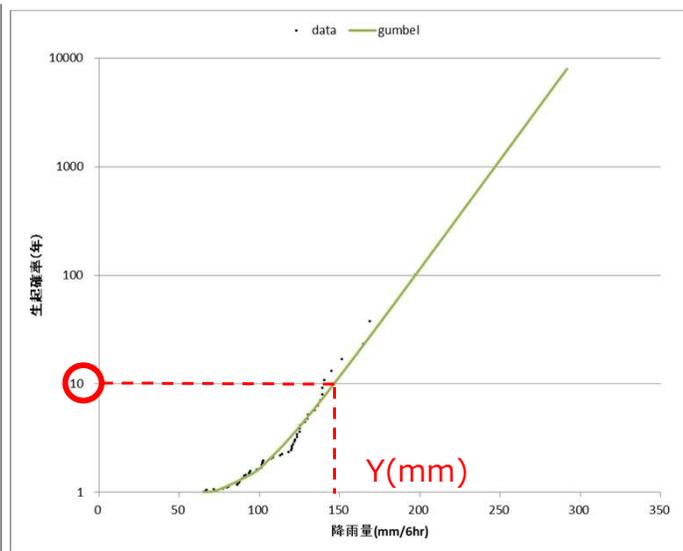
①で計算した年最大雨量を、Gumbel分布の確率密度関数を当てはめることで、5、10年確率雨量を現在気候及び将来気候について算出し、降雨量変化倍率を算出した。（下図の場合：降雨量変化倍率=Y/X）

＜現在気候＞



現在気候の10年確率規模の降雨量

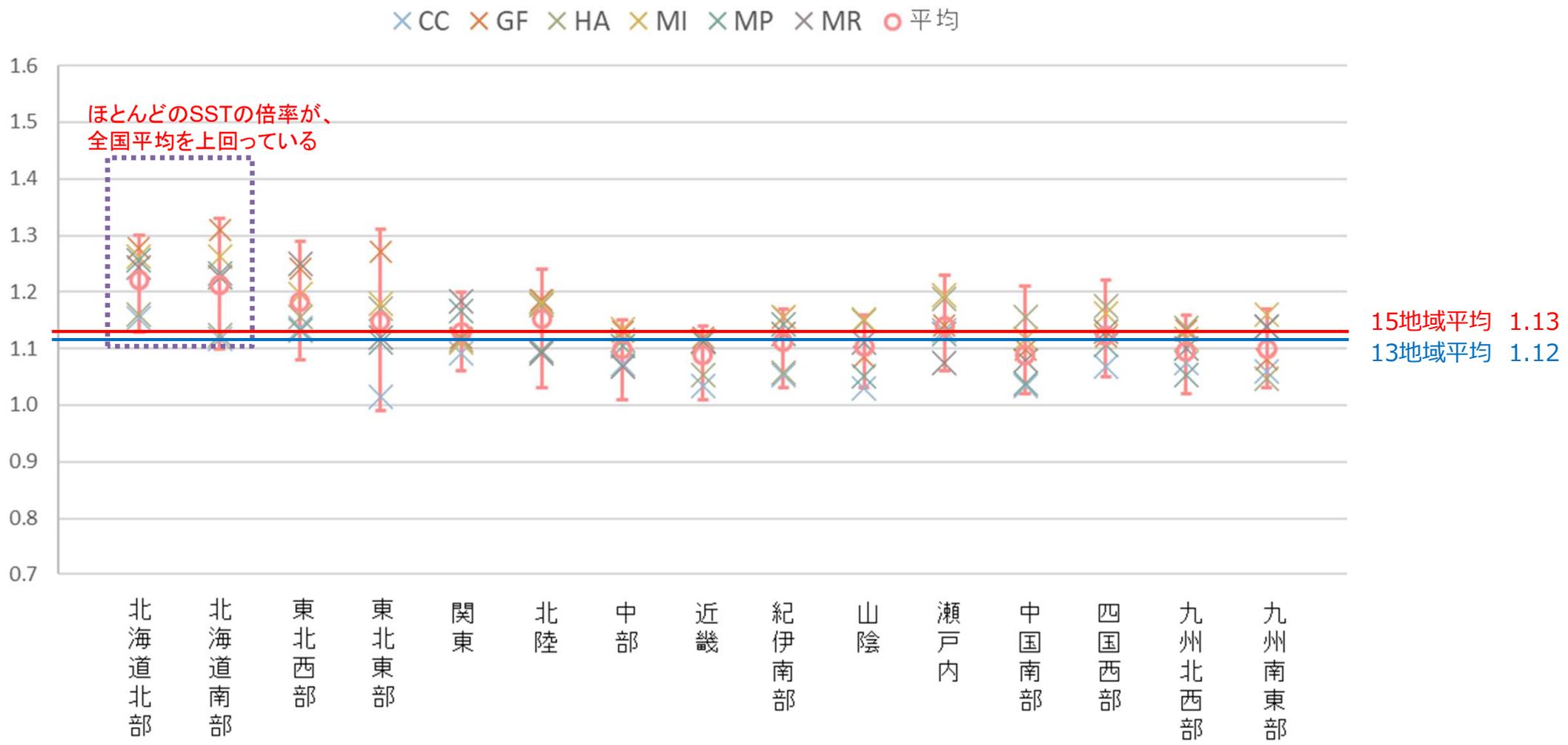
＜将来気候＞



将来気候の10年確率規模の降雨量

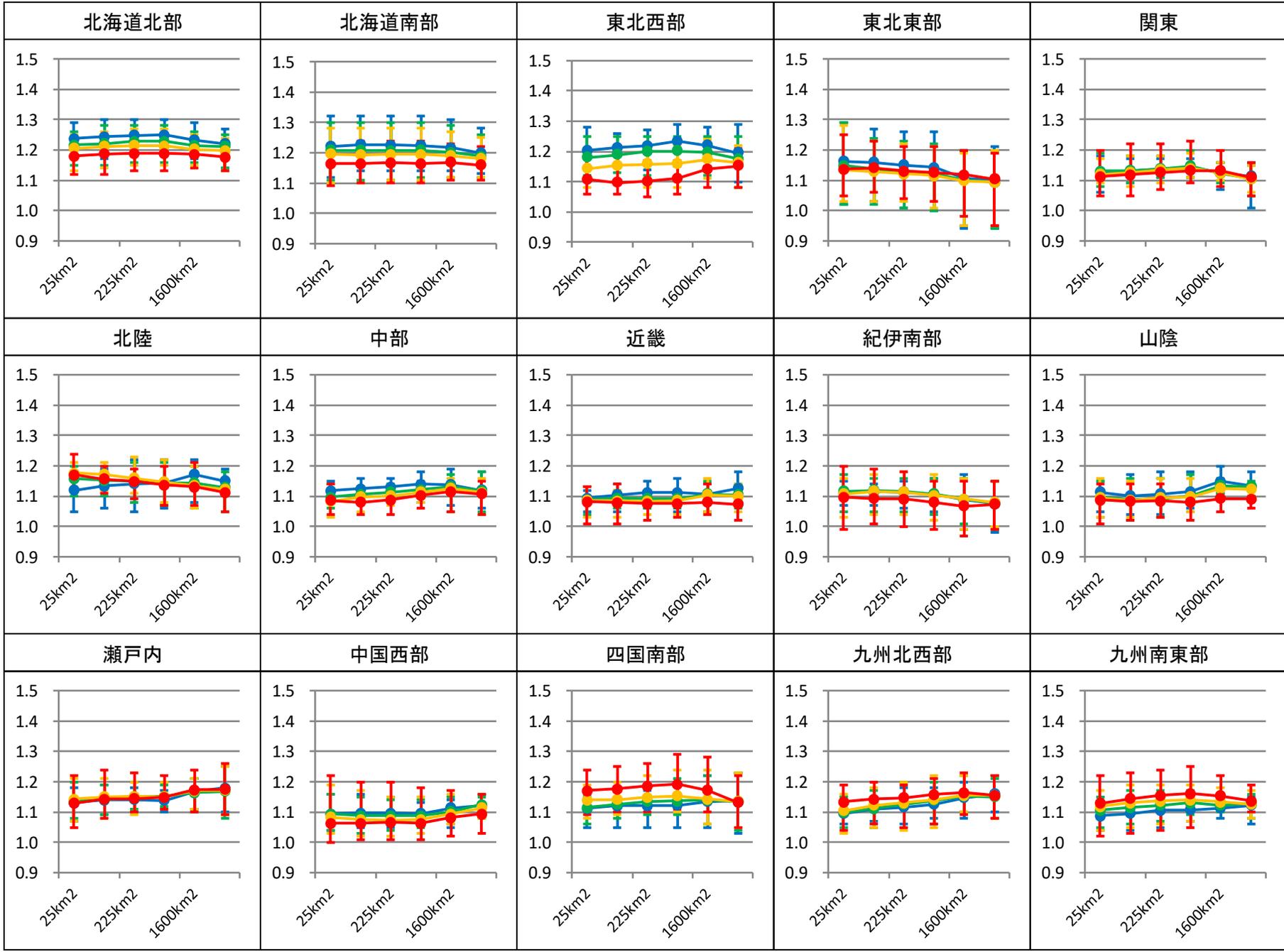
# d2PDFの分析結果（地域別、SSTごとの降雨量変化倍率）

Od2PDF(5km) (2℃上昇) の年超過確率1/5,1/10降雨量をもとに、地域区分ごとの降雨量変化倍率を算出。  
 ○海面水温（6パターン）ごとに、降雨継続時間（1,2,3時間）×雨域面積（25,100km<sup>2</sup>）の倍率の平均値を整理。  
 ○北海道北部・北海道南部はd2PDF（5km,Yamada）、その他地域はd2PDF（5km,SI-CAT）をもとに算出。



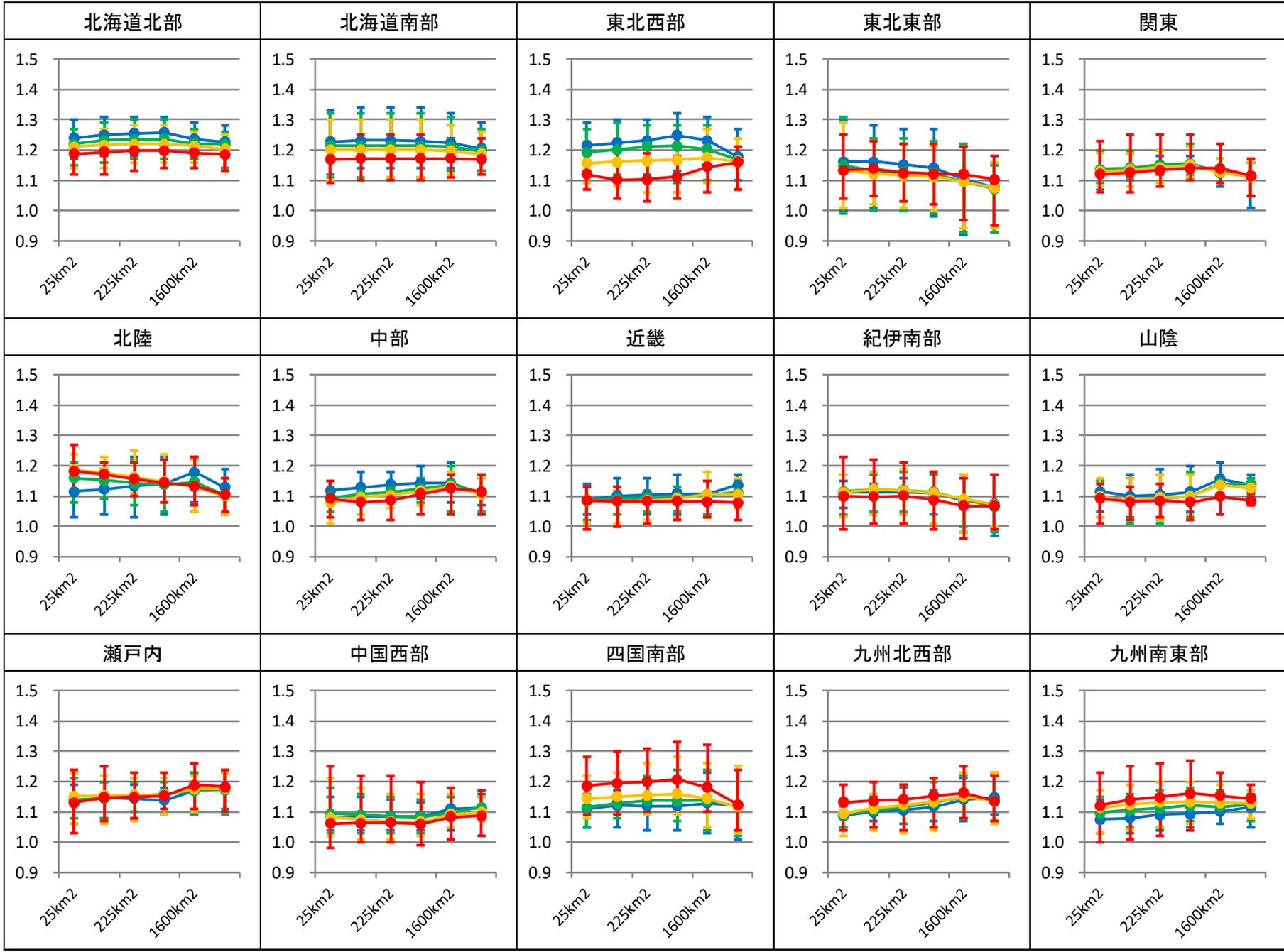
# 雨域面積と変化倍率の関係 (d2PDF・5年確率)

○雨域面積 (25, 100, 225, 400, 1600, 3600km<sup>2</sup>) の変化倍率



# 雨域面積と変化倍率の関係 (d2PDF・10年確率)

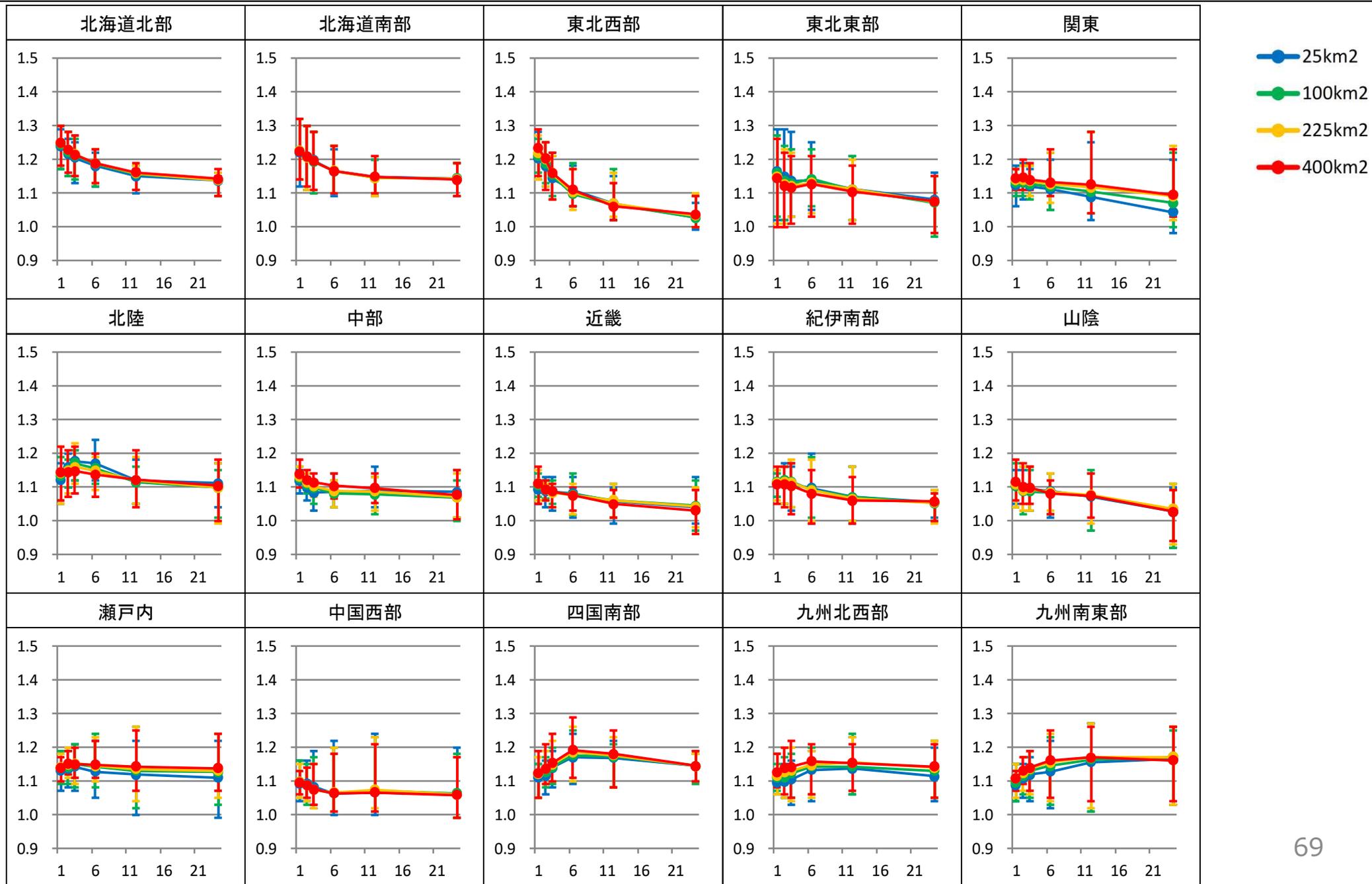
○雨域面積 (25, 100, 225, 400, 1600, 3600km<sup>2</sup>) の変化倍率



- 1時間
- 2時間
- 3時間
- 6時間

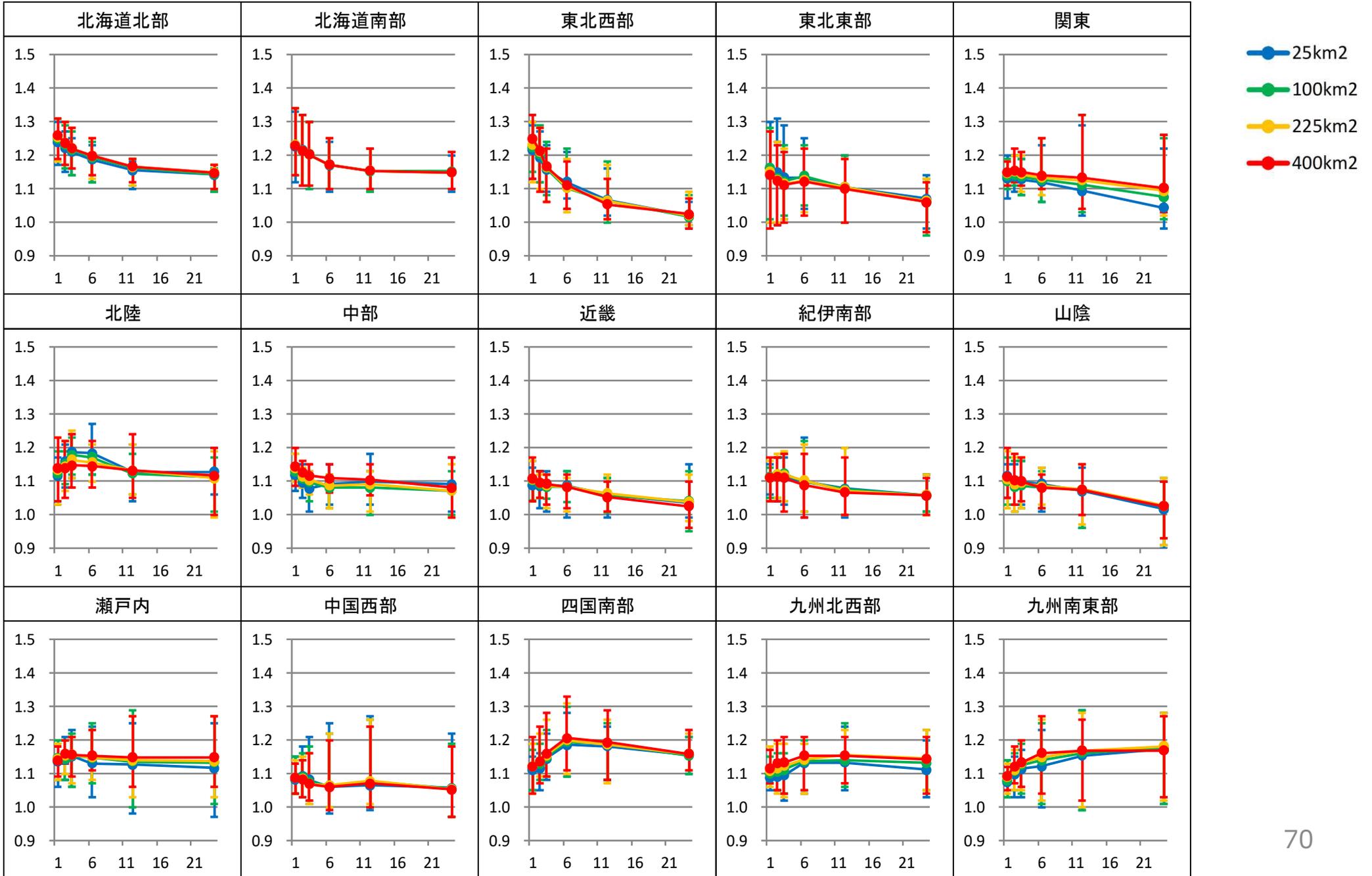
# 降雨継続時間と変化倍率の関係 (d2PDF・5年確率)

○降雨継続時間 (1, 2, 3, 6, 12, 24hr) の変化倍率



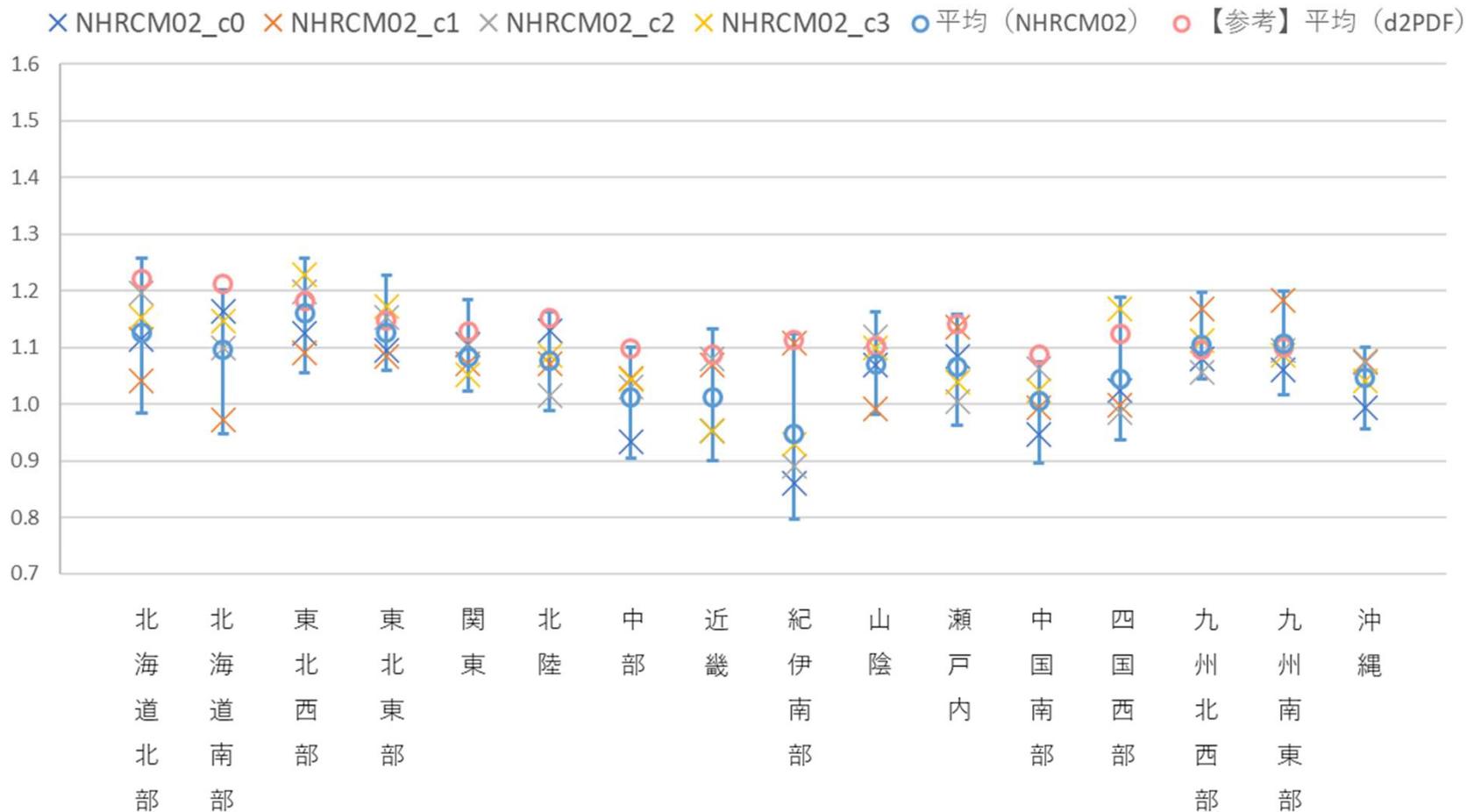
# 降雨継続時間と変化倍率の関係 (d2PDF・10年確率)

○降雨継続時間 (1, 2, 3, 6, 12, 24hr) の変化倍率



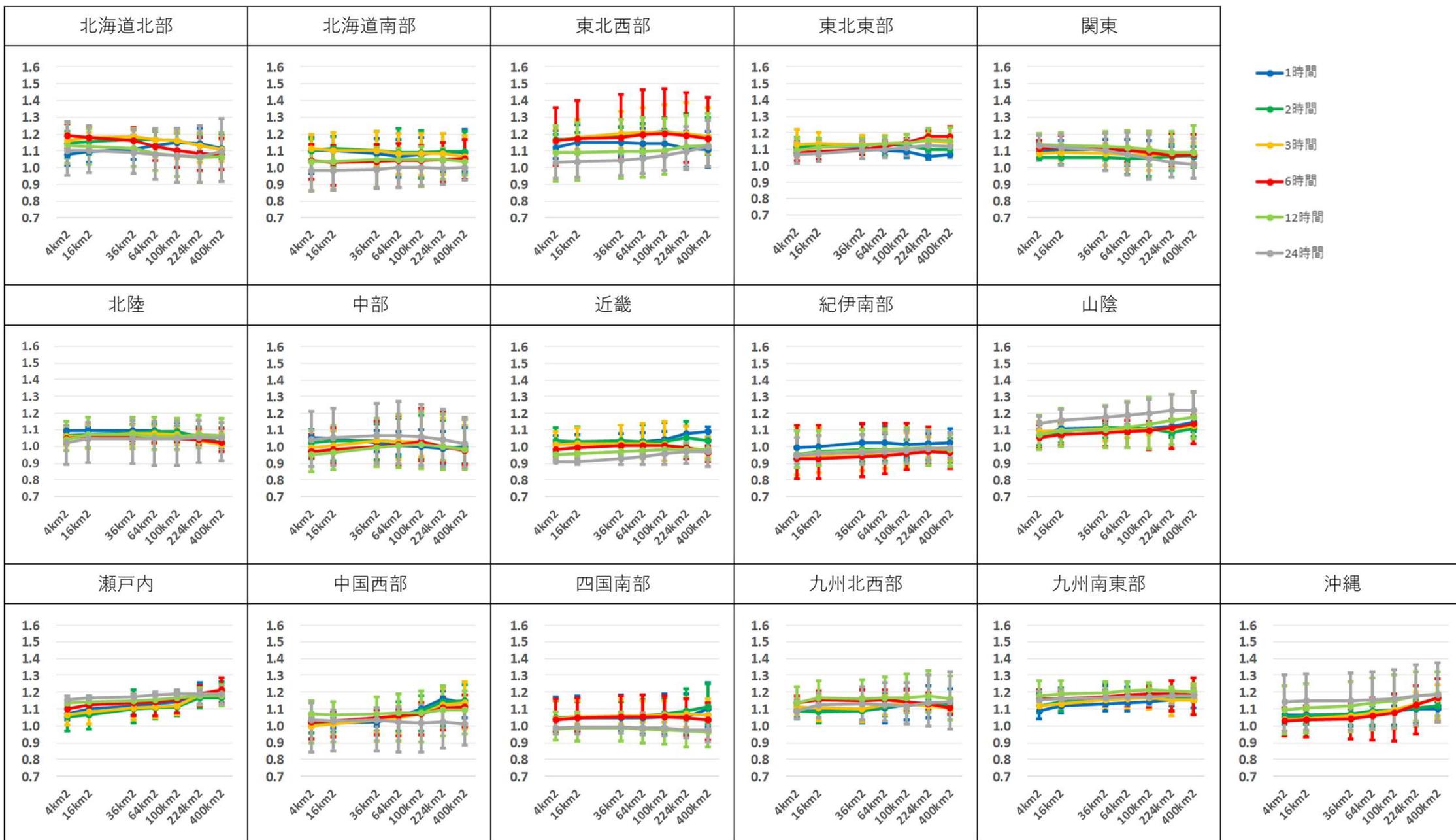
# NHRCM02の分析結果（地域別、SSTごとの降雨量変化倍率）

- NHRCM02（RCP2.6）により地域別の降雨量変化倍率を算出。
- 海面水温（4パターン）ごとに、降雨継続時間（1,2,3時間）×雨域面積（4km<sup>2</sup>）の倍率の平均値を整理。
- NHRCM02による、沖縄の降雨量変化倍率はその他の地域と同程度の値になった。
- NHRCM02による地域区分毎の降雨量変化倍率は、d2PDFと概ね同程度の結果となっているものの、北海道北部・南部は、d2PDFの結果と異なり、他地域と同程度の倍率となった。
- NHRCM02のアンサンブル数（将来気候：80パターン）がd2PDF（将来気候：360パターン）と比較して少ないことから、地域間のばらつきが大きいものと考えられる。



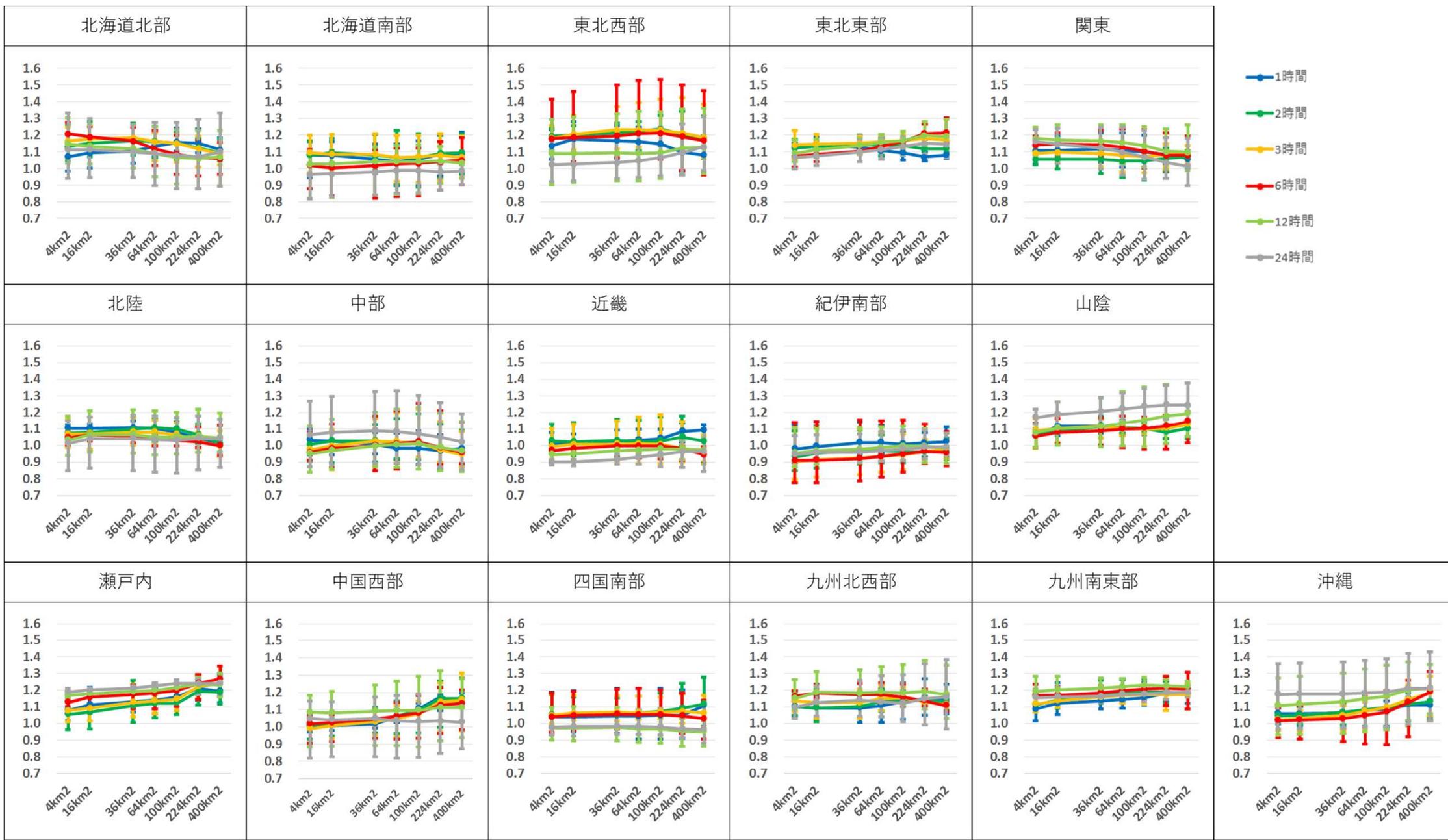
# 雨域面積と変化倍率の関係 (NHRCM02 RCP2.6・5年確率)

○雨域面積 (4,16,36,64,100,224,400km<sup>2</sup>) の変化倍率



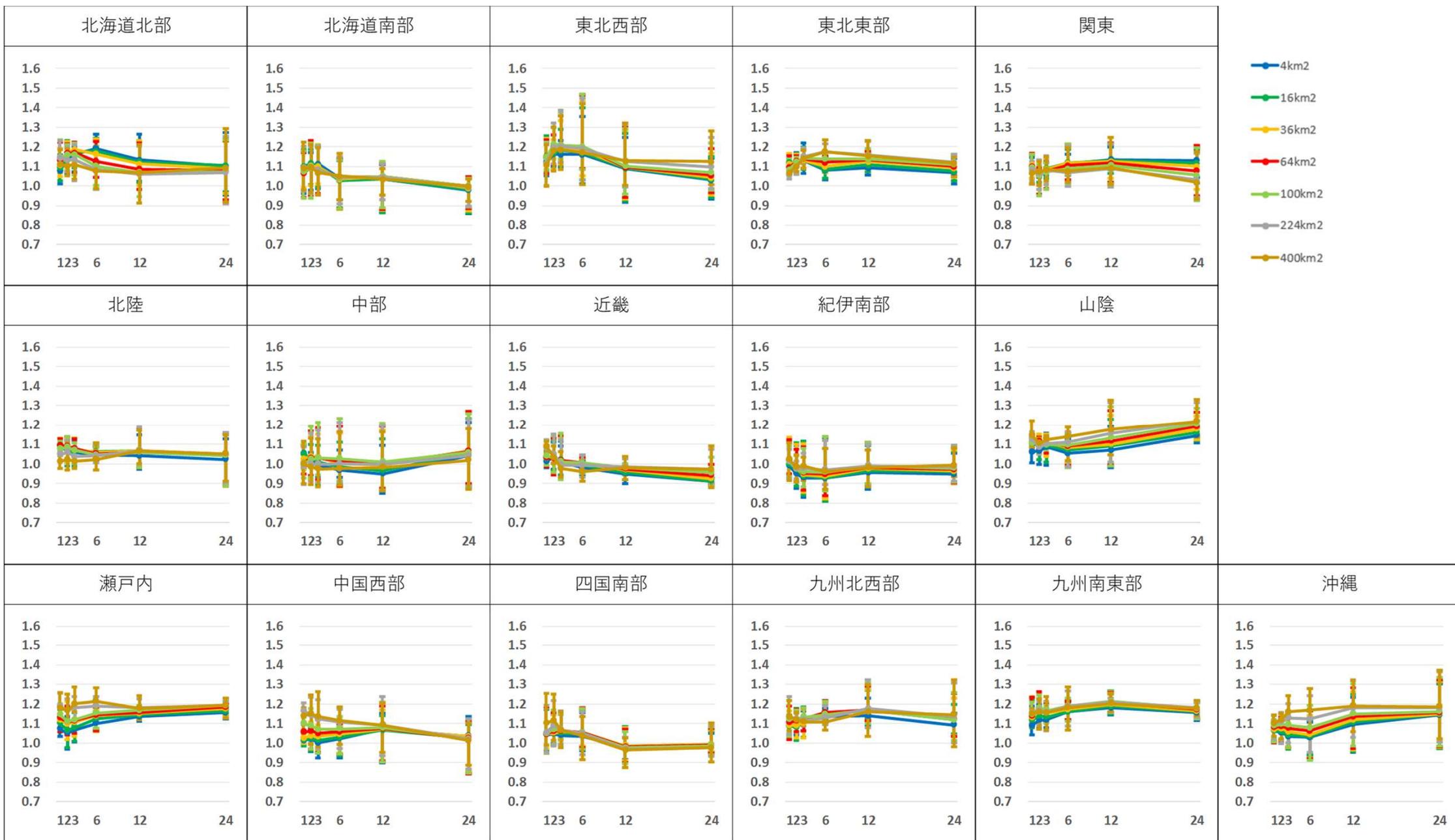
# 雨域面積と変化倍率の関係 (NHRCM02 RCP2.6・10年確率)

○雨域面積 (4,16,36,64,100,224,400km<sup>2</sup>) の変化倍率



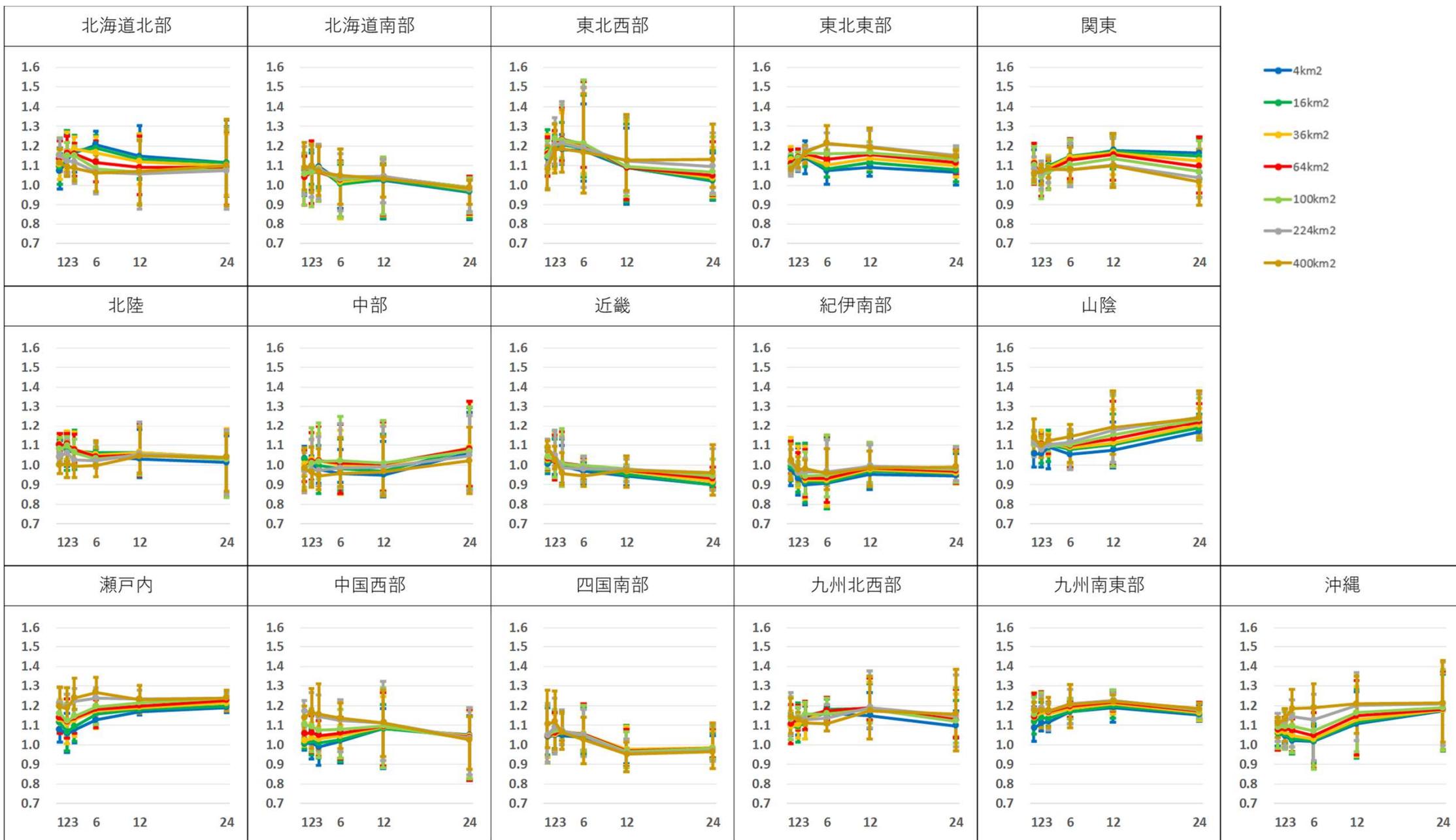
# 降雨継続時間と変化倍率の関係 (NHRCM02 RCP2.6・5年確率)

○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 (NHRCM02 RCP2.6・10年確率)

○降雨継続時間 (1,2,3,6,12,24hr) の変化倍率



## 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

# 地域区分ごとの降雨量変化倍率の設定

地域区分	令和2年6月提言 (2°C上昇換算値)			d2PDF (25・100km <sup>2</sup> , 1・2・3hr)			NHRCM02 RCP2.6 (4km <sup>2</sup> , 1・2・3hr)			今回 提案値	考え方
	平均値	6SST	【暫定値】	平均値	中央値	6SST	平均値	中央値	4SST		
北海道北部	1.19	1.15～1.26	1.15	1.22	1.25	1.13～1.30	1.13	1.14	0.98～1.26	1.15	<ul style="list-style-type: none"> <li>全国平均値1.13と比較すると、d2PDFの計算結果は高い傾向にある。また、6SSTの幅も他地域と比べて高い傾向にある。</li> <li>これは、北海道地域は気温が低く、気候変動による気温上昇が大きいことから、飽和水蒸気量の増加率が高くなることが寄与していると考えられる。</li> <li>d2PDFの計算結果が他地域より高い傾向にあるが、NHRCM02の計算結果は他地域と同程度の倍率であることに鑑み、1.15倍とする。</li> <li>2地域を除いた全国平均値1.12と比較すると、計算結果はやや高い傾向を示しているが、6SSTの幅には収まっていることから、1.10倍とする。</li> </ul>
北海道南部	1.27	1.20～1.37	1.15	1.21	1.23	1.10～1.33	1.10	1.12	0.95～1.20	1.15	
東北西部	1.15	1.08～1.22	1.10	1.18	1.18	1.08～1.29	1.16	1.17	1.05～1.26	1.10	
東北東部	1.16	1.12～1.23	1.10	1.15	1.14	0.99～1.31	1.13	1.12	1.06～1.23	1.10	
関東	1.13	1.07～1.18	1.10	1.13	1.12	1.06～1.20	1.08	1.08	1.02～1.18	1.10	
北陸	1.12	1.09～1.15	1.10	1.15	1.16	1.03～1.24	1.08	1.08	0.99～1.16	1.10	

# 地域区分ごとの降雨量変化倍率の設定

地域区分	令和2年6月提言 (2°C上昇換算値)			d2PDF (25・100km2, 1・2・3hr)			NHRCM02 RCP2.6 (4km2, 1・2・3hr)			今回 提案値	考え方
	平均値	6SST	【暫定値】	平均値	中央値	6SST	平均値	中央値	4SST		
中部	1.13	1.09～1.22	1.10	1.10	1.11	1.01～1.15	1.01	1.03	0.90～1.10	1.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>2地域を除いた全国平均値1.12と比較すると、計算結果はやや低い傾向を示しているが、6SSTの幅には収まっていることから、1.10倍とする。</li> <li>2地域を除いた全国平均値1.12と比較すると、計算結果はやや高い傾向を示しているが、6SSTの幅には収まっていることから、1.10倍とする。</li> <li>2地域を除いた全国平均値1.12と比較すると、計算結果はやや低い傾向を示しているが、6SSTの幅には収まっていることから、1.10倍とする。</li> <li>2地域を除いた全国平均値1.12と比較すると、計算結果はやや高い傾向を示しているが、6SSTの幅には収まっていることから、1.10倍とする。</li> </ul>
近畿	1.08	1.04～1.16	1.10	1.09	1.10	1.01～1.14	1.01	1.00	0.90～1.13	1.10	
紀伊南部	1.08	1.04～1.12	1.10	1.11	1.14	1.03～1.17	0.95	0.92	0.80～1.12	1.10	
山陰	1.07	1.04～1.13	1.10	1.10	1.11	1.03～1.16	1.07	1.08	0.98～1.16	1.10	
瀬戸内	1.11	1.03～1.19	1.10	1.14	1.14	1.06～1.23	1.07	1.07	0.96～1.16	1.10	
中国西部	1.08	1.04～1.11	1.10	1.09	1.08	1.02～1.21	1.01	1.00	0.90～1.08	1.10	
四国南部	1.11	1.07～1.16	1.10	1.12	1.13	1.05～1.22	1.04	1.01	0.94～1.19	1.10	

# 地域区分ごとの降雨量変化倍率の設定

地域区分	令和2年6月提言 (2℃上昇換算値)			d2PDF (25・100km2, 1・2・3hr)			NHRCM02 RCP2.6 (4km2, 1・2・3hr)			今回 提案値	考え方
	平均値	6SST	【暫定値】	平均値	中央値	6SST	平均値	中央値	4SST		
九州北西部	1.08	1.05～1.11	1.15	1.10	1.11	1.02～1.16	1.10	1.10	1.04～1.20	1.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>2地域を除いた全国平均値1.12と比較すると、計算結果はやや低い傾向を示しているが、6SSTの幅には収まっていることから、1.10倍と変更する。</li> <li>これは、4℃上昇時に見られた九州北西部付近の海面水温の上昇が大きくなる傾向が2℃上昇時では明確には現れておらず、降雨量変化倍率も他地域並みであったためと考えられる。</li> </ul>
九州南東部	1.06	1.02～1.11	1.10	1.10	1.10	1.03～1.17	1.11	1.09	1.02～1.20	1.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>2地域を除いた全国平均値1.12と比較すると、計算結果はやや低い傾向を示しているが、6SSTの幅には収まっていることから、1.10倍とする。</li> </ul>
沖縄			1.10				1.05	1.06	0.98～1.26	1.10	<ul style="list-style-type: none"> <li>NHRCM02の計算結果により、降雨量変化倍率はその他地域と同程度の値となったため、d2PDFを用いて設定した他地域の値と同じ1.10倍とする。</li> </ul>

d2PDFにおける全国15地域の平均：1.13、北海道を除く13地域の平均：1.12

# 地域区分ごとの降雨量変化倍率の設定

○ 2℃上昇時の降雨量変化倍率は、令和2年6月の提言公表以降の検討を踏まえ以下の通りとする。

・2℃上昇時の降雨量変化倍率は、九州北西部の値を1.10倍に変更する。

地域区分	2℃上昇
北海道北部、北海道南部	1.15
その他14地域（沖縄含む）	1.1

## 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（m<sup>3</sup>/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

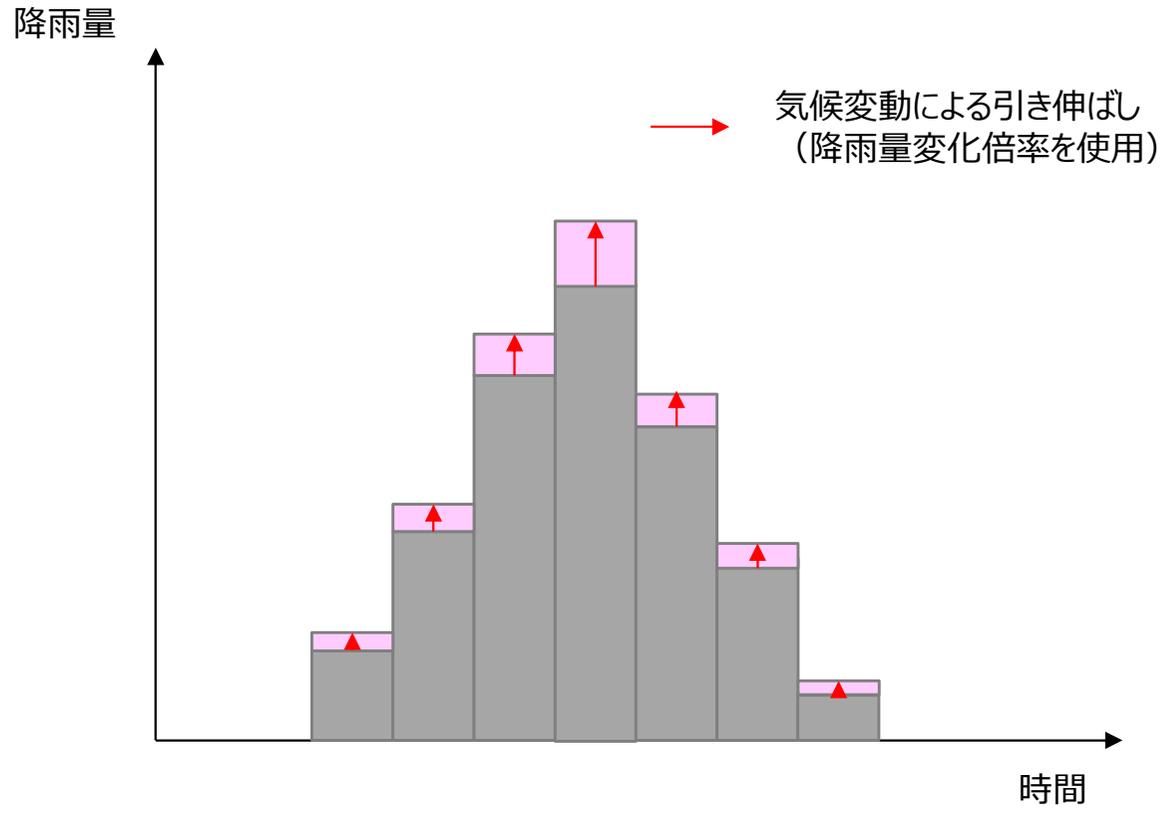


図 降雨強度式に降雨変化倍率を乗じたイメージ図

※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。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

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

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

○ 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。」

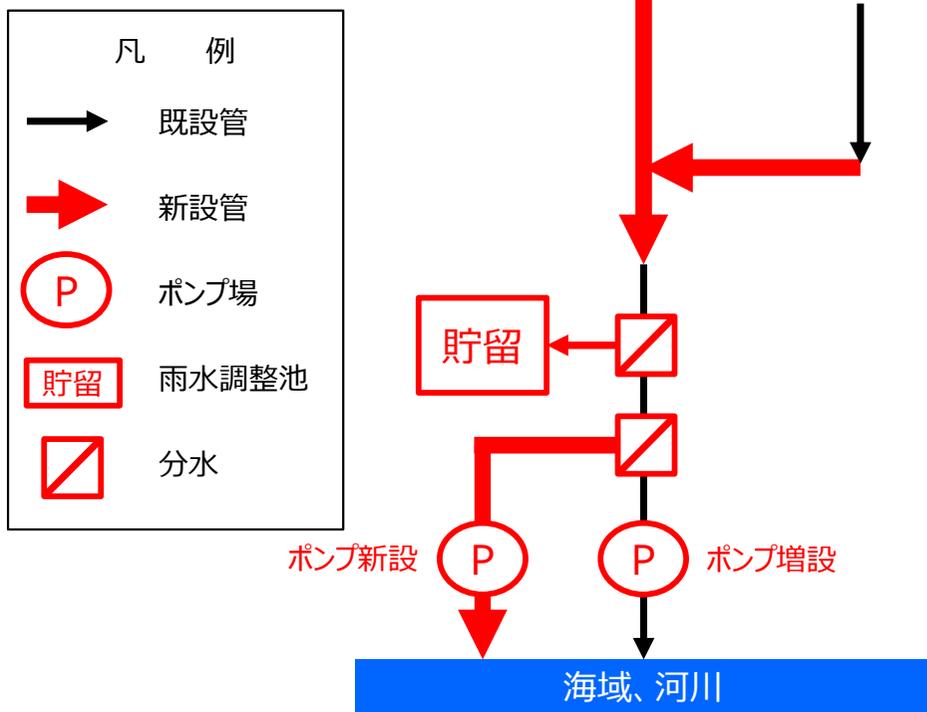
とされている。

○ 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。

# 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

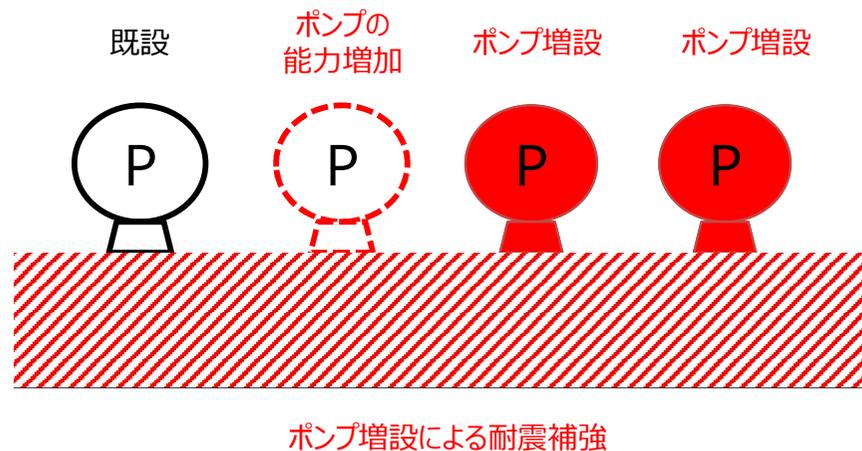
- 一部整備が進んでいる区域において気候変動を踏まえた下水道計画の見直しを反映させた場合は、既存施設を活用しながら新設、貯留・浸透施設等の整備が考えられる



気候変動を反映したことによる管路整備のイメージ図

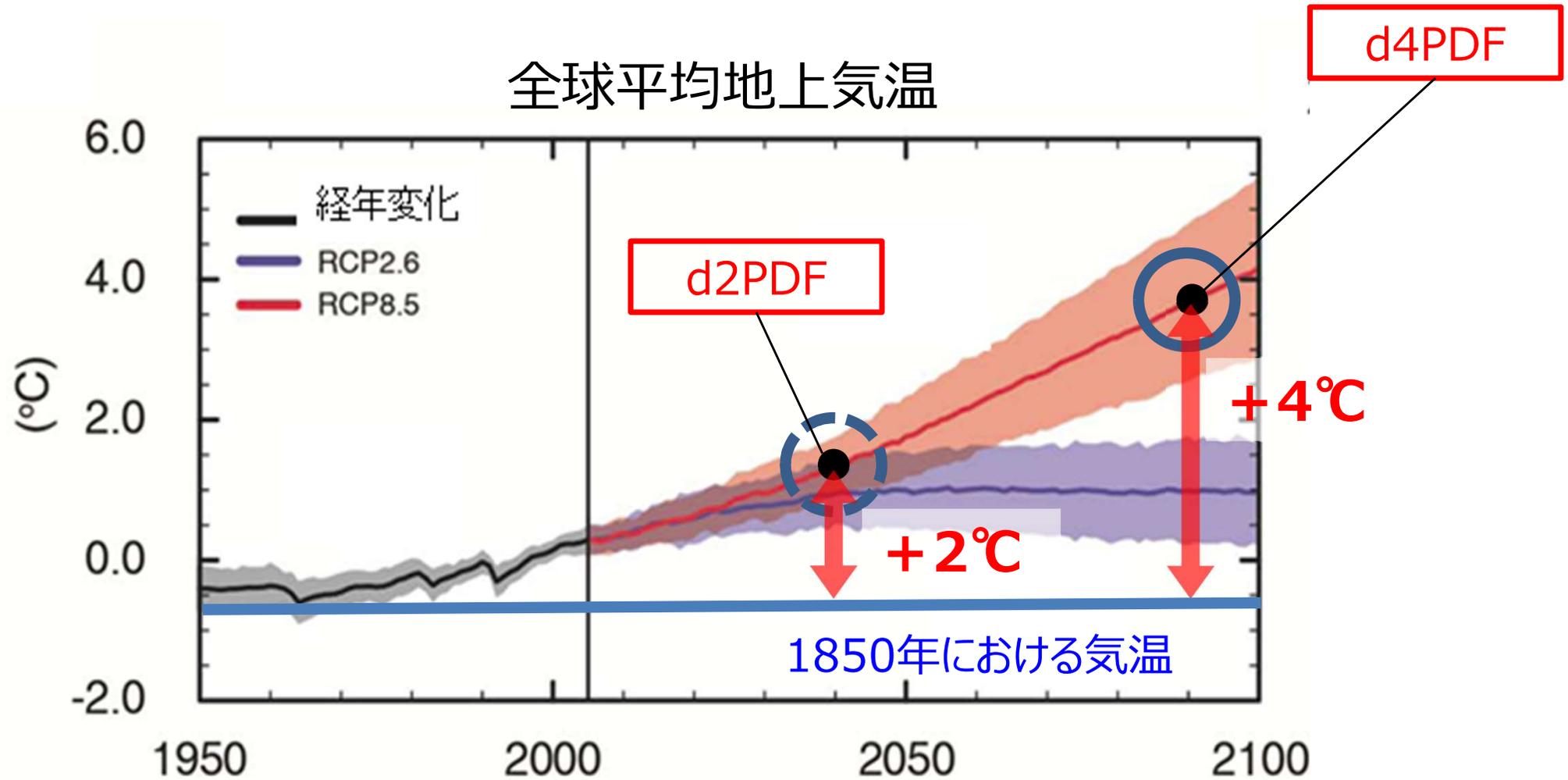
## ◆ポンプ施設の増強等の場合

- 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

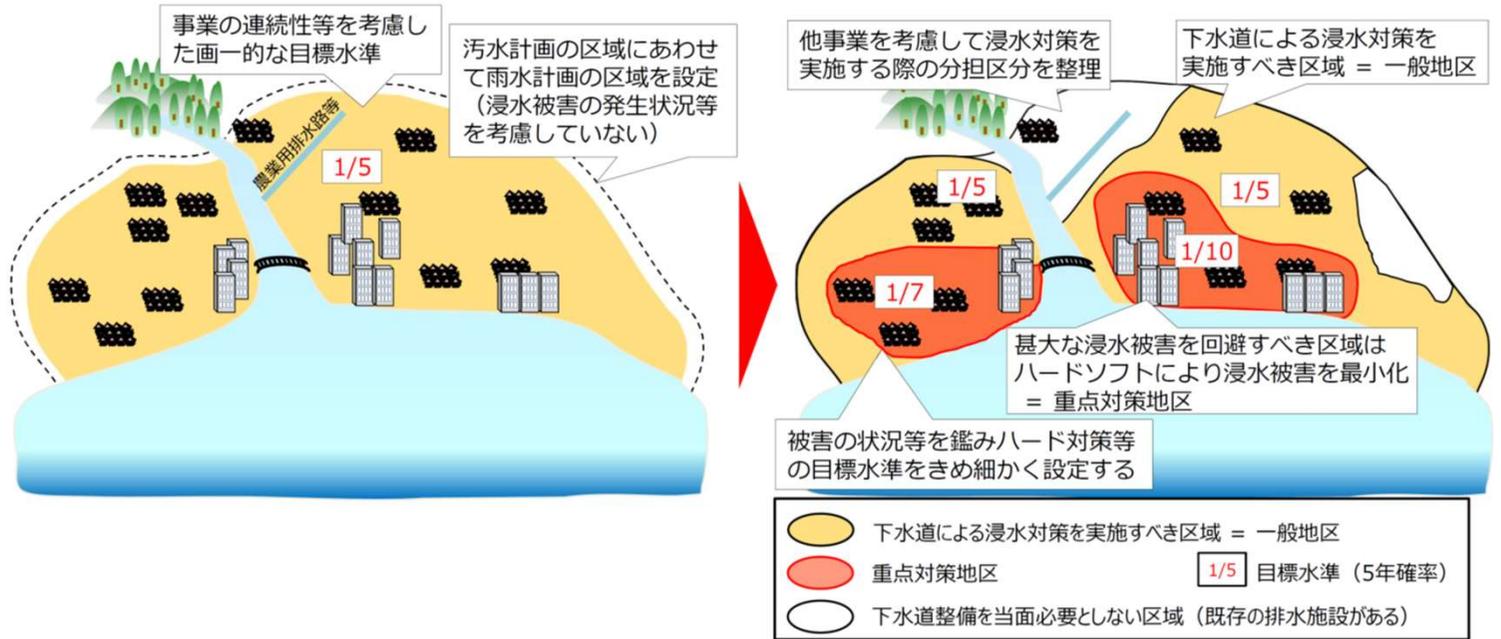


表 雨水管理総合計画における地区の考え方

	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
一般地区	下水道による浸水対策を実施すべき区域のうち、重点対策地区を除く地区

# 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

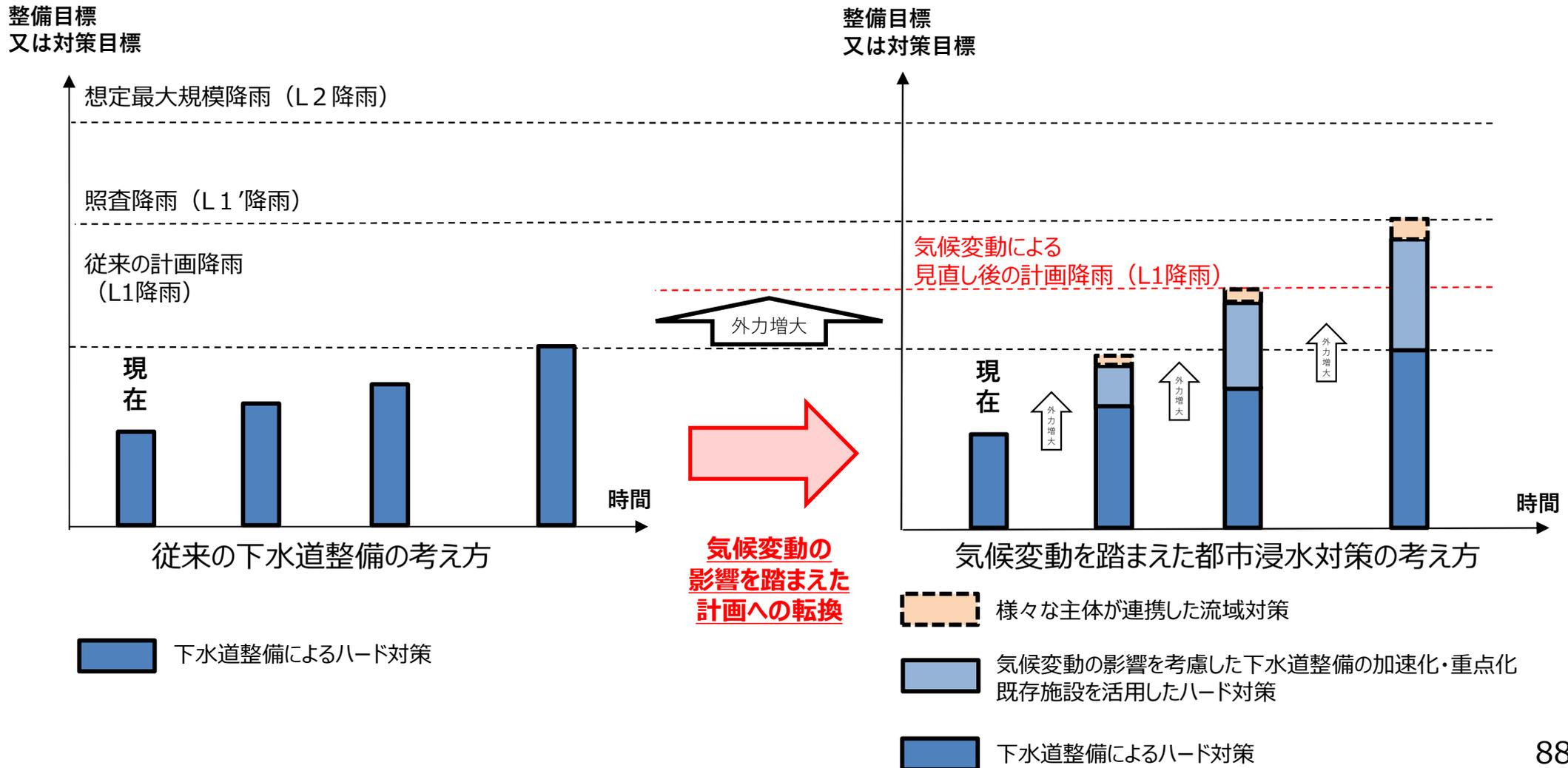
	計画降雨に対する防災対策	照査降雨に対する減災対策	
対象降雨	計画降雨 レベル1降雨：L1降雨	照査降雨 (計画を上回る降雨のうち、減災対策の対象とする降雨)	
		レベル1'降雨：L1'降雨 (計画降雨とL2降雨の間の降雨)	レベル2降雨：L2降雨 (想定最大規模降雨)
目標 (防災・減災)	・防災を目的とした浸水防除 (水位が地表面を超えることを許容しない)	・減災を目的とした浸水軽減 (一定程度の浸水を許容)	・安全な避難の確保
対策	・計画降雨に対するハード対策	・多様な主体との連携による 総合的な対策 ・下水道事業によるソフト対策 ・下水道事業による付加的対策	・ソフト対策

※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。

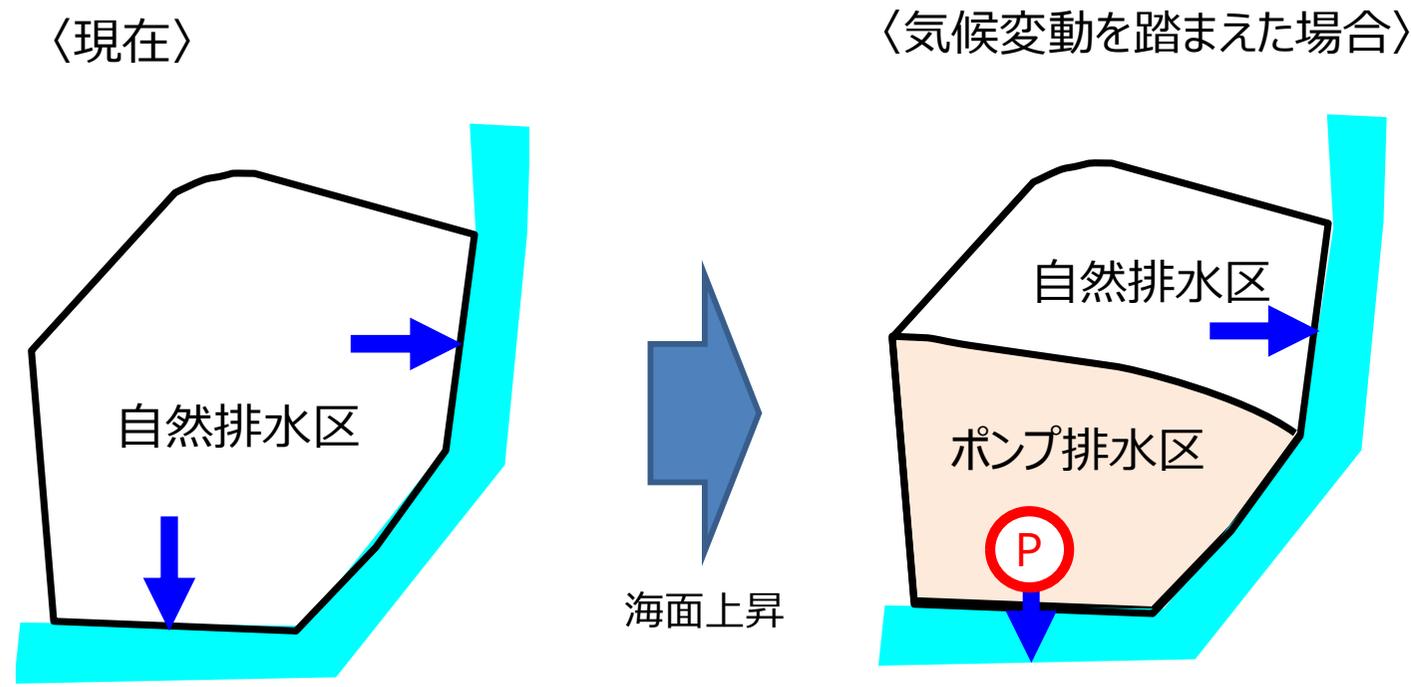


図 海岸の外力増加による下水道計画見直しのイメージ

※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)