

降雨量変化倍率の算出及び適用範囲の検討

降雨量変化倍率の算出及び適用範囲の検討(気候変動予測モデルの計画活用関連)

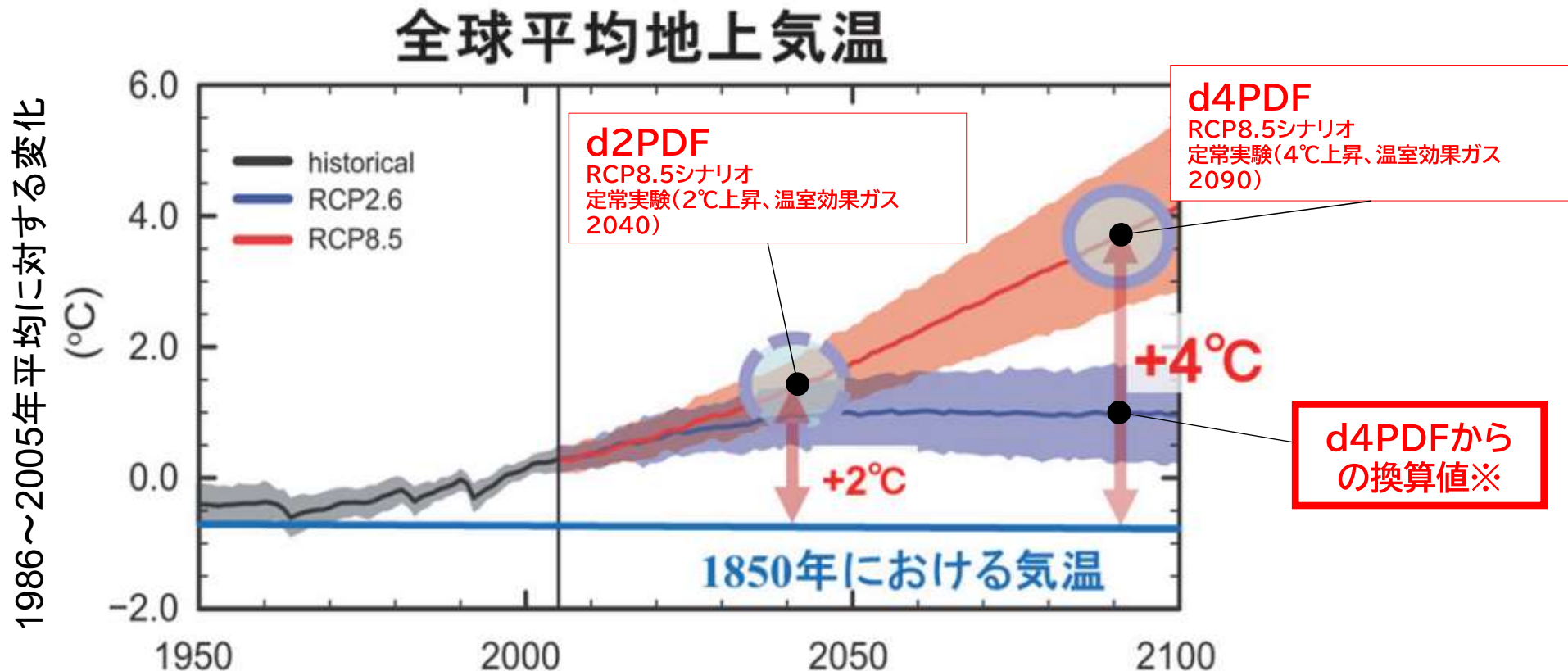
○令和元年10月にとりまとめた提言を充実させるため、5.(3)「気候変動予測モデルを活用した影響分析」における降雨量変化倍率の精査及び適用範囲の再整理を行った。

説明項目	目的	内容
2℃上昇時の降雨量変化倍率についてd2PDFも用いて検討 (令和元年10月提言においては、d4PDFの換算値を2℃上昇相当の暫定値として公表。)	・気候変動後の計画対象降雨の降雨量の計算に使用	①2℃上昇時の降雨量変化倍率
降雨量変化倍率の適用範囲の整理 (島嶼部(沖縄)、短時間・小流域)	・気候変動後の計画対象降雨の降雨量の計算に使用 ・二級水系や支川の小流域などへの適用確認	②島嶼部(沖縄)における降雨量変化倍率
		③短時間・小流域の場合の降雨量変化倍率

① 2°C上昇時の降雨量変化倍率

d4PDF・d2PDFについて

令和元年10月提言における考え方	課題
○2℃上昇相当をd4PDFの換算値を用い暫定値として公表 【提言の記載内容】 ・d2PDF(5km)が近々整備される予定であることから河川整備基本方針や施設設計に適用する変化倍率については、改めて設定する ・2℃上昇相当時等における、降雨量変化倍率の精査	d2PDFが整備中であったことから、2℃上昇時の降雨量変化倍率は4℃上昇時の降雨量変化倍率の結果を換算して評価



※d4PDFにより求めたRCP8.5(4℃上昇相当)に基づく降雨量変化倍率を、RCP2.6(2℃上昇相当)に変換するため、「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

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。

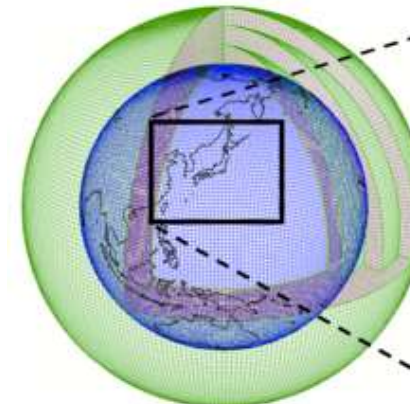
○領域モデル実験は、全球モデル実験の結果を用いて、水平格子間隔20kmにダウンスケーリングを行ったものである。

○産業革命(1850年)以前に比べて全球平均温度が2℃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)

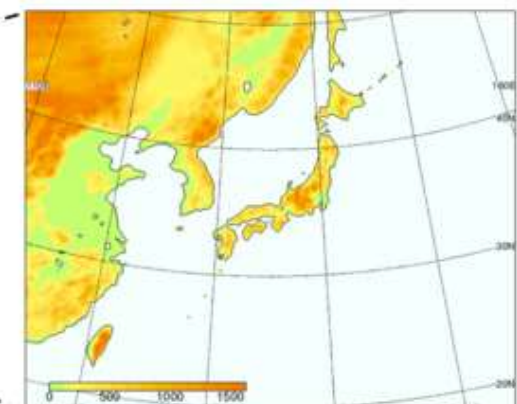


(画像: 気象庁提供)

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: 3240パターン

60年間の
時間変動



6種類の海面水温の
将来変化パターン



観測不確実性を
表す9摂動

※CMIP5のRCP8.5実験に基づいている

現在気候: 3000パターン

60年間の
時間変動



観測不確実性を
表す50摂動

※摂動の与え方について

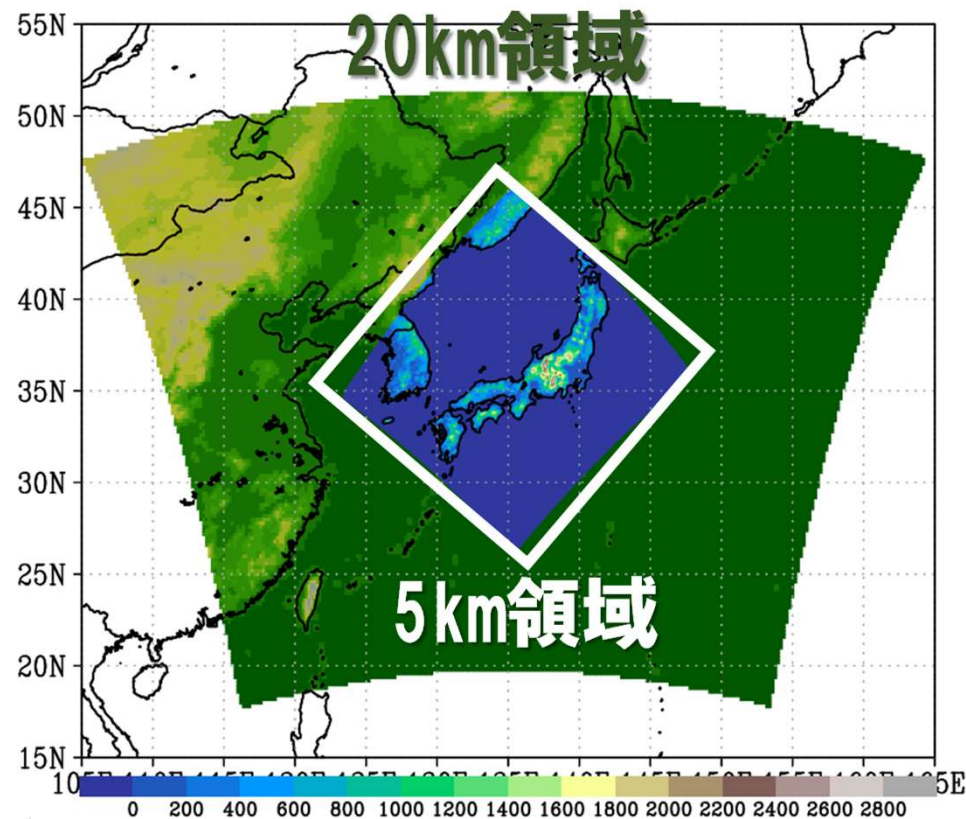
○海面水温の年々変動の標準偏差の30%を摂動として与え、海面水温の摂動に整合するように、他の入力データを調節して計算を行っている。

○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。

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

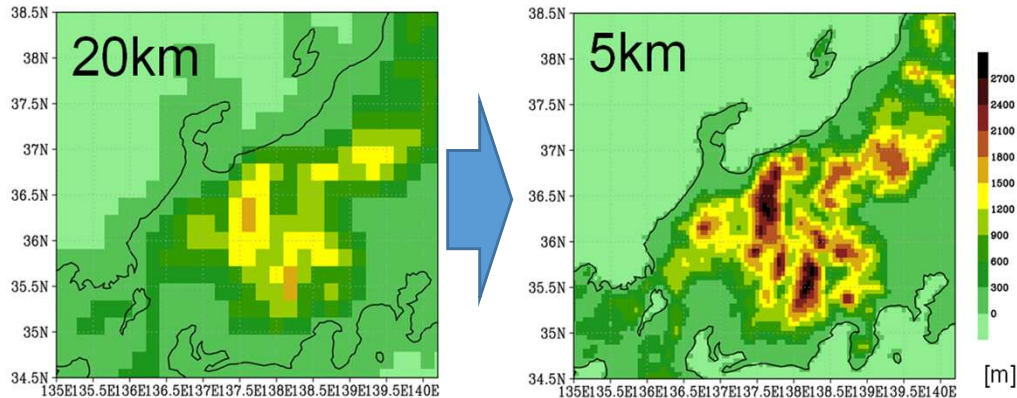


■ダウンスケーリングの条件

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 (2℃昇温実験)
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)

※今回の解析で使用的是、過去実験・将来実験ともに360年分

■地形の再現性



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

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

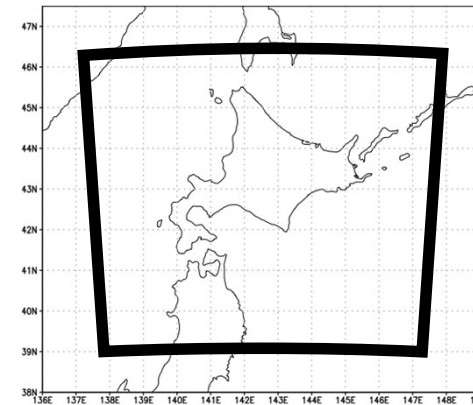
(Nonhydrostatic Regional Climate Model (NHRCM))

水平解像度：5x5km

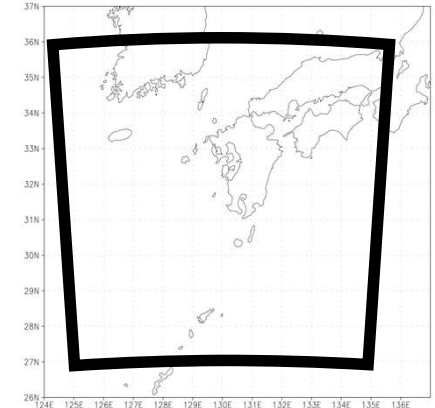
計算領域

- 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°C上昇実験3240イベント、4°C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°C上昇実験 869年分
計算領域2: 過去実験 610年分、4°C上昇実験 812年分

大量アンサンブル計算が行われている将来予測データ

名称	気候変動シナリオ	領域モデル解像度	領域モデル	対象期間	計算パターン及び公表状況
d4PDF(20km) 創生プログラム【文科省】 提言で使したデータ	RCP8.5 (4°C上昇相当)	20km	NHRCM20	現在(1950-2011) 将来(60年間)	現在：50パターン 将来：90パターン(6SST×15摂動)
d4PDF(5km,SI-CAT) SI-CAT【文科省】	RCP8.5 (4°C上昇相当)	5km	NHRCM05	現在(1980-2011) 将来(30年間)	現在：12パターン 将来：12パターン(6SST×2摂動)
d4PDF(5km,yamada) SI-CAT【文科省】	RCP8.5 (4°C上昇相当)	5km	NHRCM05	現在(1951-2010) 将来(60年間)	現在：50パターン 将来：90パターン(6SST×15摂動)
d2PDF(20km,SI-CAT) SI-CAT【文科省】 今回分析したデータ	RCP8.5 (2°C上昇相当)	20km	NHRCM20	現在(1950-2011) 将来(60年間)	現在：50パターン 将来：54パターン(6SST×9摂動)
d2PDF(5km,SI-CAT) SI-CAT【文科省】	RCP8.5 (2°C上昇相当)	5km	NHRCM05	現在(1980-2011) 将来(30年間)	現在：12パターン 将来：12パターン(6SST×2摂動)
d2PDF(5km,yamada) SI-CAT【文科省】	RCP8.5 (2°C上昇相当)	5km	NHRCM05	現在(1951-2010) 将来(60年間)	現在：50パターン 将来：54パターン(6SST×9摂動)

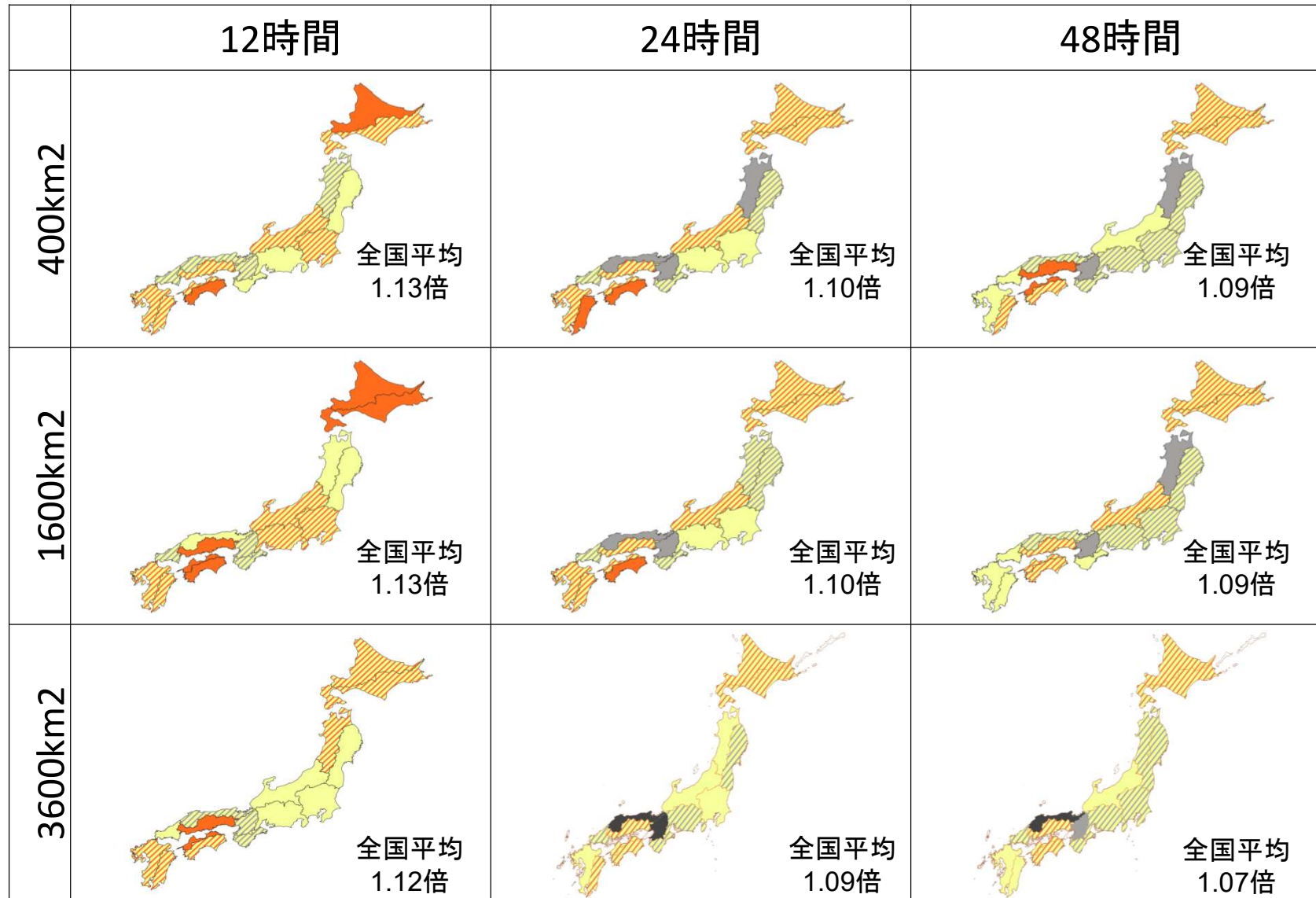
※赤字のデータは、提言公表後に公表されたもの

気候変動による降雨量変化倍率の試算結果

- d2PDF(5km)(2°C上昇)の年超過確率1/100降雨量をもとに、地域区分ごとの降雨量変化倍率を算出。
 ○降雨継続時間(12,24,48時間)、雨域面積(400,1600,3600km²)ごとに海面水温(6パターン)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。

降雨継続時間

雨域面積



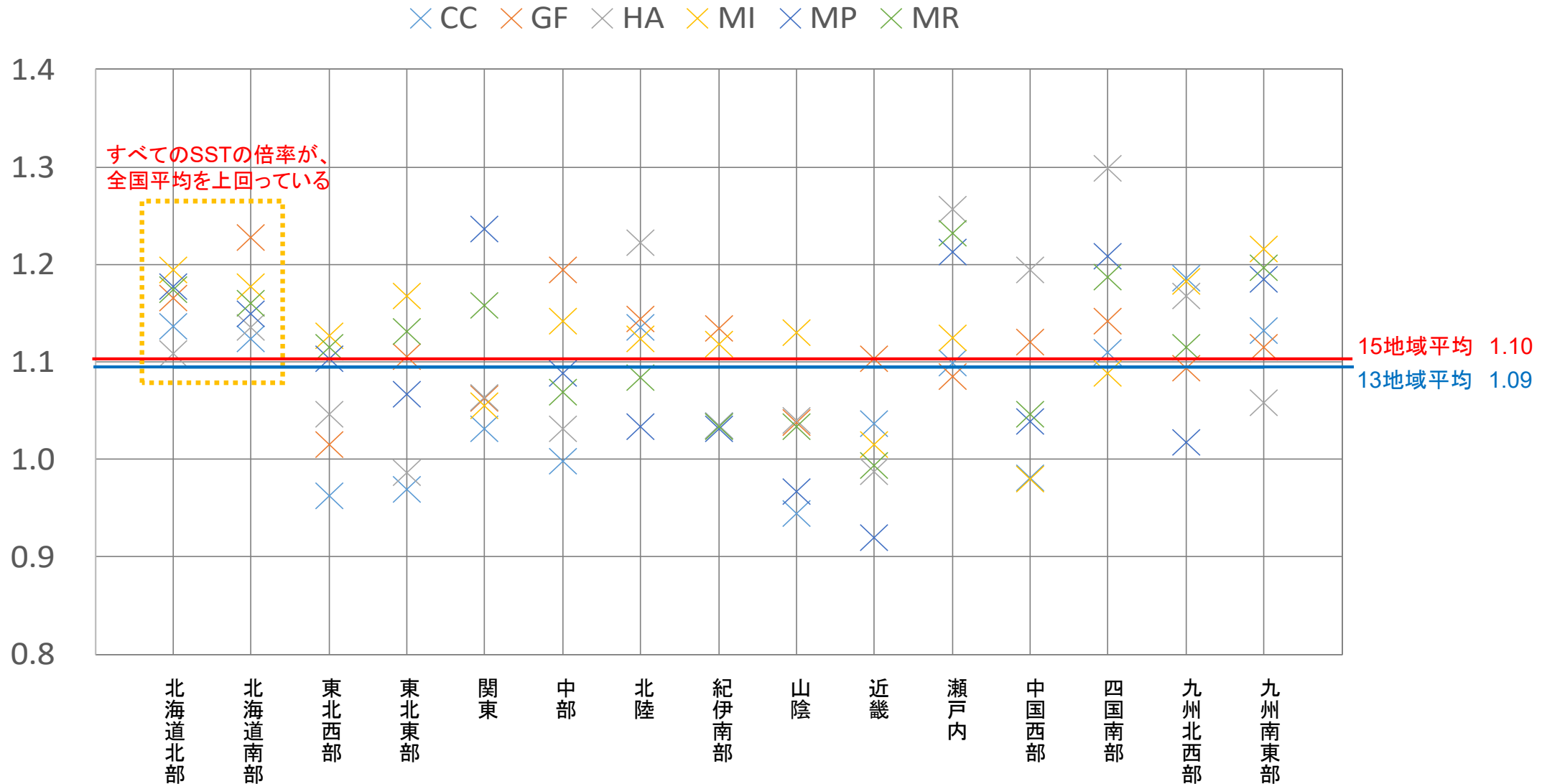
凡例



※現在気候実験結果に対する
将来気候実験結果の100年
確率雨量の変化倍率

d2PDFの分析結果(地域別、SSTごとの降雨量変化倍率)

- d2PDF(5km)(2°C上昇)の年超過確率1/100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(12,24,48時間)×雨域面積(400,1600,3600km²)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。



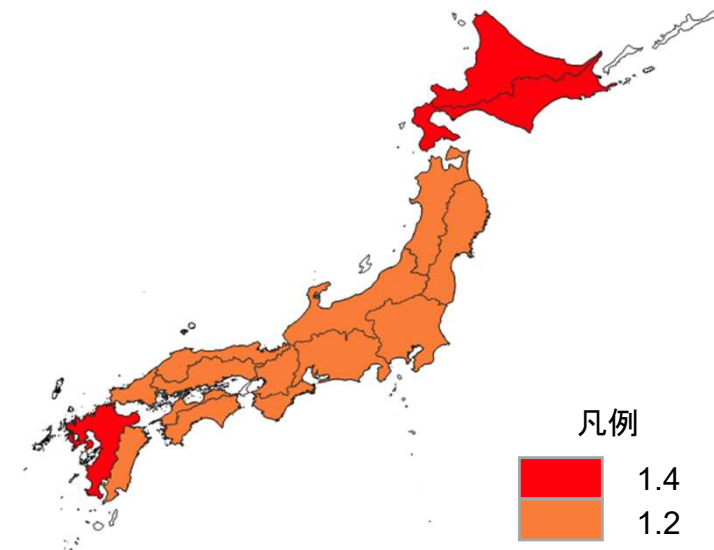
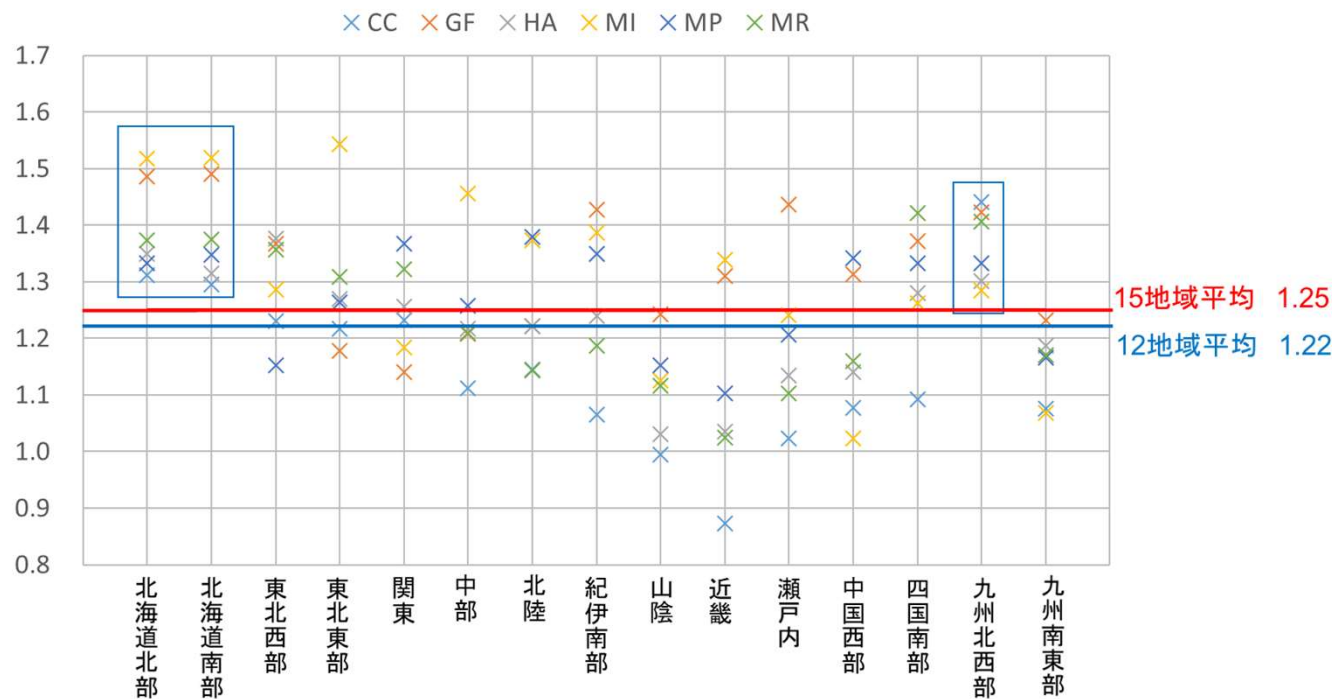
地域区分ごとの降雨量変化倍率の設定の考え方

2℃上昇	令和元年10月提言 【d4PDFからの換算値】		d2PDFによる 計算結果		令和元年 10月提言 【暫定値】	提案値	考え方
	平均値	6SST	平均値	6SST			
北海道北部	1.12	1.09～1.16	1.16	1.11～1.19	1.15	1.15	●試算結果は1.11～1.23の6SSTの幅で平均値は1.16と、全国平均1.10と比べて高い傾向にあり、6SSTの幅にも収まっていないため、両ブロックの平均的な値として1.15とした。 ●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。
北海道南部	1.17	1.12～1.22	1.16	1.12～1.23	1.15	1.15	
東北西部	1.08	1.04～1.11	1.06	0.96～1.13	1.10	1.10	●2地域を除いた全国平均値1.09と比較すると、試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。
東北東部	1.13	1.08～1.24	1.07	0.97～1.17	1.10	1.10	
関東	1.12	1.06～1.18	1.10	1.03～1.24	1.10	1.10	●2地域を除く全国平均値1.09と比較すると、各ブロックの試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。
中部	1.12	1.05～1.23	1.09	1.00～1.19	1.10	1.10	
北陸	1.09	1.04～1.14	1.12	1.03～1.22	1.10	1.10	
紀伊南部	1.08	1.02～1.13	1.06	1.03～1.13	1.10	1.10	●2地域を除いた全国平均値1.09と比較すると、各ブロックの試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。
山陰	1.03	1.00～1.07	1.03	0.94～1.13	1.10	1.10	
近畿	1.04	0.96～1.12	1.01	0.92～1.10	1.10	1.10	
瀬戸内	1.09	1.01～1.16	1.17	1.08～1.26	1.10	1.10	●2地域を除く全国平均値1.09と比較すると、試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。
中国西部	1.05	1.01～1.11	1.06	0.98～1.19	1.10	1.10	●2地域を除いた全国平均値1.09と比較すると、試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。
四国南部	1.13	1.04～1.22	1.17	1.09～1.30	1.10	1.10	●2地域を除いた全国平均値1.09と比較すると、各ブロックの試算結果はやや高い傾向を示しているが、6つのSSTの幅に収まっている。
九州北西部	1.12	1.09～1.15	1.13	1.02～1.19	1.15	1.10	●提案値が暫定値より低いのは、4℃上昇時に見られた九州北西部付近の海面水温が高くなる傾向が、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である。
九州南東部	1.06	1.02～1.10	1.15	1.06～1.22	1.10	1.10	

【参考】4℃上昇相当の降雨量変化倍率の設定の考え方(令和元年10月提言)

○4℃上昇相当の降雨量変化倍率を6SSTごとに算出したところ、北海道北部、北海道南部、九州北西部はいずれの結果も全国平均値を超えているため、この3地域とそれ以外の12地域を分けて降雨量変化倍率を決定した。

○北海道北部、北海道南部、九州北西部の降雨量変化倍率は1.4、その他の地域は1.2と設定した。



【参考】d4PDF(4℃上昇相当)から2℃上昇相当への換算(令和元年10月提言)

○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

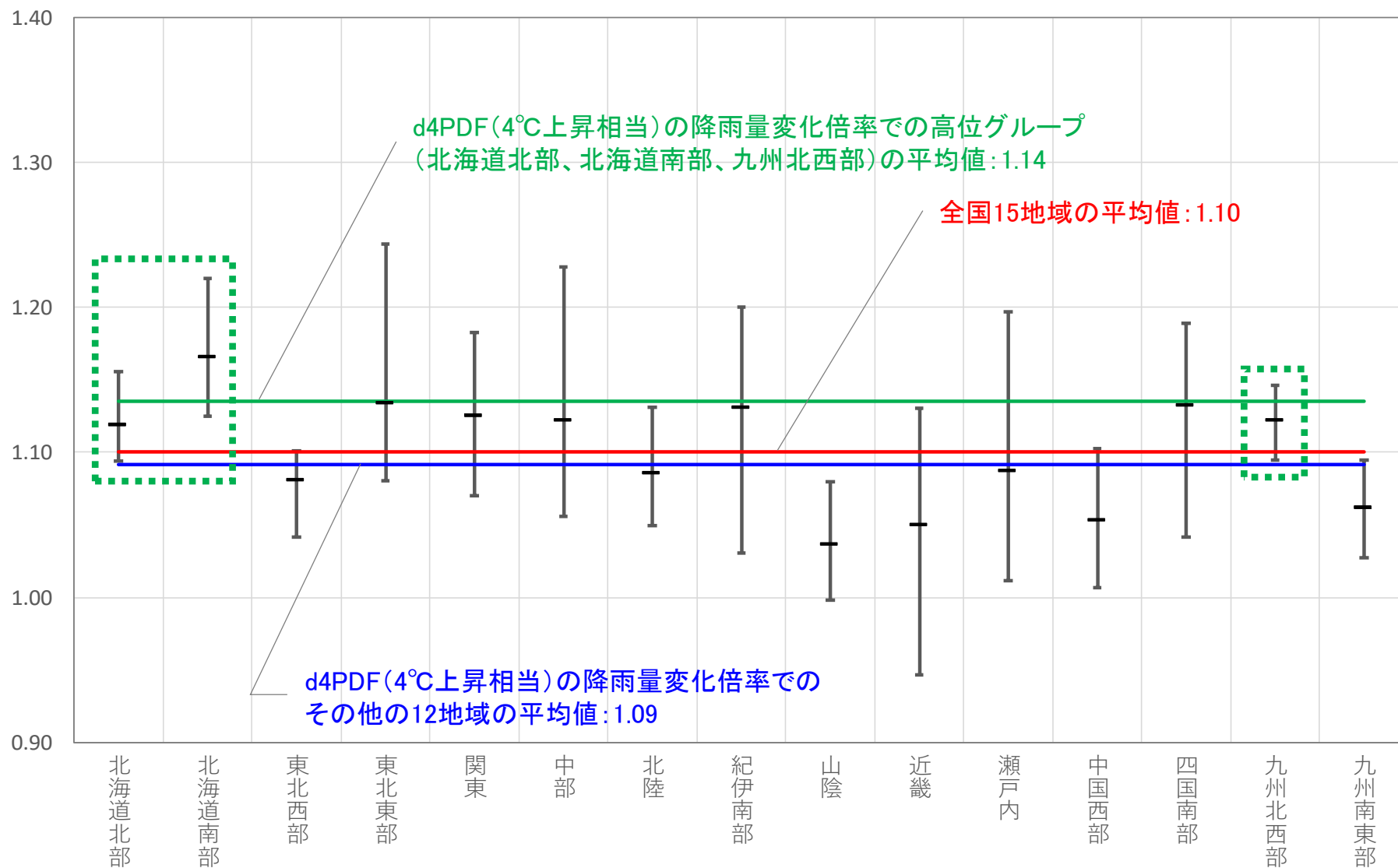
※各シナリオにおける全ケースの平均値、括弧内に平均値が最小のケースと最大のケース(年々変動等を含めた不確実性の幅ではない)を示す

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

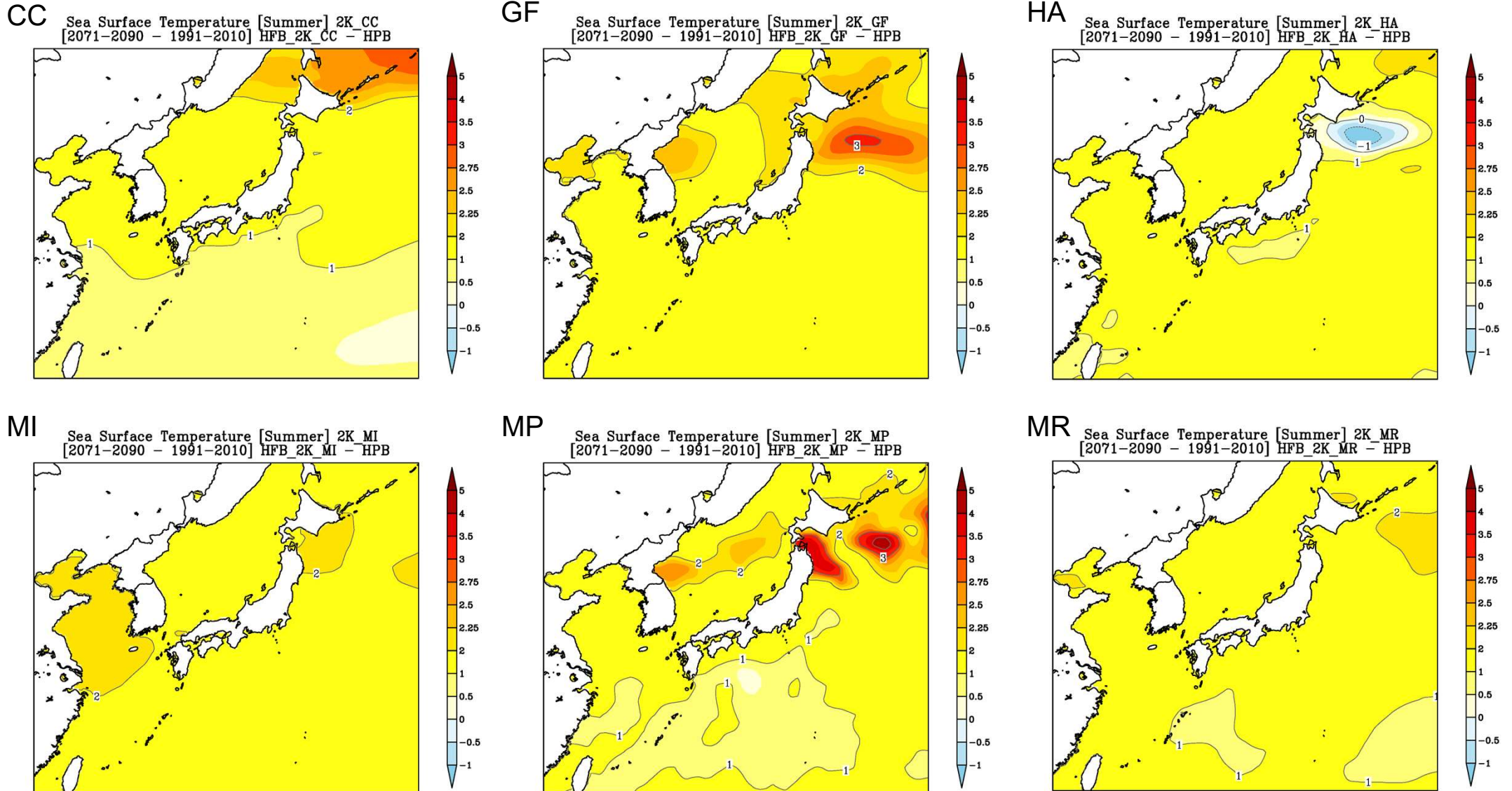
【参考】d4PDF(4℃上昇相当)から2℃上昇相当への換算による降雨量変化倍率

○全国15地域の平均値(1.10)が、降雨量変化倍率の幅に収まっているか確認し、北海道南部のみ高倍率側に幅を外れているが、d4PDFにおける倍率の地域区分を踏襲し、北海道北部、北海道南部、九州北西部は個別に倍率を設定。



【参考】2℃上昇実験における海面水温の変化

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



※d2PDF(20km): 過去実験(1991年～2010年の平均)と2℃上昇実験(20年平均)の夏季(6～8月平均)海面水温の差

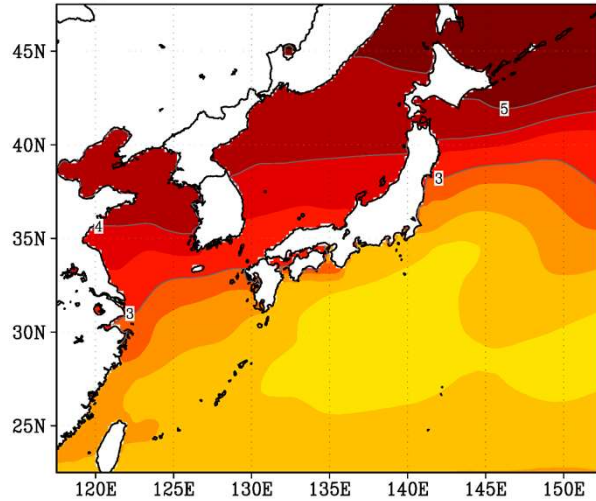
気象庁気象研究所提供資料をもとに作成

【参考】4℃上昇実験における海面水温の変化

○SSTの6モデルともに、北海道周辺と九州北西部は海面水温の上昇が大きくなる傾向にある。

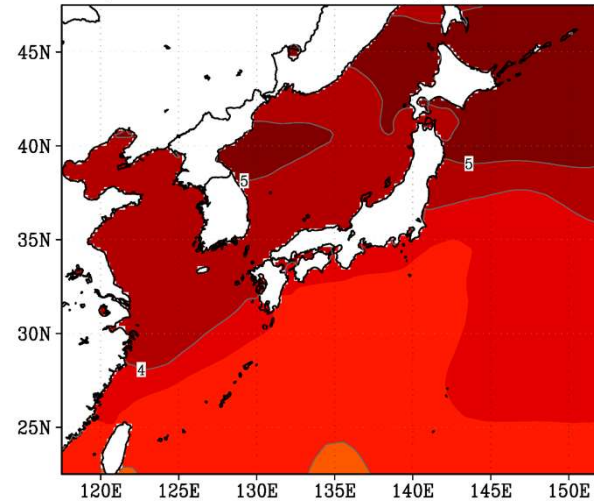
CC

Sea Surface Temperature [Summer] 4K CC
[2091-2110 - 1991-2010 HFB_4K_CC - HPB]



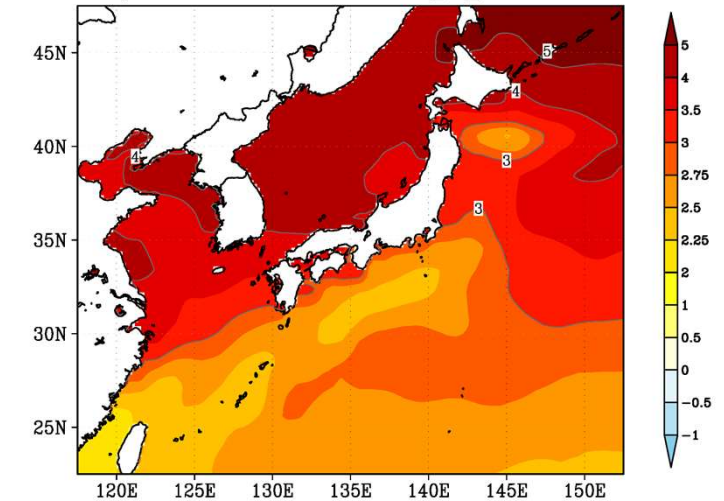
GF

Sea Surface Temperature [Summer] 4K GF
[2091-2110 - 1991-2010 HFB_4K_GF - HPB]



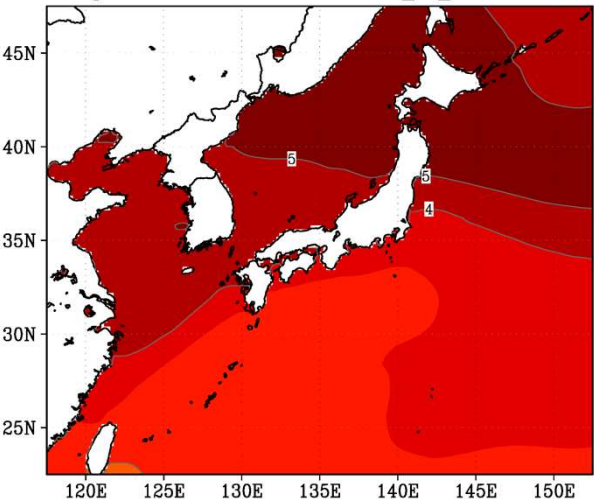
HA

Sea Surface Temperature [Summer] 4K HA
[2091-2110 - 1991-2010 HFB_4K_HA - HPB]



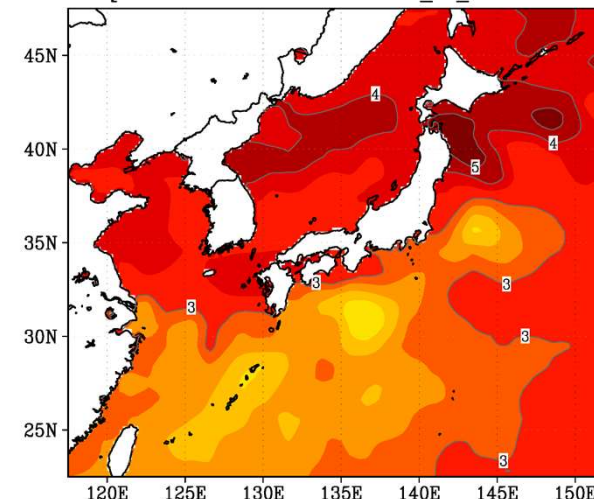
MI

Sea Surface Temperature [Summer] 4K MI
[2091-2110 - 1991-2010 HFB_4K_MI - HPB]



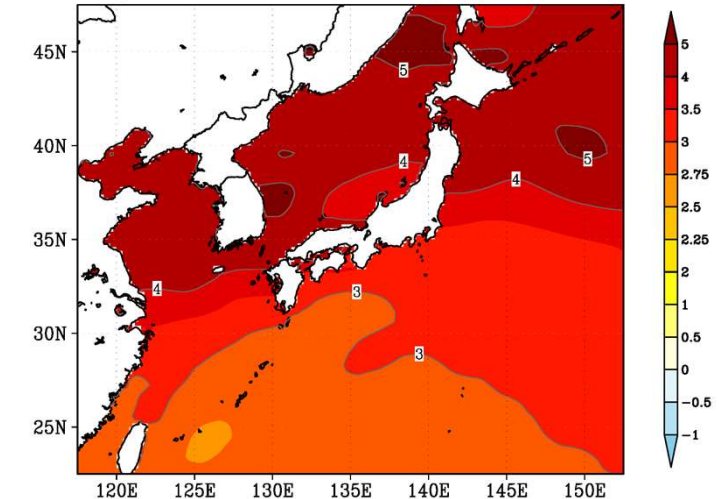
MP

Sea Surface Temperature [Summer] 4K MP
[2091-2110 - 1991-2010 HFB_4K_MP - HPB]



MR

Sea Surface Temperature [Summer] 4K MR
[2091-2110 - 1991-2010 HFB_4K_MR - HPB]



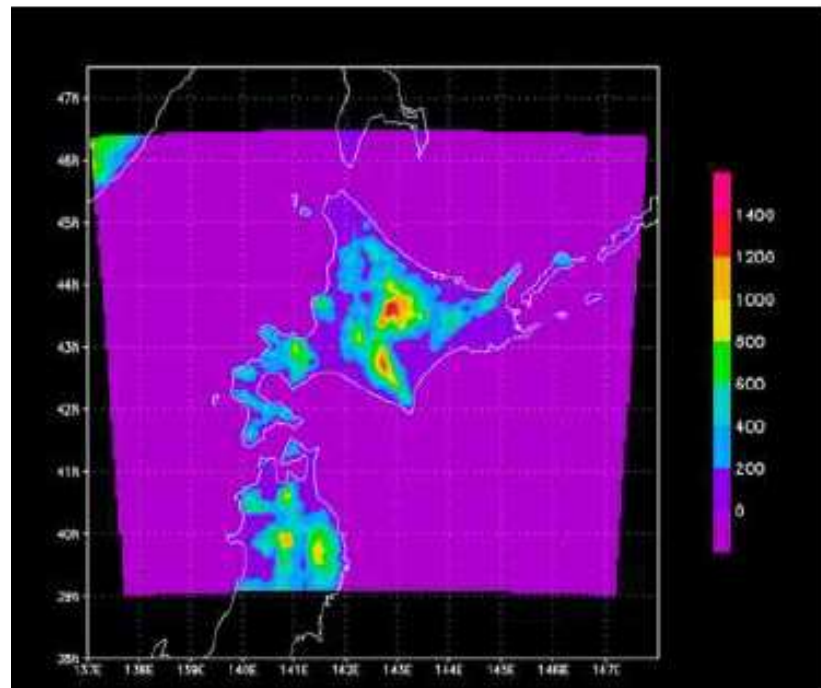
※d4PDF(20km): 過去実験(1991年～2010年の平均)と4℃上昇実験(20年平均)の夏季(6～8月平均)海面水温の差

気象庁気象研究所提供資料をもとに作成

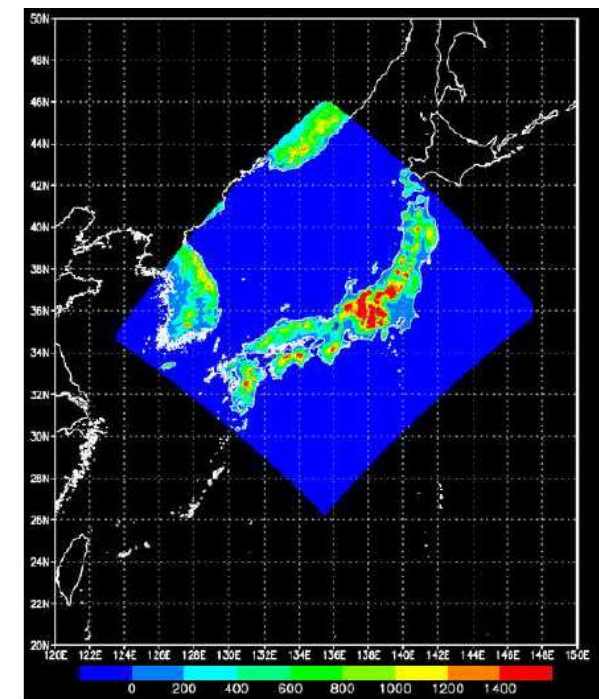
② 島嶼部(沖縄)における降雨量変化倍率

令和元年10月提言における島嶼部(沖縄)の評価

令和元年10月提言における考え方	課題
○沖縄や奄美大島を含む多くの島しょ部については、 <u>解像度5km モデルの領域外</u> であることや、各メッシュのほとんどが海域のため陸域の降雨現象の再現が困難であることから、提言での評価からは除外した。	該当エリアを網羅しているNHRCM02を用いて、降雨量変化倍率を確認する。



d4PDF(5km,yamada) の北海道における対象領域
(カラーコンター(標高)の範囲が対象領域)



d4PDF(5km,SI-CAT)における対象領域
(カラーコンター(標高)の範囲が対象領域)

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トを区別し、都市域には都市キャノピーモデルを適用している。

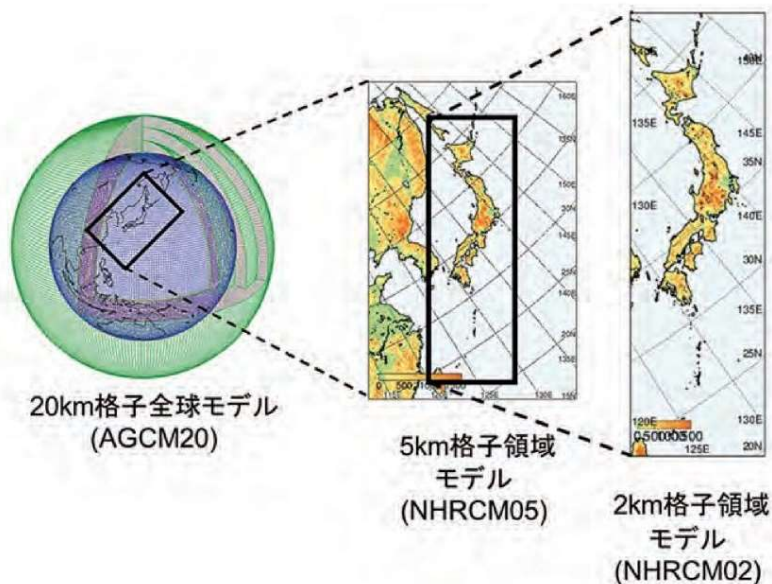


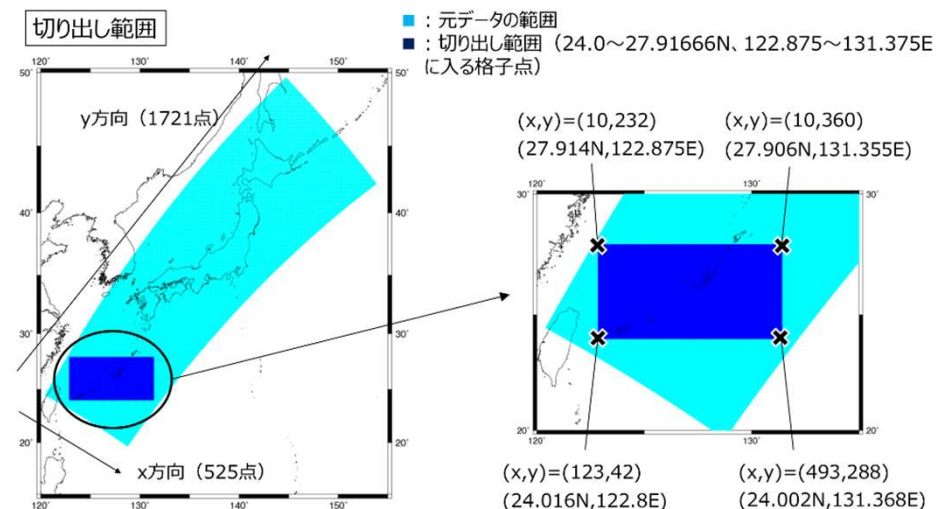
図 MRI-AGCM3.2SとNHRCM05、NHRCM02を用いた
全球一領域気候温暖化予測システム

出典:「研究成果の詳細報告 H29」(気象業務支援センター)

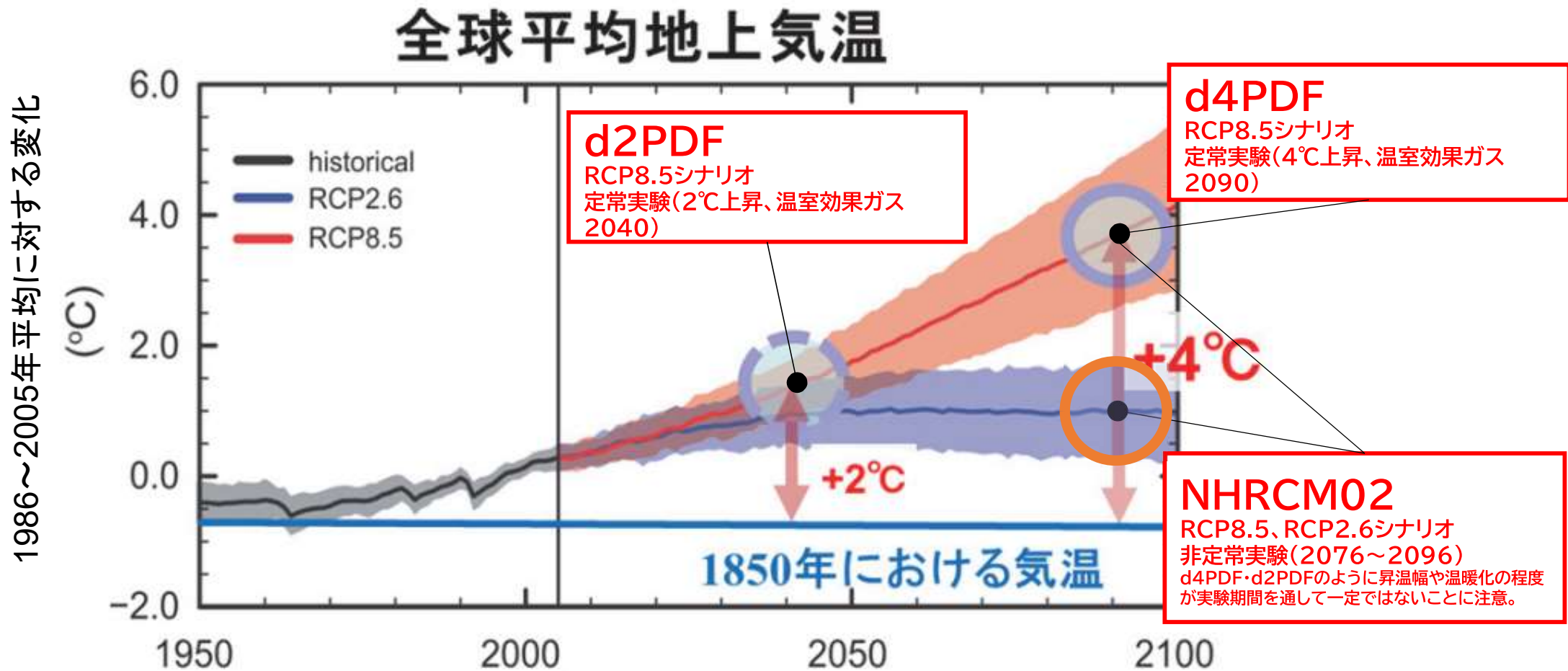
【解析条件】

- 解像度 : 2kmメッシュ(NHRCM02)
- シナリオ : RCP8.5、RCP2.6
- 降雨継続時間: 1, 2, 3, 6, 12, 24時間
- 雨域面積 : 4, 16, 36, 64, 100, 224, 400km²
- 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



d4PDF・d2PDF、NHRCM02の関係性



【将来海面水温の設定方法】

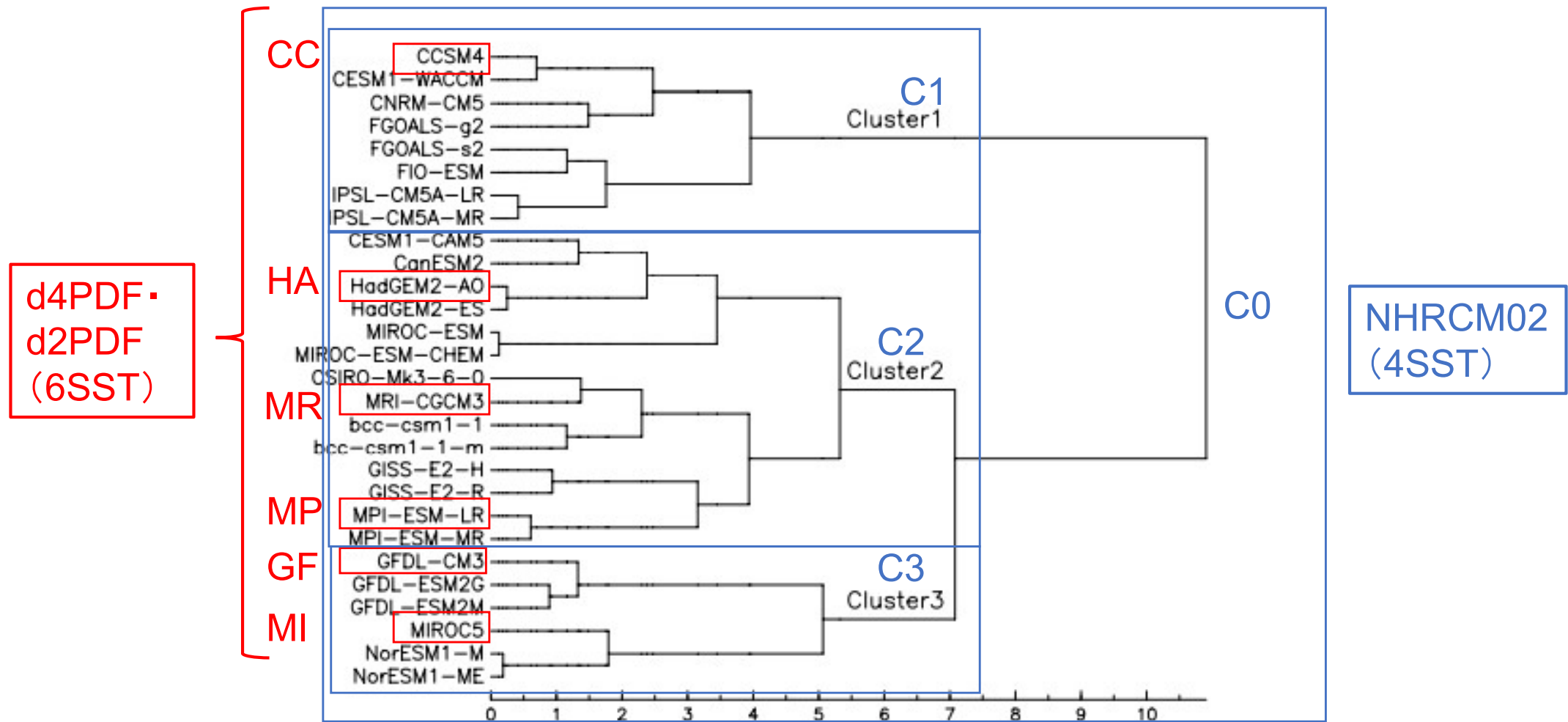
<d4PDF・d2PDF>

観測された海面水温からトレンド成分を除いたものに、CMIP5のRCP8.5実験に基づく6種類の海面水温変化パターンに気温上昇(2°C、4°C)に応じた係数を乗じたものを加える。海面水温変化パターンは時間変化しない。

<NHRCM02>

CMIP5に基づく28種類の海面水温を平均したもの(C0)、及びそれらを3つにクラスター分類したもの(C1,C2,C3)の4種類を用いる。

d4PDF・d2PDF、NHRM02の海面水温パターンの関係性



※Mizuta et al.(2014)より引用・加筆

CMIP5 に提出された約 60 モデルの予測計算結果のうち、現在気候、RCP2.6 シナリオ、RCP4.5 シナリオ、RCP8.5 シナリオが計算されている 28モデルを対象にクラスター分析を実施し、以下の通り海面水温パターンを設定。

<d4PDF・d2PDF>

クラスター分析をもとに、互いにパターンが似ていない6種類のモデルを主要なモデルから選定する。観測された海面水温からトレンド成分を除いたものに、この6種類の海面水温変化パターンに気温上昇(2℃、4℃)に応じた係数を乗じたものを加える。

<NHRM02>

28種類の海面水温を平均したもの(C0)、及びそれらを3つにクラスター分類し平均したもの(C1,C2,C3)の4種類の海面水温変化パターンを用いる。熱帯域の各SSTの昇温量が同じになるように規格化している。

2℃の評価（沖縄）

- 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となった。
- また、NHRCM02による地域区分毎の降雨量変化倍率は、d2PDFと概ね同等の結果となっている。
- 一方、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。

地域区分	d2PDF (25・100km2, 1・2・3・6・12・24hr)			NHRCM02 RCP2.6 (4・16・36・64km2, 1・2・3・6・12・24hr)		
	平均値	中央値	6SST	平均値	中央値	4SST
北海道北部	1.21	1.23	1.14 ~ 1.25	1.14	1.16	1.02 ~ 1.22
北海道南部	1.20	1.22	1.11 ~ 1.30	1.02	1.05	0.87 ~ 1.12
東北西部	1.14	1.12	1.07 ~ 1.25	1.17	1.12	1.08 ~ 1.35
東北東部	1.12	1.11	0.98 ~ 1.24	1.14	1.13	1.11 ~ 1.17
関東	1.13	1.10	1.07 ~ 1.27	1.14	1.14	1.09 ~ 1.19
北陸	1.16	1.18	1.07 ~ 1.24	1.07	1.06	1.01 ~ 1.13
中部	1.10	1.11	1.02 ~ 1.15	1.01	0.98	0.89 ~ 1.17
近畿	1.07	1.08	0.99 ~ 1.14	0.97	0.97	0.91 ~ 1.05
紀伊南部	1.10	1.10	1.04 ~ 1.21	0.94	0.90	0.85 ~ 1.11
山陰	1.08	1.10	1.00 ~ 1.13	1.12	1.12	1.07 ~ 1.18
瀬戸内	1.15	1.14	1.07 ~ 1.26	1.17	1.16	1.12 ~ 1.25
中国西部	1.07	1.05	0.99 ~ 1.23	1.04	1.08	0.90 ~ 1.11
四国南部	1.17	1.15	1.10 ~ 1.27	1.02	0.99	0.96 ~ 1.16
九州北西部	1.10	1.11	1.03 ~ 1.17	1.16	1.12	1.11 ~ 1.27
九州南東部	1.12	1.11	0.99 ~ 1.22	1.17	1.16	1.10 ~ 1.24
沖縄				1.08	1.10	0.93 ~ 1.20

<降雨量変化倍率の算出条件>

	d2PDF	NHRCM02 (RCP2.6)
雨域面積(km2)	25,100	4,16,36,64
降雨継続時間(hr)	1,2,3,6,12,24	1,2,3,6,12,24
年超過確率(一)	1/30,1/50	1/30,1/50

<NHRCM02(RCP2.6)とd2PDFの降雨量変化倍率の比較>

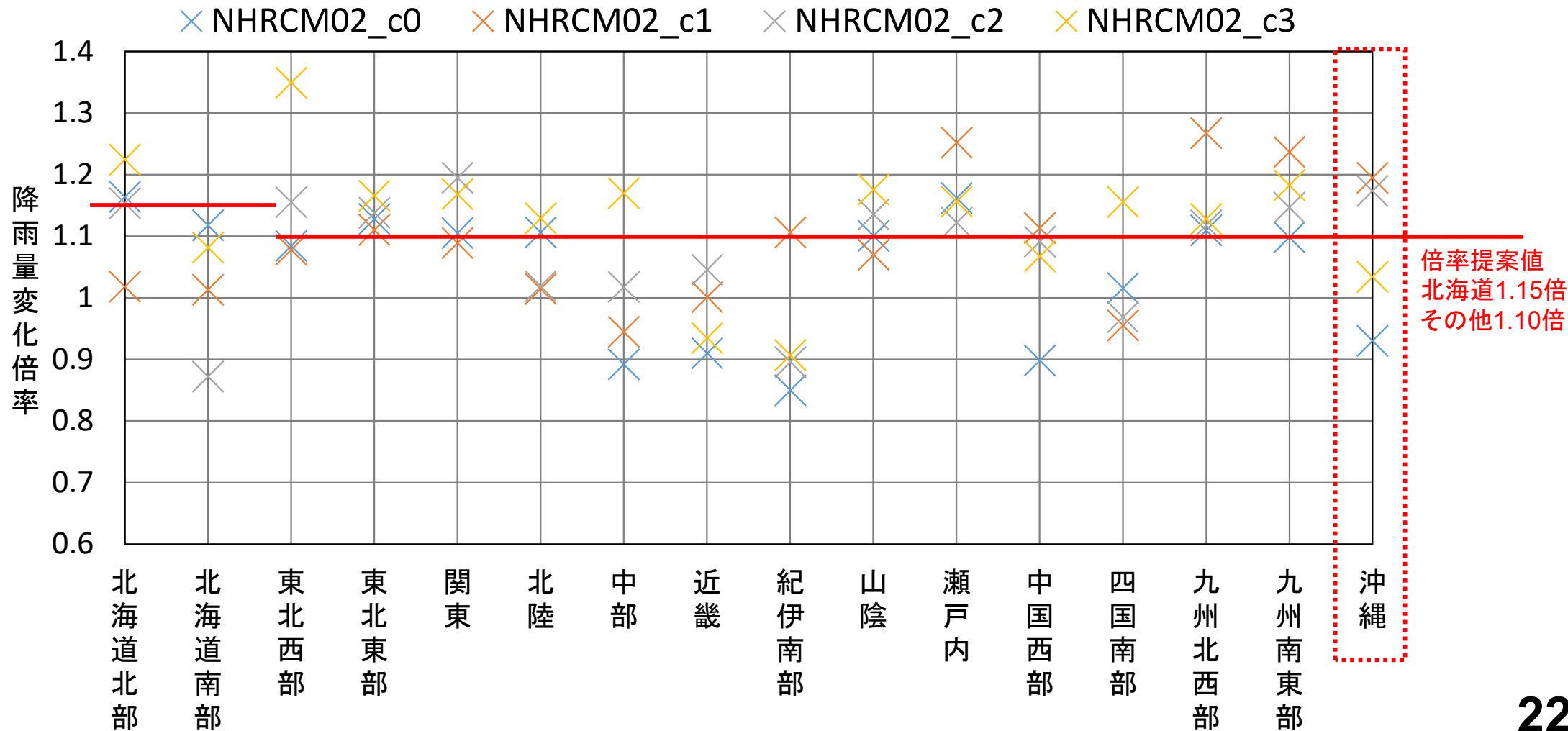
	d2PDF (北海道、沖縄除く 地域区分を評価)	NHRCM02(RCP2.6) (北海道、沖縄除く 地域区分を評価)
最大値	1.17	1.17
平均値	1.12	1.09
最小値	1.07	0.94

2℃の評価(沖縄)

ONHRCM02(RCP2.6)により地域別・SST毎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(1,2,3,6,12,24時間)×雨域面積(4,16,36,64km²)の倍率の平均値を整理。

ONHRCM02(RCP2.6)による沖縄の降雨量変化倍率は、北海道を除くその他の地域区分の値とほぼ同じであるため、d2PDFから算出した値(1.1倍)は沖縄においても適用できることとする。



③ 短時間・小流域の場合の降雨量変化倍率

令和元年10月提言における小流域・短時間降雨の評価

令和元年10月提言における考え方	課題
○d4PDFによる1、2時間の降雨量変化倍率は、12時間～48時間の降雨量変化倍率と比べると、地域区分ごとに増加傾向と減少傾向とに分かれる結果となった。 ○降雨継続時間が1、2時間の降雨は5kmモデルによって十分に解明できているかどうかは明らかではないことから、4℃上昇時の降雨継続時間が1、2時間の降雨量変化倍率の設定は見送った。	①1、2時間の降雨量変化倍率に対して、よりメッシュの細かいNHRCM02を用いて、傾向を確認する。
○上記の課題は認めつつも、十勝川を対象とした研究をもとに、小流域・短時間降雨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ことから、2℃上昇時に関する降雨量変化倍率は、割増係数を導入せずに降雨継続時間1、2時間にも適用可とした。	②小流域・短時間降雨の変化倍率が大きくなる傾向は、2℃上昇時4℃上昇時ほど顕著には生じないことについて、d2PDFを用いて、全国的に確認する。
○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。	③雨域面積400km²以下における降雨量変化倍率を、d4PDF・d2PDFとNHRCM02を用いて確認する。

		降雨継続時間		
		12時間以上	3時間以上12時間未満	3時間未満
4℃上昇 (RCP8.5)		1.3	1.4	—
	北海道、九州北西部	1.4	1.5	—
	その他の地域	1.2	1.3	—
2℃上昇 (RCP2.6) (暫定値)		1.1		
	北海道、九州北西部	1.15		
	その他の地域	1.1		

- 4℃上昇の場合、降雨継続時間が12時間未満になると、降雨量変化倍率の増加傾向がやや顕著となり、3時間と6時間のデータは概ね全国的に12時間～48時間の降雨量変化倍率と比較して増加傾向にあることから、全国的に1.05の割増係数を設定することとした。
- しかし、1、2時間のデータは、12時間～48時間の降雨量変化倍率と比べると、地域区分ごとに増加傾向と減少傾向とに分かれる結果となった。これは降雨継続時間が1、2時間の降雨はd4PDF(5km)モデルによって十分に解明できているかどうかは明らかではなく、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し、提言時での設定は見送った。

表 短時間降雨に関する降雨量変化倍率の割増係数

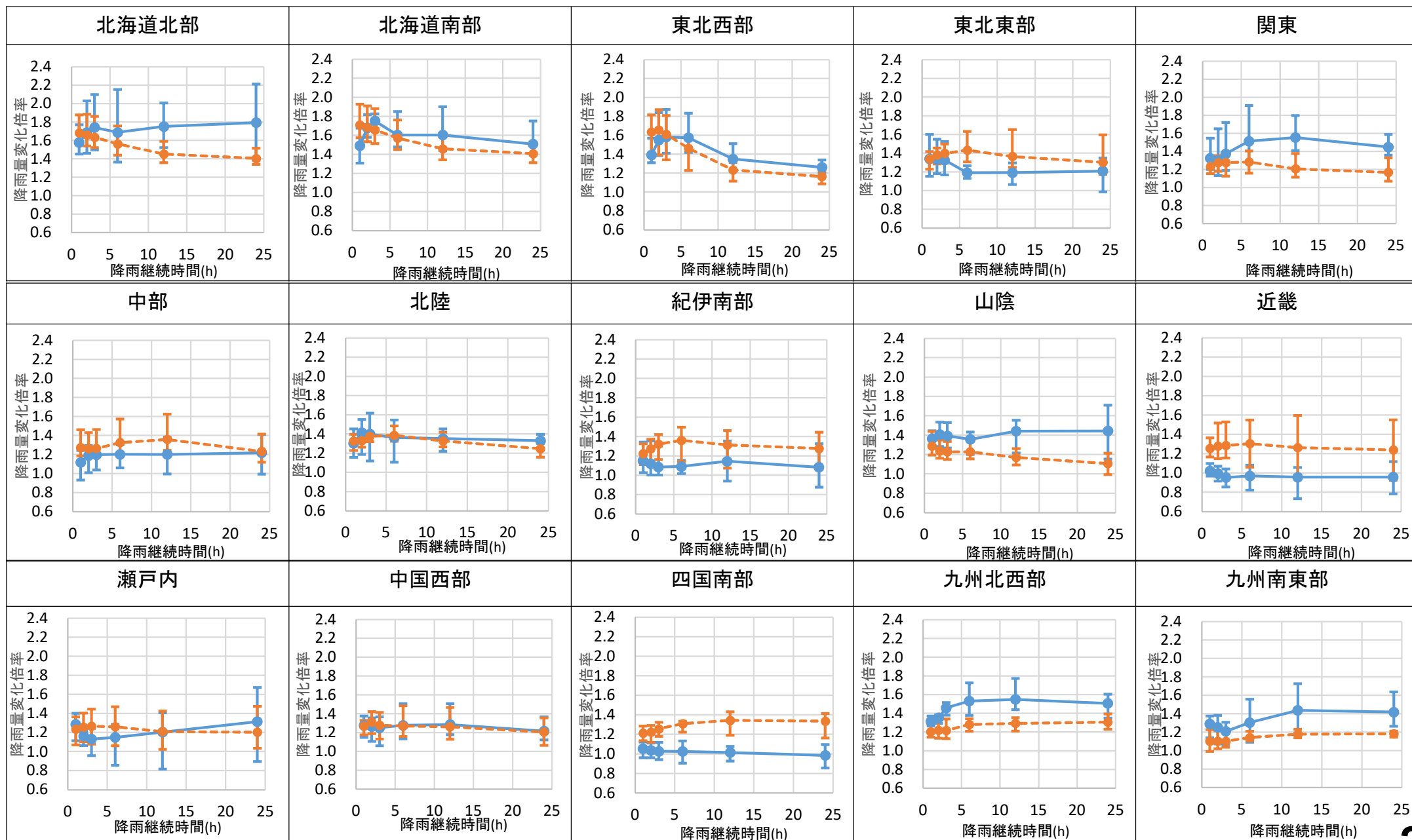
400km2	1h	2h	3h	6h	12h	①1h-2h平均	②3h-6h平均	③12h-48h平均	差分(②/③)
北海道北部	1.69	1.66	1.63	1.55	1.45	1.68	1.59	1.41	1.128
北海道南部	1.66	1.64	1.61	1.53	1.43	1.65	1.57	1.42	1.106
東北西部	1.63	1.62	1.56	1.44	1.30	1.62	1.50	1.26	1.195
東北東部	1.28	1.30	1.31	1.36	1.35	1.29	1.33	1.33	1.003
関東	1.25	1.28	1.29	1.30	1.27	1.27	1.30	1.24	1.044
北陸	1.31	1.30	1.31	1.33	1.31	1.31	1.32	1.26	1.046
中部	1.26	1.27	1.26	1.28	1.32	1.26	1.27	1.25	1.019
近畿	1.25	1.26	1.25	1.21	1.15	1.26	1.23	1.16	1.063
紀伊南部	1.22	1.28	1.32	1.37	1.34	1.25	1.35	1.29	1.048
山陰	1.25	1.22	1.21	1.20	1.17	1.24	1.20	1.13	1.066
瀬戸内	1.20	1.23	1.25	1.25	1.21	1.22	1.25	1.22	1.027
中国西部	1.30	1.30	1.27	1.25	1.23	1.30	1.26	1.18	1.063
四国南部	1.22	1.24	1.27	1.34	1.37	1.23	1.30	1.33	0.979
九州北西部	1.26	1.29	1.31	1.33	1.33	1.28	1.32	1.34	0.987
九州南東部	1.11	1.12	1.13	1.14	1.16	1.11	1.14	1.16	0.982

4℃上昇時における降雨継続時間と降雨量変化倍率の関係(NHRCM02(RCP8.5)、d4PDF)

課題①

○各地域における降雨継続時間毎(1,2,3,6,12,24h)、雨域面積(d4PDF:25,100km²平均、NHRCM02:4,16,36,64,100km²平均)の年超過確率1/100降雨量の変化倍率を算出。 ※海面水温パターンの平均値を点で示し、幅はエラーバーで示す(NHRCM02:4SST、d4PDF:6SST)。

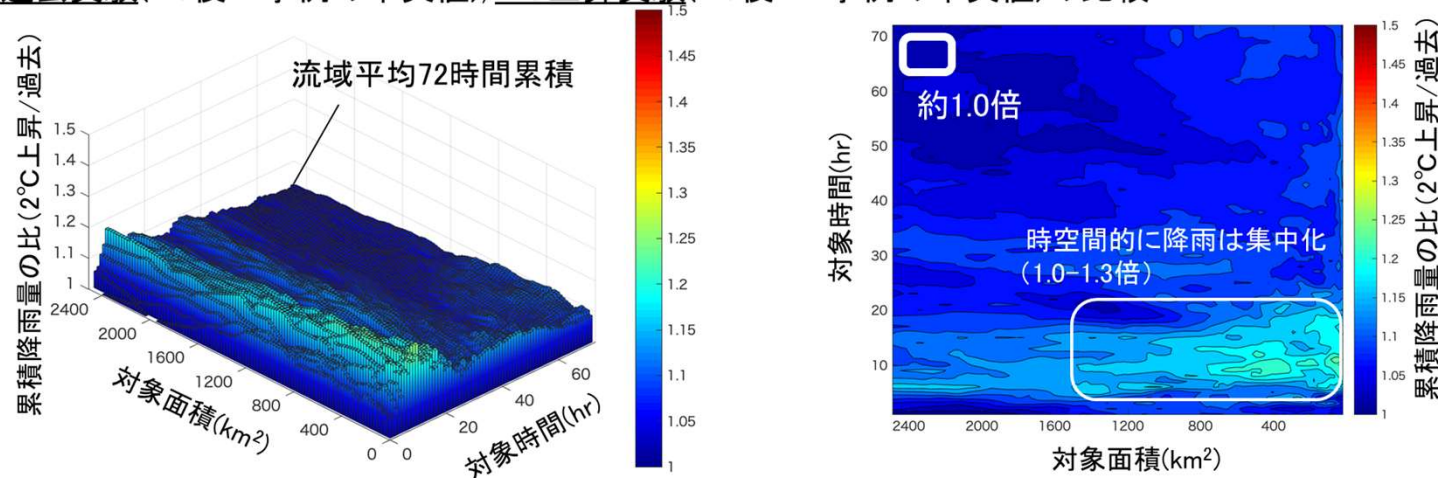
—●— NHRCM02 —●— d4PDF



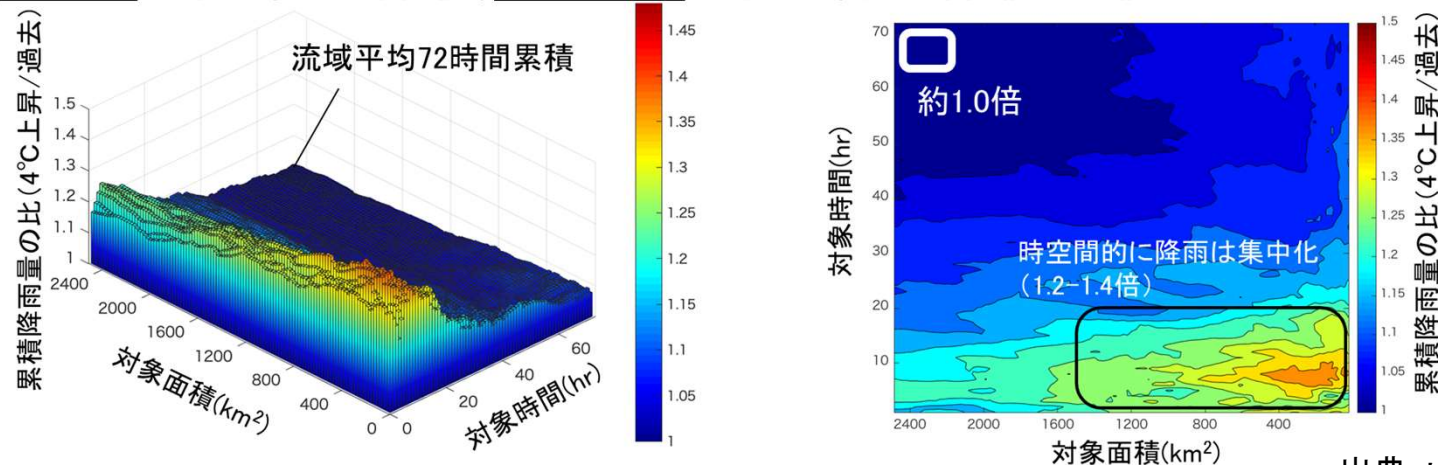
- 十勝川を対象とした研究によると、小流域・短時間降雨の変化倍率が大きくなる傾向は、2℃上昇時は4℃上昇時ほど顕著には生じないとされている。
- そのため、2℃上昇時には小流域・短時間降雨の変化倍率の上乗せは行わないこととした。

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



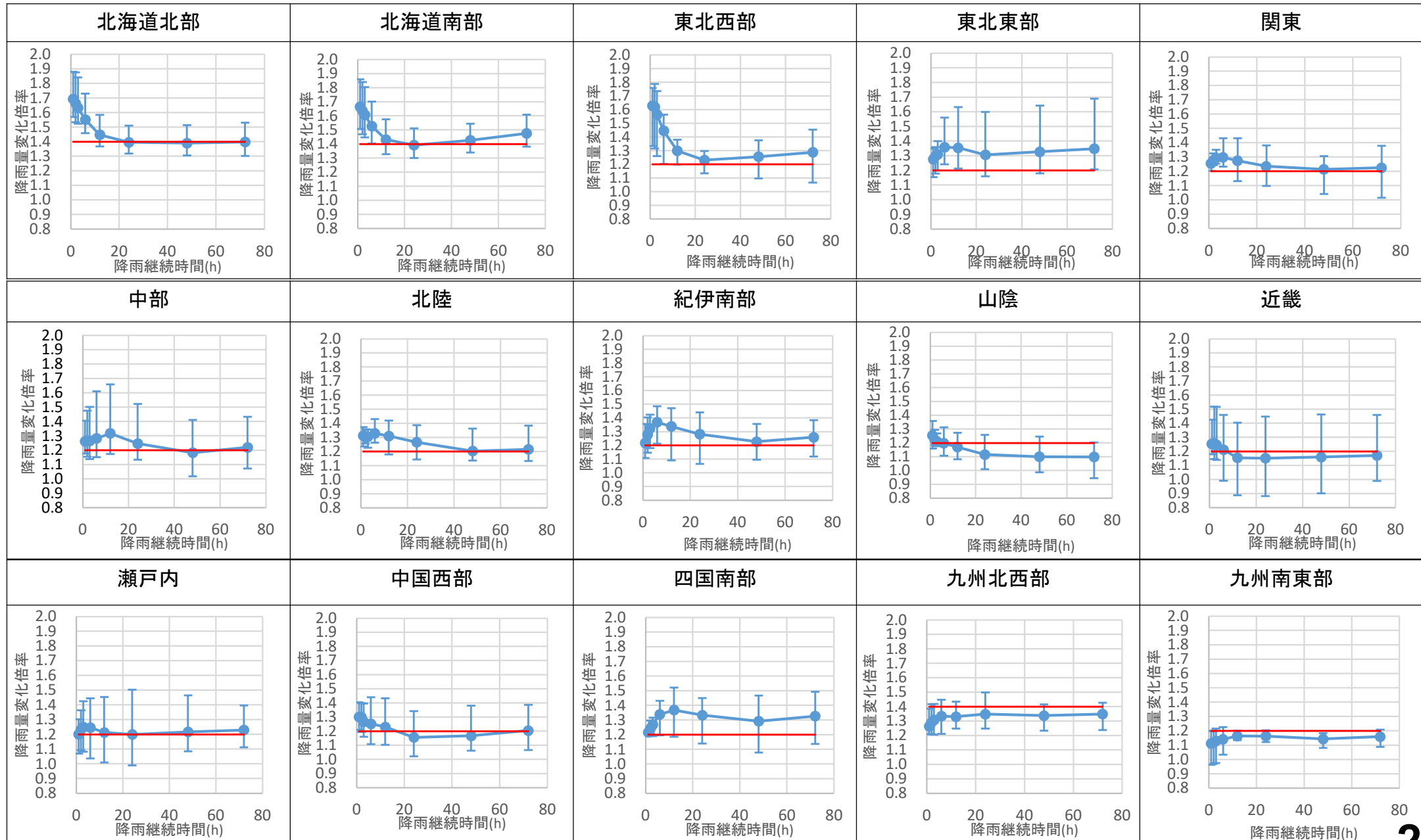
4℃上昇時における降雨継続時間と降雨量変化倍率の関係 (d4PDF)

課題②

○各地域における降雨継続時間毎(1,2,3,6,12,24,48,72h)、雨域面積400km²の年超過確率1/100降雨量の変化倍率を算出。

※北海道はd4PDF(5km, yamada)、その他の地域はd4PDF(5km, SI-CAT)を用いた。

海面水温6パターンの平均値を点で示し、幅はエラーバーで示す。また、赤線で北海道北部・南部、九州北西部:1.4倍、その他の地域:1.2倍を示す。



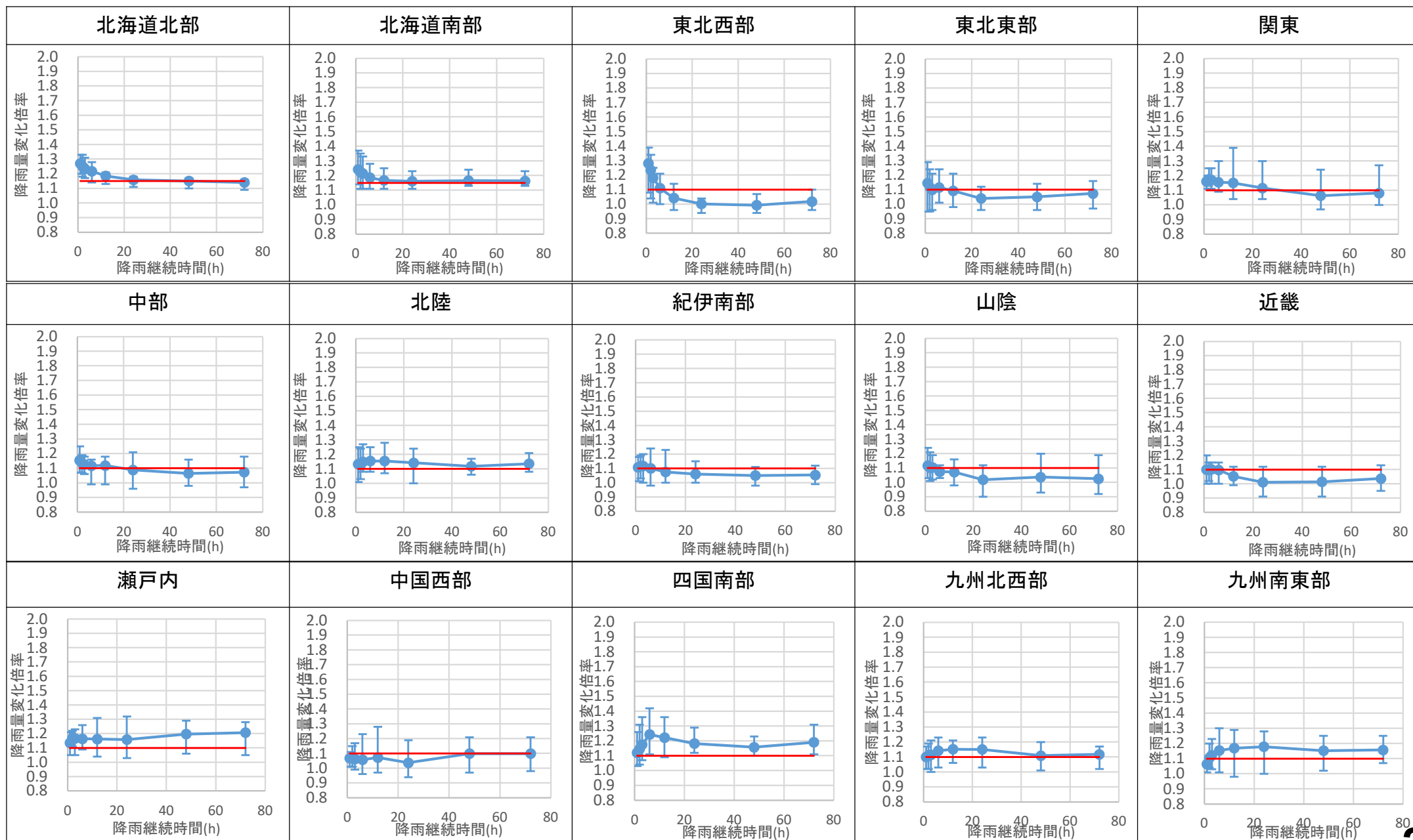
2℃上昇時における降雨継続時間と降雨量変化倍率の関係 (d2PDF)

課題②

○各地域における降雨継続時間毎(1,2,3,6,12,24,48,72h)、雨域面積400km²の年超過確率1/100降雨量の変化倍率を算出。

※北海道はd4PDF(5km, yamada)、その他の地域はd4PDF(5km, SI-CAT)を用いた。

海面水温6パターンの平均値を点で示し、幅はエラーバーで示す。また、赤線で北海道北部・南部:1.15倍、その他の地域:1.10倍を示す。



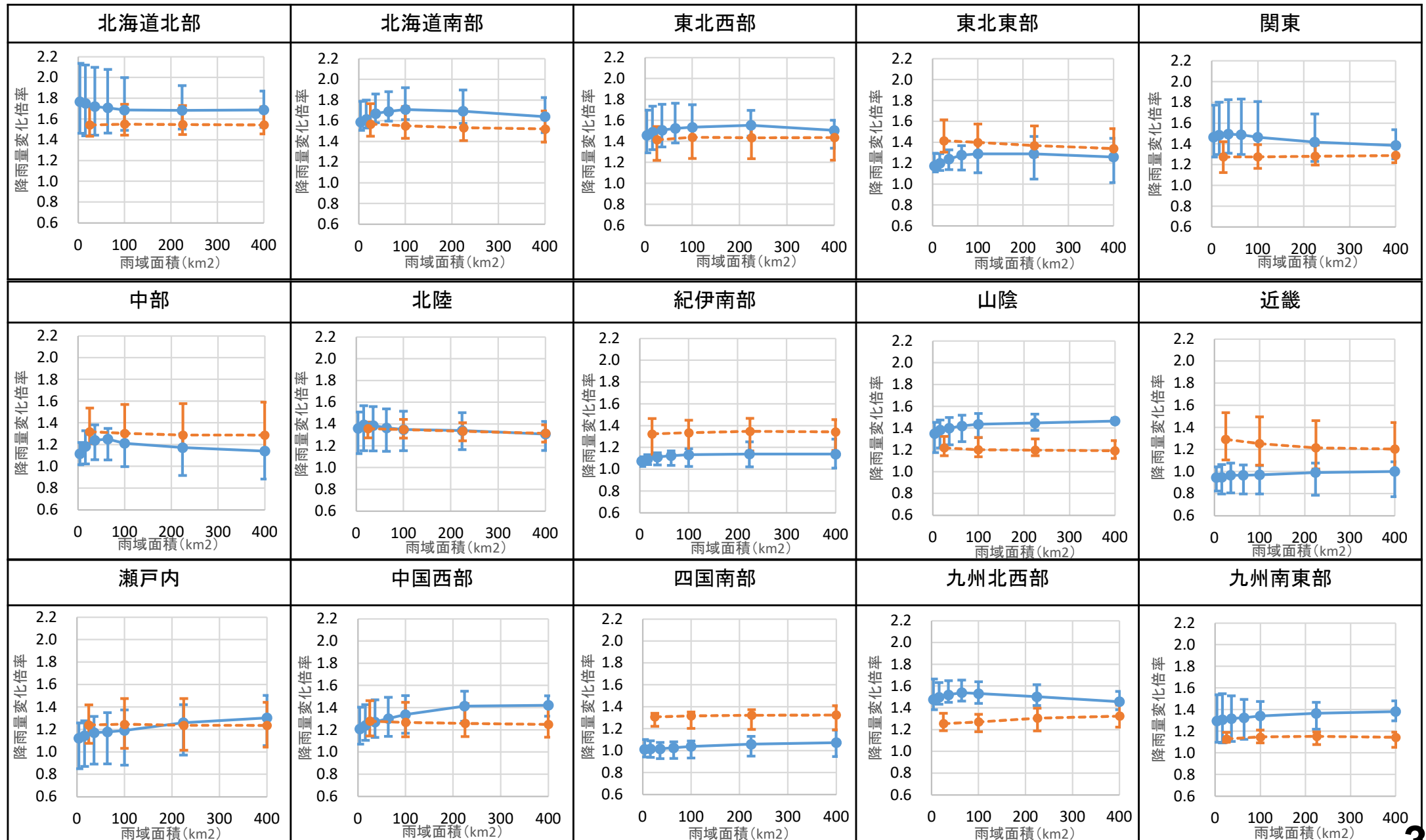
4℃上昇時における雨域面積と降雨量変化倍率の関係性(NHRCM02(RCP8.5)、d4PDF)

課題③

○各地域における雨域面積毎(d4PDF:25,100,225,400km²、NHRCM02:4,16,36,64,100,224,400km²)、降雨継続時間(3,6,12h)の年超過確率1/100降雨量の変化倍率を算出。

※北海道はd4PDF(5km, yamada)、その他の地域はd4PDF(5km, SI-CAT)を用いた。海面水温パターンの平均値を点で示し、幅はエラーバーで示す(NHRCM02:4SST、d4PDF:6SST)。

—●— NHRCM02 —●— d4PDF



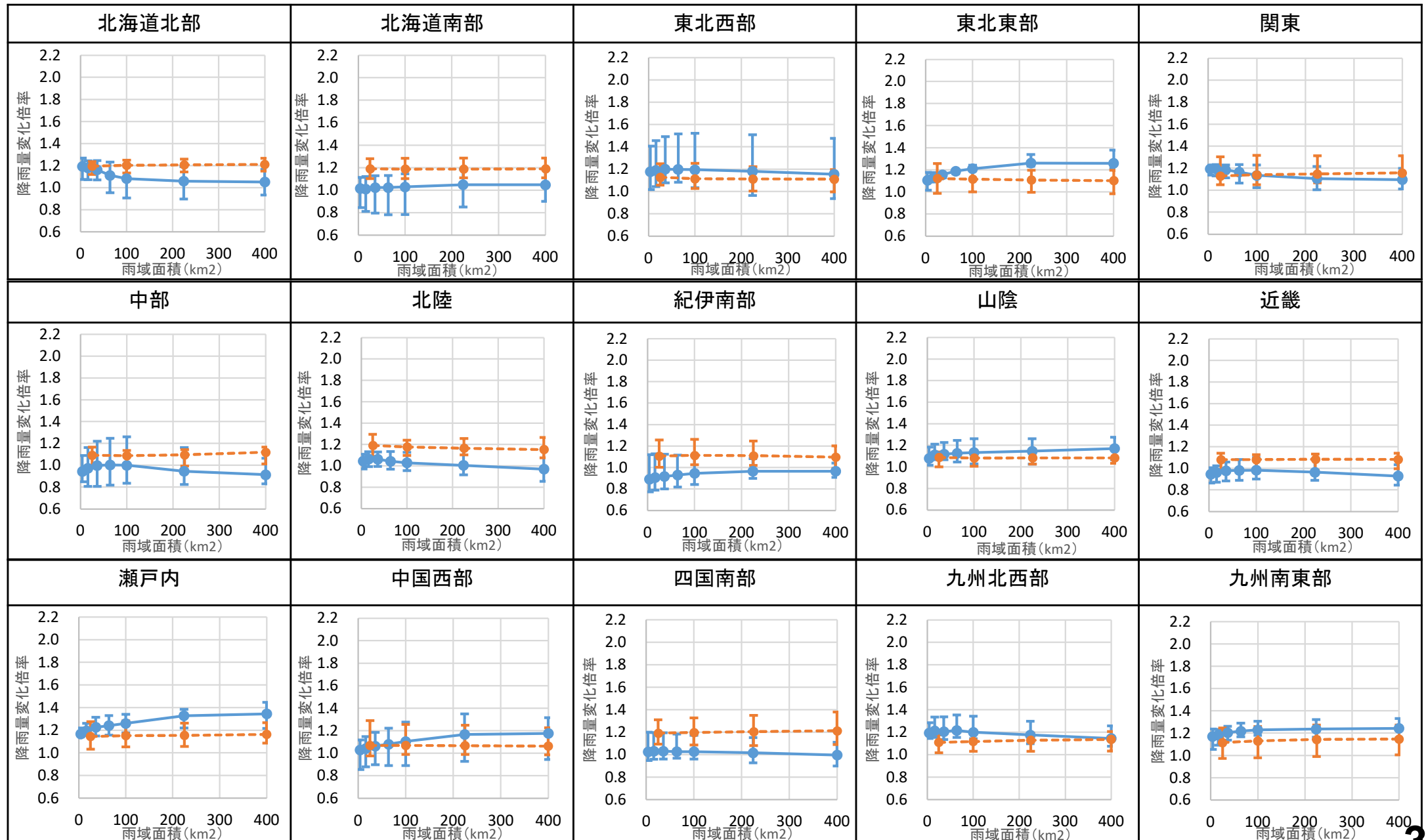
2℃上昇時における雨域面積と降雨量変化倍率の関係性(NHRCM02(RCP2.6) 、d2PDF)

課題③

○各地域における雨域面積毎(d2PDF:25,100,225,400km²、NHRCM02:4,16,36,64,100,224,400km²)、降雨継続時間(3,6,12h)の年超過確率1/100降雨量の変化倍率を算出。

※北海道はd2PDF(5km, yamada)、その他の地域はd2PDF(5km, SI-CAT)を用いた。海面水温パターンの平均値を点で示し、幅はエラーバーで示す(NHRCM02:4SST、d2PDF:6SST)。

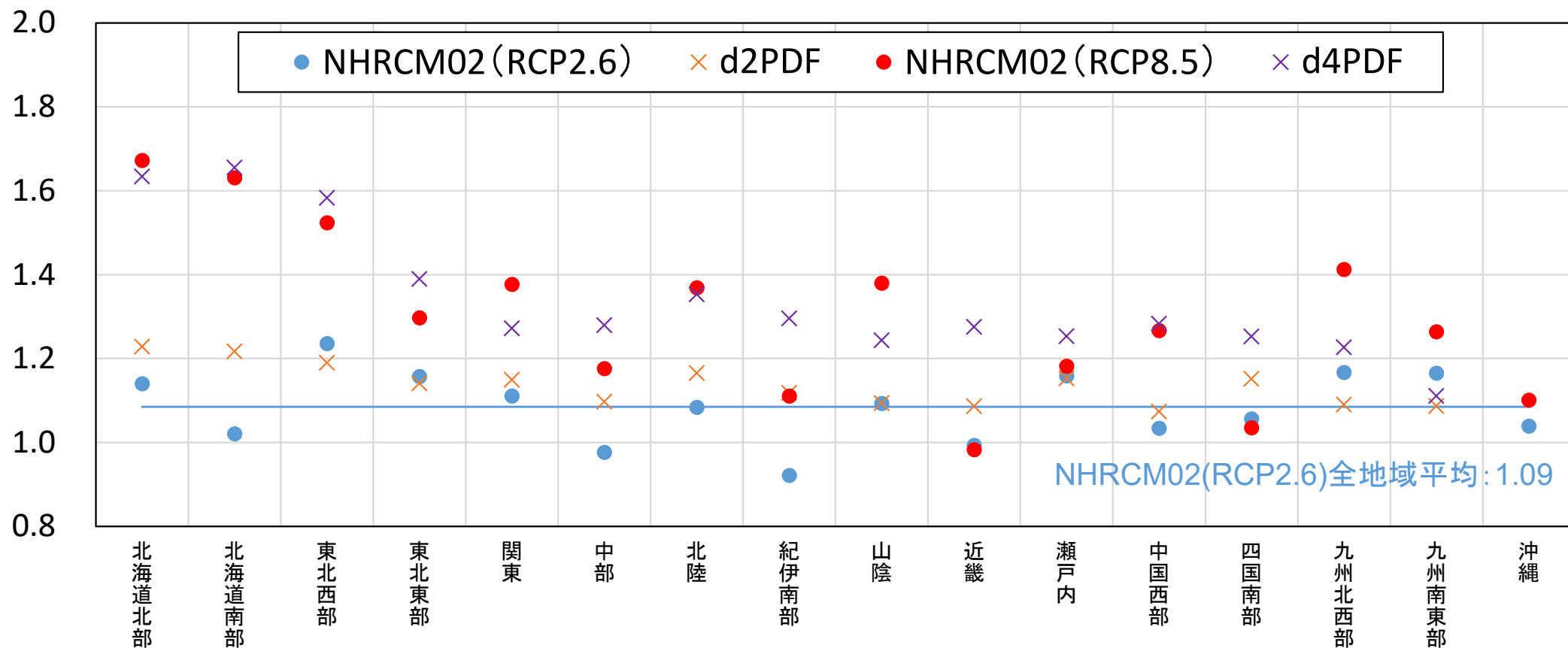
—●— NHRCM02 —●— d2PDF



小流域・短時間降雨に対する各モデルの降雨量変化倍率

課題②,③

- 小流域・短時間降雨に対して、d4PDF・d2PDF(5kmメッシュ)、NHRCM02(2kmメッシュ)を用いた地域区分ごとの降雨量変化倍率を比較した。
- 各地域におけるNHRCM02(RCP2.6)の倍率値の全地域平均は1.09となり、ほぼ1.10倍と等しいため、小流域・短時間降雨に対するd2PDFによる倍率値の妥当性を支持する結果となった。
- 一方、北海道北部・南部におけるNHRCM02(RCP2.6)の倍率値は他地域と同程度の倍率値となり、d2PDFにおいて北海道北部・南部の倍率値を他地域よりも高く設定したことと異なる。これについては、NHRCM02(RCP8.5)では、北海道北部・南部の倍率値が他地域よりも高くなる傾向が見られたため、NHRCM02が小アンサンブルであることなどのモデルの違いが影響している可能性がある。



※雨域面積(d2PDF・d4PDF: 25,100km²、NHRCM02: 4,16,36,64,100km²)、降雨継続時間(1,2,3,6h)を対象として年超過確率1/100降雨量の降雨量変化倍率を算出した。

小流域・短時間降雨の降雨量変化倍率

○4℃上昇時における降雨継続時間1、2時間の降雨量変化倍率は、NHRCM02を用いても、明確な傾向は見られなかった。

→現象の解明とメカニズムの評価が引き続き必要であると判断し、①値の設定は見送る。

○小流域・短時間降雨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ことについて、d2PDFにより全国的に確認した。

→小流域・短時間降雨に対して、4℃上昇時は割増係数を適用し、②2℃上昇時は適用しない。

○雨域面積による降雨量変化倍率の変動は小さいことや、気候モデルのメッシュサイズ(d4PDF・d2PDF: 5km)を考慮し、

→今回設定する倍率は、③雨域面積100km²以上の降雨に対して適用可能とする。

小流域・短時間降雨の降雨量変化倍率(③雨域面積100km²以上を対象)

		降雨継続時間		
		12時間以上	3時間以上12時間未満	3時間未満
4℃上昇 (RCP8.5)		1.3	1.4	—
	北海道、九州北西部	1.4	1.5	—
	その他の13地域(沖縄含む)	1.2	1.3	—
2℃上昇 (RCP2.6) (暫定値)			1.1	① 値設定しない
	北海道	② 割増係数 適用しない		1.15
	その他の14地域(沖縄含む)			1.1

降雨量変化倍率と適用範囲について

○降雨量変化倍率と適用範囲は、令和元年10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。
- ・島嶼部（沖縄等）における降雨量変化倍率は、その他の地域と同じ値とする。
- ・小流域・短時間降雨に対して、4℃上昇時は割増係数を適用し、2℃上昇時は適用しない。
- ・4℃上昇時における降雨継続時間1、2時間の降雨量変化倍率は、その現象の解明とメカニズムの評価が引き続き必要であると判断し、値の設定は見送る。

		降雨継続時間		
		12時間以上	3時間以上12時間未満	3時間未満
4℃上昇 (RCP8.5)		1.3	1.4	—
	北海道、九州北西部	1.4	1.5	—
	その他の13地域（沖縄含む）	1.2	1.3	—
2℃上昇 (RCP2.6) (暫定値)		1.1		
	北海道、 九州北西部	1.15		
	その他の14地域（沖縄含む）	1.1		