

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.320

March 2004

地球温暖化に伴う降雨特性変化に関する共同研究 報告書

Joint research on the variation of rainfall characteristic associated with global warming

Report

気象庁 気候・海洋気候部
気象研究所
国土技術政策総合研究所

Japan Meteorological Agency Climate and Marine Department

Meteorological Research Institute

National Institute for Land and Infrastructure Management

地球温暖化に伴う降雨特性変化に関する共同研究

報告書

和田 一範*
川崎 秀明**
村瀬 勝彦***
富澤 洋介****
尾瀬 智昭*****
石原 幸司*****
栗原 和夫*****

概 要 :

本資料は平成15年度に行われた地球温暖化に伴う降雨特性変化に関する共同研究の内容を取りまとめたものである。

キーワード：地球温暖化、地域気候モデル、洪水リスク、渇水リスク

-
- * : 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部 流域管理研究官
** : 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部ダム研究室長
*** : 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部ダム研究室 主任研究官
**** : 国土交通省 国土技術政策総合研究所 河川研究部ダム研究室 研究官
***** : 気象庁気候・海洋気象部気候情報課気候モデル開発推進官
***** : 気象庁気候・海洋気象部気候情報課情報係長
***** : 気象庁気象研究所環境・応用研究部第三研究室長

Joint research on the variation of rainfall characteristic associated with global warming

Report

Kazunori Wada*

Hideaki Kawasaki**

Masahiko Murase***

Yosuke Tomizawa****

Tomoaki Ose*****

Koji Ishihara*****

Kazuo Kurihara*****

Synopsis

This report made up contents of joint research on the variation of rainfall characteristic associated with global warming.

Key Words : global warming, regional climate model, flood risk, drought risk

-
- * : Research Coordinator for Watershed Management, Water management and Dam Division, River Department, NILIM
- ** : Head, Water Management and Dam Division, River Department, NILIM
- *** : Senior Researcher, Water Management and Dam Division, River Department, NILIM
- **** : Researcher, Water Management and Dam Division, River Department, NILIM
- ***** : Senior Coordinator for Climate Modeling Japan Meteorological Agency Climate and Marine Department
- ***** : Japan Meteorological Agency Climate and Marine Department
- ***** : Head, The Third Research Laboratory, Atmospheric Environment and Applied Meteorology Research Department, Meteorological Research Institute

地球温暖化に伴う降雨特性変化に関する研究

目次

1 . 共同研究の概要	1
1 . 1 研究目的	1
1 . 2 研究内容	1
1 . 3 実施期間	1
1 . 4 実施計画	1
2 . 地域気候モデルによる 2031 ~ 2050 年の 20 年間の降雨特性出力	3
2 . 1 地域気候モデルによる予測	3
(1) 地域気候モデルの概要	3
(2) 地域気候モデルの計算と出力データの整備	5
2 . 2 ダウンスケーリング	6
3 . 出力結果の検証	6
3 . 1 月降水量	7
3 . 2 日降水量・3 時間降水量の出現頻度	17
(1) 日降水量の出現頻度	17
(2) 3 時間降水量の出現頻度	19
3 . 3 日降水量・3 時間降水量の極値	22
(1) 20 年最大日・2 日降水量	22
(2) 20 年最大 3 時間降水量	27
3 . 4 観測値と RCM20 の極値分布の比較	30
3 . 4 . 1 観測所 1 地点と RCM メッシュを対応させた場合	30
3 . 4 . 2 エリア別に比較した場合	37
4 . リスク評価	45
4 . 1 洪水リスクの評価	45
(1) RCM20 計算結果から求められた 100 年確率降水量の変化	45
(2) 領域別洪水リスクの変化	48
4 . 2 渇水リスクの評価	49
5 . おわりに	51

1. 共同研究の概要

1.1 研究目的

総合科学技術会議の重点分野のひとつである環境プロジェクトで設定された「地球温暖化研究イニシアティブ」の中の温暖化影響・リスク評価プログラムの一環として、気象庁・気象研究所が開発した地域気候モデル RCM20 を用いて 2031～2050 年の降雨を出力し、特に河川管理の側から見たモデルの適用可能性・適用限界について検証した上で、地球温暖化による洪水・渇水等の災害リスクの評価を実施する。これらの検証・評価は、将来における災害への対応という観点からも重要である。

1.2 研究内容

地形データ等を加味した水平解像度 20km の地域気候モデル(RCM20:気象庁が所有) を使用して 2031～2050 年の 20 年間の我が国付近の詳細な気候予測を行う。得られた気候予測データから降雨特性のダウンスケーリングを行い、出力結果を気象学的視点および河川工学的視点から検証する。次に、モデルから出力された降雨特性を用いて、洪水・渇水等の災害リスクの評価を実施する。

1.3 実施期間

H15.8.1～H16.3.31

1.4 実施計画

(1) 研究項目分担

地域気候モデルによる 2031～2050 年の 20 年間の降雨特性出力

-地域気候モデルによる予測(分担: 気象庁)

-上記予測結果のダウンスケーリング(分担: 気象庁・国総研、主担当は国総研)

-出力結果の検証(分担: 気象庁・国総研)

災害リスク評価(分担: 国総研)

とりまとめ(分担: 気象庁・国総研、主担当は国総研)

(2) 研究責任者(印) 及び参加する研究者

気象庁:

尾瀬智昭(気象庁気候・海洋気象部気候情報課気候モデル開発推進官)

石原幸司(気象庁気候・海洋気象部気候情報課情報係長)

栗原和夫(気象庁気象研究所環境・応用気象研究部第三研究室長)

国総研:

和田一範(国土技術政策総合研究所河川研究部流域管理研究官)

川崎秀明(国土技術政策総合研究所河川研究部ダム研究室長)

村瀬勝彦(国土技術政策総合研究所河川研究部ダム研究室主任研究官)

富澤洋介（国土技術政策総合研究所河川研究部ダム研究室研究官）

(3) 実施場所

気象庁気候・海洋気象部 東京都千代田区大手町 1 - 3 - 4

気象庁気象研究所 茨城県つくば市長峰 1 - 1

国土技術政策総合研究所 茨城県つくば市旭 1 番地

2. 地域気候モデルによる 2031～2050 年の 20 年間の降雨特性出力

2.1 地域気候モデルによる予測

(1) 地域気候モデルの概要

地球温暖化研究イニシアティブでは、気象庁の全球大気海洋結合モデル CGCM2 (IPCC 報告書では MRI2 と記載されている) による気候シナリオがベースとなっている。CGCM2 では、将来気候の計算条件 (温室効果ガス排出シナリオ) として排出シナリオに関する IPCC 特別報告書 (SRES: Special Report on Emissions Scenarios) に記載された 4 つの叙述的シナリオ (A1、A2、B1 及び B2) のうち、A2 及び B2 シナリオが使用されている。CGCM2 を用いた 1981 年～2100 年までの計算が実行され、終了した膨大な出力結果の中から、280km 格子の気温、降水量等が月単位データとして編集され公開されている (図 2.1)。地域気候モデル RCM20 はこのうちの A2 シナリオの計算結果が境界条件として使用されている。A2 は独立独行と地域の独自性を基本にした地域的経済発展を中心としたシナリオである。

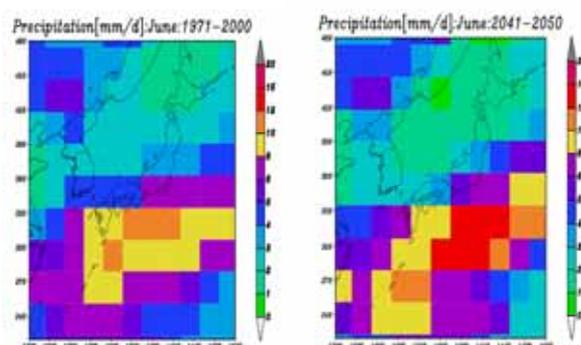


図 2.1 CGCM2 の出力結果例

(6 月の平均降水量：左 1971～2000 年の平均、右 2041～2050 の平均)

気象庁・気象研究所の RCM20 は、CGCM2 の出力結果を用い、ネスティング (大領域のモデルの計算結果を境界条件として徐々に特定領域・高解像度モデルを実行する手法) と呼ばれる技術 (図 2.2) を用いて、日本域を 20km 格子で計算できる地域気候モデルである。

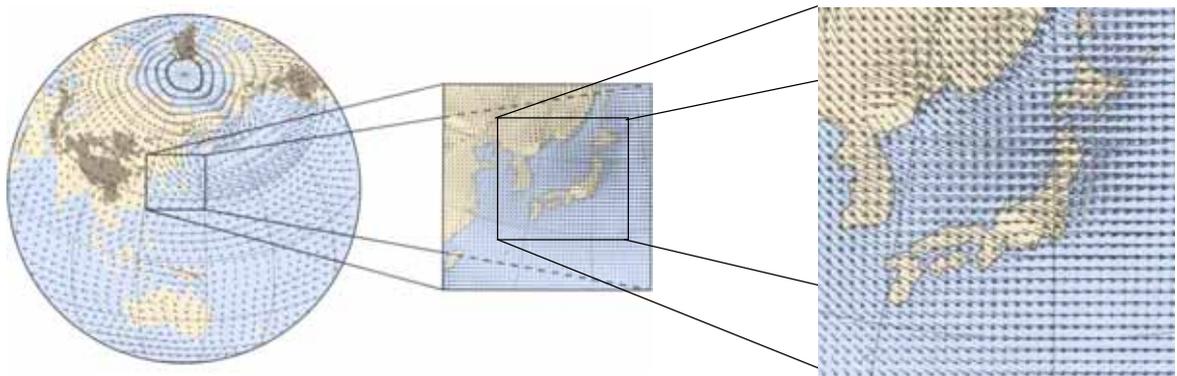


図 2.2 ネスティングのイメージ

RCM20 の概要を表 2.1 に示す。

表 2.1 RCM20 の基本仕様

基本となるモデル	RSM (気象庁数値予報課開発)
側面境界条件	60km メッシュのアジア域気候モデル (MRI-RCM60KM)
力学過程	スペクトル法
水平分解能	20km (Lambert 投影)
水平格子数	129 × 129 (提供データは 103 × 103)
鉛直総数	36
鉛直座標系	ハイブリッド座標 (σ - P)
降水過程	Arakawa-Shurbert + 大規模凝結 + 対流調節
放射過程	長波放射 + 短波放射
鉛直拡散	Mellor and Yamada の level2 クロージャーモデル
設置境界層	モニン・オブコフの相似則
地面・地中温度	4 層モデルにより予報
山岳の摩擦抵抗	あり
海面水温	全球大気海洋結合モデル (MRI-CGCM2) から計算
降雪	診断的に計算

(2) 地域気候モデルの計算と出力データの整備

地域気候モデルの計算は気象研究所に設置されたスーパーコンピュータで行なわれ、出力データが編集・整備された。気象研究所のスーパーコンピュータは、6年間の計算を約2週間で処理する性能を有する。(表 2.2、ただし H15 年度中に更新予定)。従って、全 60 年間の計算には約 5、6 ヶ月の時間を要する。

表 2.2 スーパーコンピュータのスペック (最大性能)

機種名	日立 SR8000/36
演算処理性能	255.0Gflops
CPU 数	36

出力データの容量は6年間で約300GBの大容量となるため、LAN接続されたパソコンに外付けハードディスク(外付けHD)を設置し、随時データを転送する方法によって計算システムを運用した。外付けハードディスクに記録されたデータは、気象庁でバックアップを取った後、国土技術政策総合研究所でデータ編集・整備を行った。図 2.3 に本システムの概略図を示す。

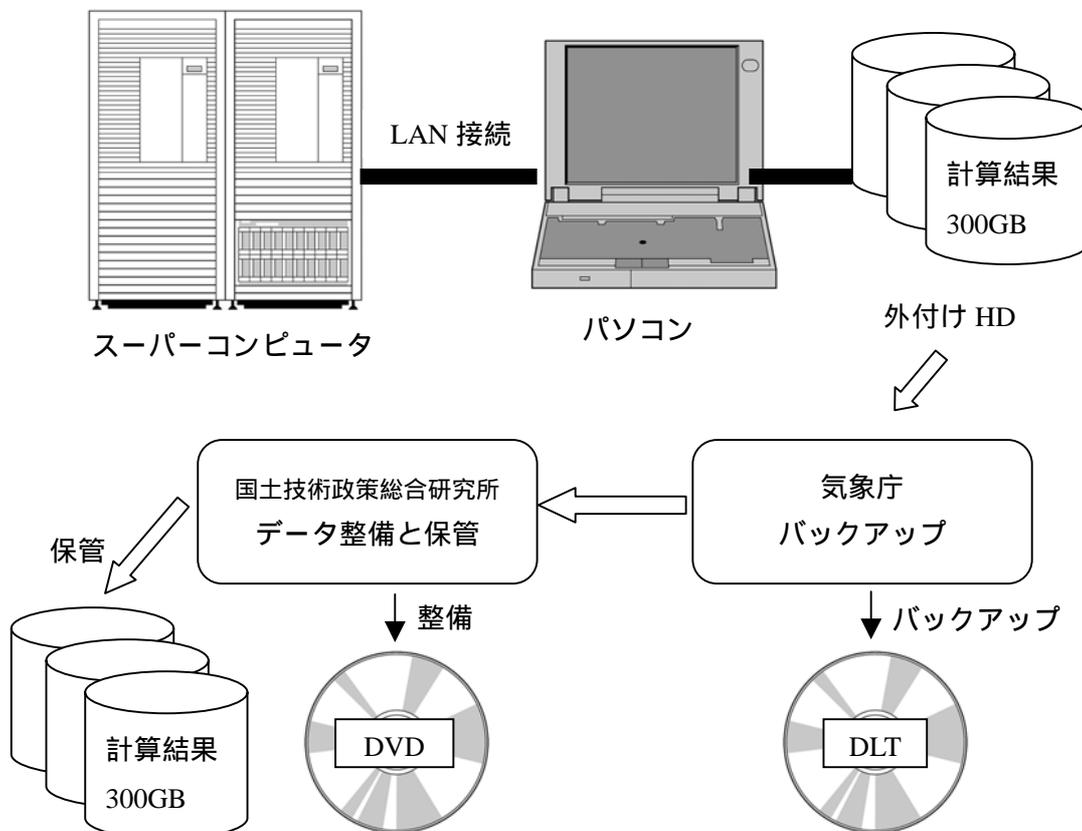


図 2.3 計算運用システムの概略図

計算結果から、表 2.3 に示す要素が整備された。

表 2.3 データ要素

データの種類	要素
イニシアティブ用 (20km 格子)	地上気圧、海面更正気圧(hPa)
	1.5m の日平均気温、日最高気温、日最低気温(K)
	25m の日平均気温(K)
	1.5m の比湿(g/kg)
	25m の比湿(g/kg)
	日降水量(雨、雪を問わない)(mm)
	日降雪量(mm)
	湿数(K)
	10m 風速 u 成分(m/s)、10m 風速 v 成分(m/s)
	25m 風速 u 成分(m/s)、25m 風速 v 成分(m/s)
	下層、中層、上層雲量

2.2 ダウンスケーリング

編集されたデータの最小解像度は、表 2.3 に示すように空間スケールが 20km、時間スケールが日単位となっている。これらの解像度は、国内の主要河川における洪水・渇水のリスクを評価するためには十分な解像度といえるが、局地的な集中豪雨による都市型河川災等のリスク評価を行う際には、さらに時間的なダウンスケーリングが必要となる。時間的なダウンスケーリングについては、更に高解像度のモデルを用いたネスティングによるダウンスケーリング、統計的な手法などが考えられるが、本研究では、計算途中で中間ファイルとして出力される 3 時間間隔のデータを一時的に保存し、時間的にダウンスケーリングされたデータとして検証を行うことにした。

3. 出力結果の検証

RCM20 によるリスク評価に先立ってモデルが実現象をどの程度、再現しているかを調べるために 1981~2000 年の 20 年間のデータで月別平年値、日降水、3 時間降水の時間スケール毎にモデルの再現性を検証した。再現性の検証にあたっては、RCM20 のネスティング元のモデルである CGCM2 との比較も行うこととした。さらに、洪水リスクの評価指標として、多くの一級河川において河川計画の基礎資料となっている 100 年確率最大日降水量・2 日降水量を取り上げ、極値分布や 20 年最大雨量の再現性の評価を行うこととした。極値分布としてガンベル分布を利用しているのは、河川計画でガンベル分布を

用いた確率雨量が採用されることが多いためである。

- 月別平年値
- 日降水量・3時間降水量の頻度分布
- 年最大日・2日降水量・年最大3時間降水量
- 観測値と RCM20 の極値分布の比較

ただし、RCM20 で提供された出力降水量は、1日24時間を8分割した3時間毎の時間帯を基本単位時間とした降水量であったので、観測値の3,6,12,24時間降水量もこれらの時間帯にあわせたデータを使用している。

3.1 月降水量

RCM20 の月降水量の再現性を評価するために、日本を北日本日本海側、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、南西諸島の7地域に分け(図3.1左)それぞれの地域ごとに観測値との比較を行った。具体的には、観測値は、全国の気象官署(図3.1右、表3.1)における平年値(1971~2000年の30年平均)を地域ごとに平均した値とし、また、RCM20の再現値は、気象官署近傍の陸上格子データから作成した1981~2000年の20年間の再現値を地域平均した値とする。

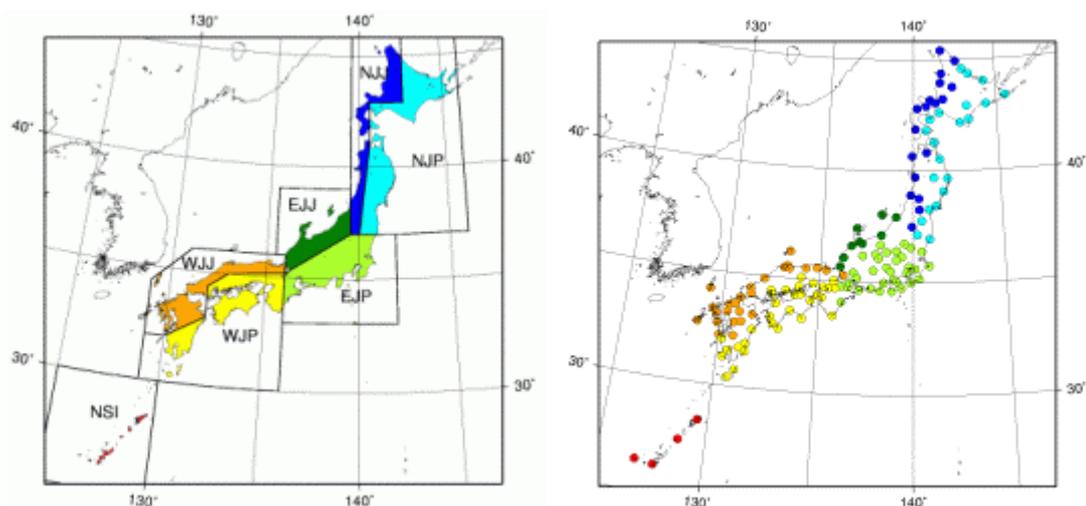


図 3.1 検証に利用した細分地域(左)と各地域内に含まれる気象官署の分布(右)

青色：北日本日本海側(NJJ)、水色：北日本太平洋側(NJP)、緑色：東日本日本海側(EJJ)、黄緑色：東日本太平洋側(EJP)、橙色：西日本日本海側(WJJ)、黄色：西日本太平洋側(WJP)、赤色：南西諸島(NSI)

表 3.1 対象地点

地域区分	地点名
北日本日本海側 (NJJ)	稚内、北見枝幸、羽幌、留萌、旭川、小樽、札幌、岩見沢、寿都、江差、倶知安、新庄、若松、深浦、青森、秋田、酒田、山形
北日本太平洋側 (NJP)	雄武、網走、帯広、釧路、根室、室蘭、苫小牧、浦河、函館、紋別、広尾、大船渡、むつ、八戸、盛岡、宮古、仙台、石巻、福島、白河、小名浜
東日本日本海側 (EJJ)	輪島、相川、新潟、金沢、伏木、富山、高田、福井、敦賀
東日本太平洋側 (EJP)	長野、宇都宮、高山、松本、諏訪、軽井沢、前橋、熊谷、水戸、岐阜、名古屋、飯田、甲府、河口湖、秩父、銚子、上野、津、伊良湖、浜松、御前崎、静岡、三島、東京、尾鷲、石廊崎、網代、横浜、館山、勝浦、大島、千葉、四日市、日光
西日本日本海側 (WJJ)	西郷、松江、境、米子、鳥取、豊岡、舞鶴、萩、浜田、彦根、下関、山口、厳原、平戸、福岡、飯塚、佐世保、佐賀、日田、大分、長崎、熊本、阿蘇山、人吉、牛深、福江
西日本太平洋側 (WJP)	津山、京都、広島、呉、福山、岡山、姫路、神戸、大阪、洲本、和歌山、潮岬、奈良、延岡、阿久根、鹿児島、都城、宮崎、枕崎、油津、屋久島、種子島、松山、多度津、高松、宇和島、高知、徳島、宿毛、清水、室戸岬
南西諸島(NSI)	名瀬、久米島、那覇、沖永良部

検証の結果は図 3.2 のとおりである。この図を見ると、

- ・ 北日本日本海側：RCM20 再現値が観測値に比べ多くなる傾向がみられ、7～9 月は特に多く計算されている。
- ・ 北日本太平洋側：7～9 月に RCM20 再現値が観測値に比べかなり多く計算されている。
- ・ 東日本日本海側・西日本日本海側・西日本太平洋側：一年を通して良く再現されている。
- ・ 東日本太平洋側：RCM20 再現値が観測値に比べて多い傾向がみられるが、降水量の季節変化等、定性的な特徴は良く再現されている。
- ・ 南西諸島：1 月と 5～6 月に RCM20 再現値が観測値に比べ、かなり多く計算されている。

北日本太平洋側や東日本太平洋側で観測よりも多く再現されている原因としては、RCM20 は RCM60 の計算結果を境界条件として取り込んで計算を行うが、日本列島と東側の境界域までの距離が十分でなく、その影響があらわれていると考えられる。南西諸島で多く再現されている要因としては南西諸島周辺では、モデル化が困難な水平スケールの小さい対流性降水が多く、RCM20 の分解能や降水計算スキームでは十分に正確な降水の再現が困難であることによると考えられる。

また、月ごとに観測値と RCM20 再現値との散布図を描くと、図 3.3 のようになる。これを見ると、6～9 月の降水量が多い時期に RCM20 再現値が大きな値となりばらつきが大きくなっていることが分かる。他の月では比較的良く再現されている。

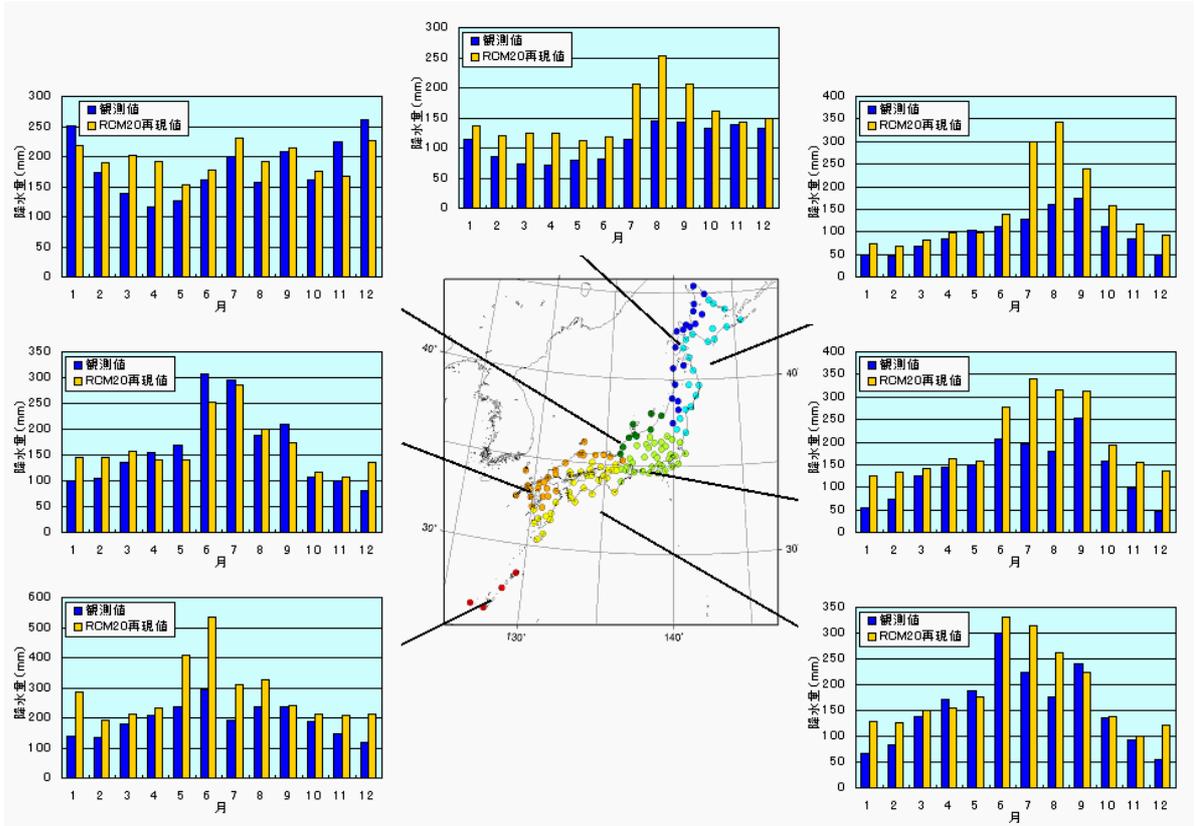


図 3.2 月降水量における、RCM20 による再現結果と気象官署における実際の観測値との比較結果

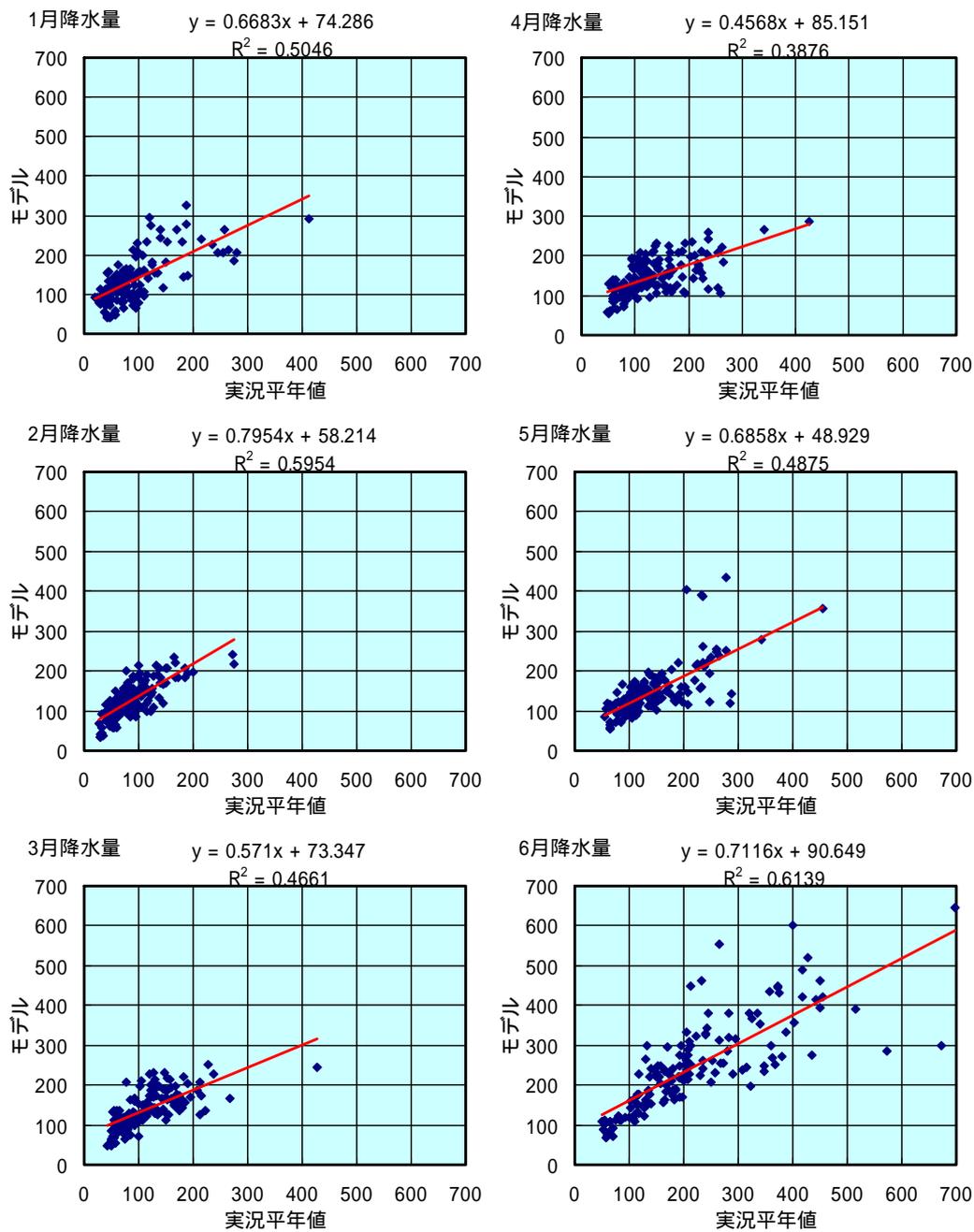


図 3.3(1) 月ごとの観測値と RCM20 再現値との散布図
横軸が観測値、縦軸が RCM20 再現値。

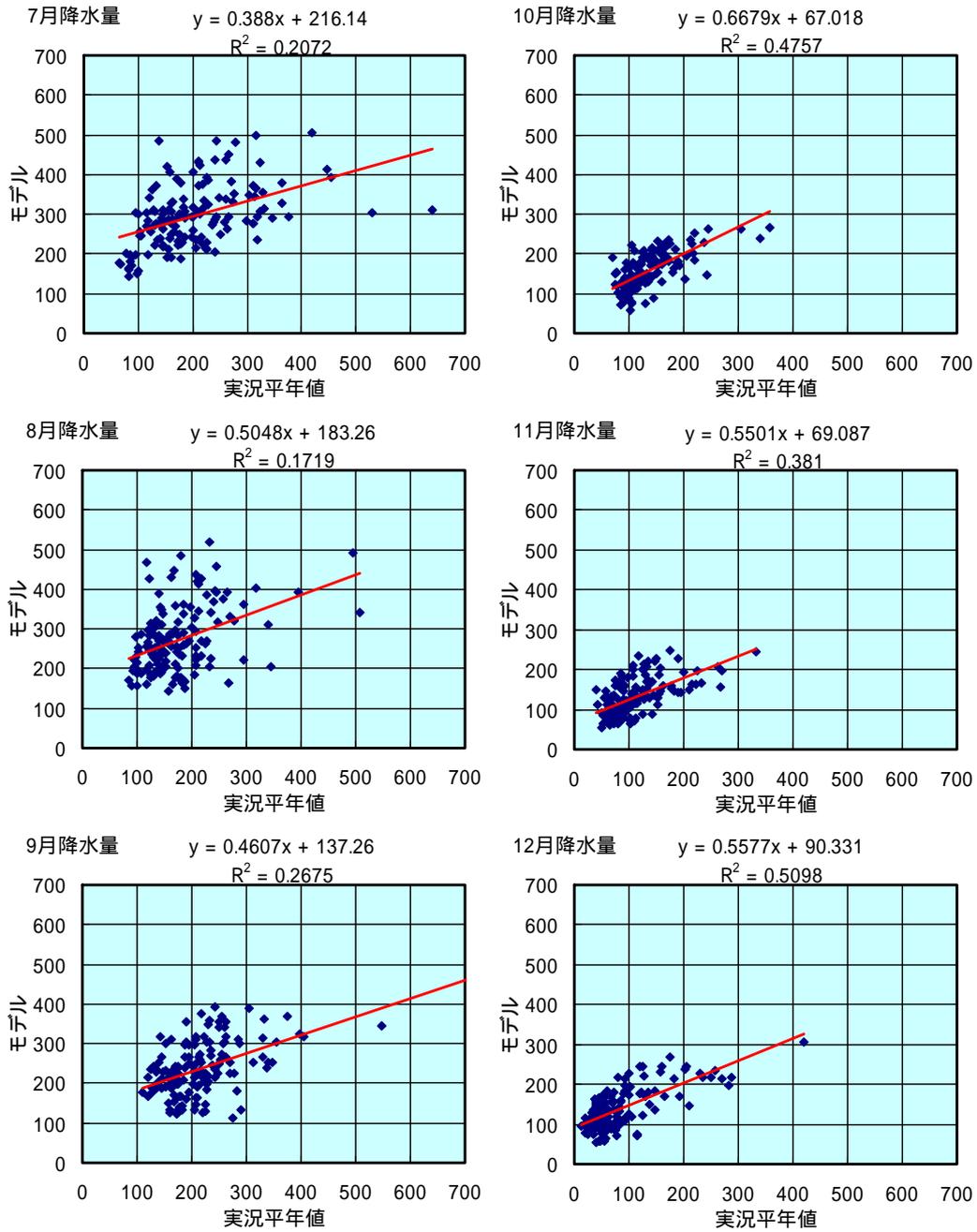


図 3.3(2) 月ごとの観測値と RCM20 再現値との散布図
横軸が観測値、縦軸が RCM20 再現値。

次に CGCM2 や RCM20 出力値と CGCM2 の格子代表領域内のアメダス観測値とを 1981～2000 年の平均の月降水量について比較した。RCM20 については、CGCM2 の格子代表領域内の RCM20 出力の平均値（陸域のみ）を CGCM2 格子毎に比較している。図 3.4 に各格子での月別降水量の棒グラフを、図 3.5 に月降水量の散布図を示した。図 3.6～3.7 には各格子での計算値と月降水量観測値との相関係数、図 3.8～3.9 に計算値と月降水量観測値との誤差 RMSE を示した。

図 3.6, 3.7 より RCM20 計算値は CGCM2 よりも相関係数が大きく、図 3.8, 3.9 より RCM20 の方が RMSE が小さくなっており、月降水量の精度は CGCM2 よりも良い結果であった。北海道東部で夏期に RCM20 の計算結果が実測より大きくなる傾向や、逆に、近畿では夏期に計算結果が実測より少なくなる傾向がみられるものの、概ね月別降水量の経年変化をよく再現しているのが判る。

CGCM2 については北海道や東北地方で相関が低い傾向があるものの、他の地域では概ね RCM20 に近い精度となっている。また、RCM20 については、多くの領域において相関係数が 0.9 程度あり、地球温暖化による渇水リスク評価を行う際に、温暖化予測モデルの月降水量が有効であることが確認できた。なお、RCM20 の計算結果が、北海道東部において実測に比べ大きくなっているのは、北海道東部と計算領域東端の間に十分な距離が無かったため、境界条件の影響を受けたものと思われる。

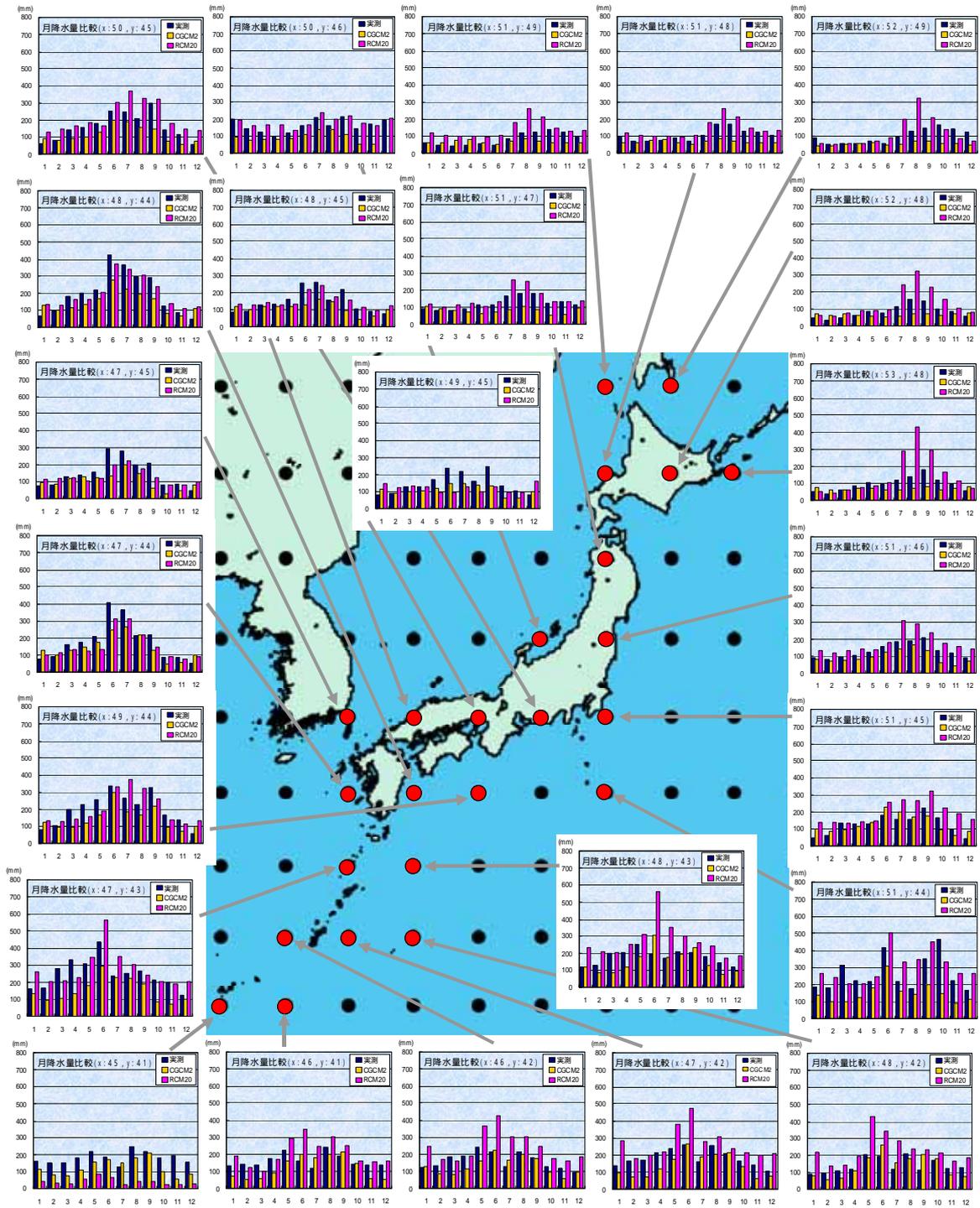


図 3.4 CGCM2, RCM20 の月降水量平年値と観測値との比較

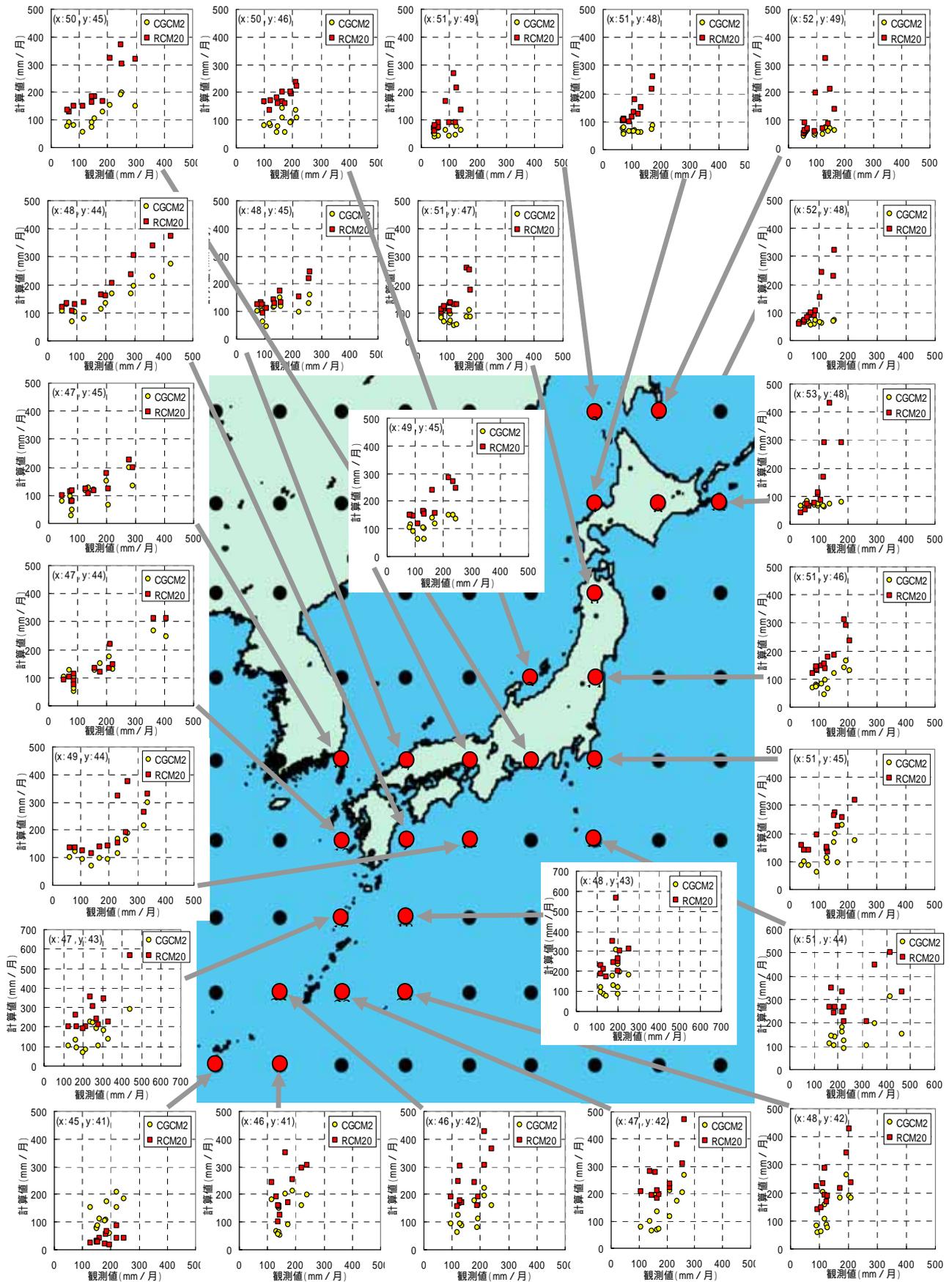


図 3.5 CGCM2, RCM20 の月降水量平年値と観測値との比較

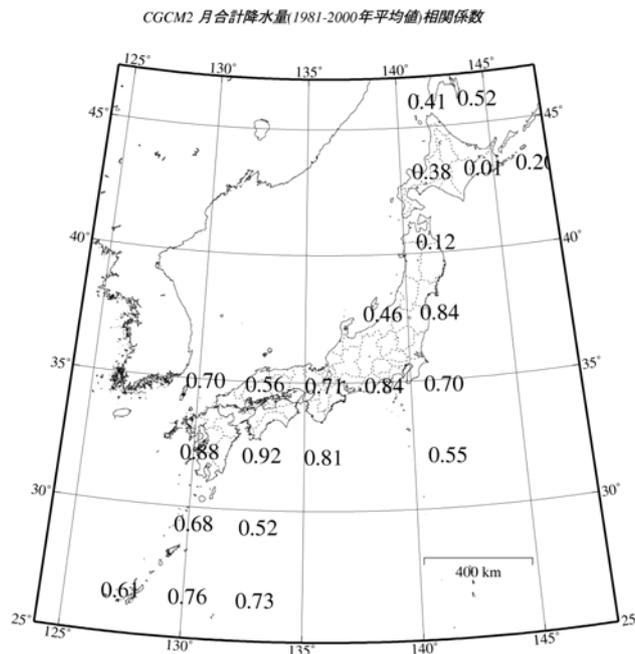


図 3.6 CGCM2 と月降水量観測値との相関係数

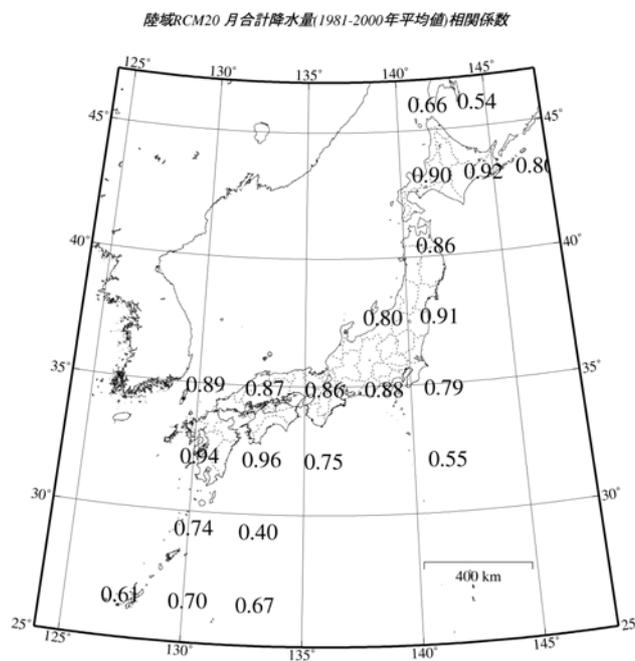


図 3.7 RCM20 と月降水量観測値との相関係数

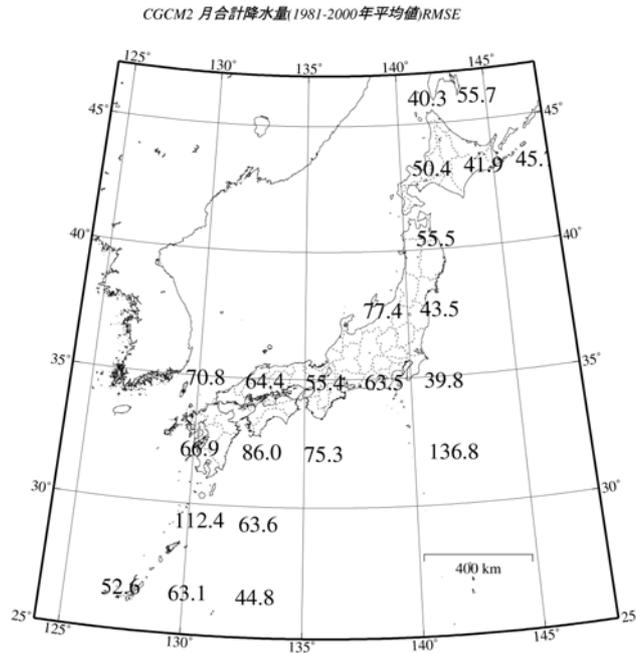


図 3.8 CGCM2 と月降水量観測値との誤差 (RMSE)

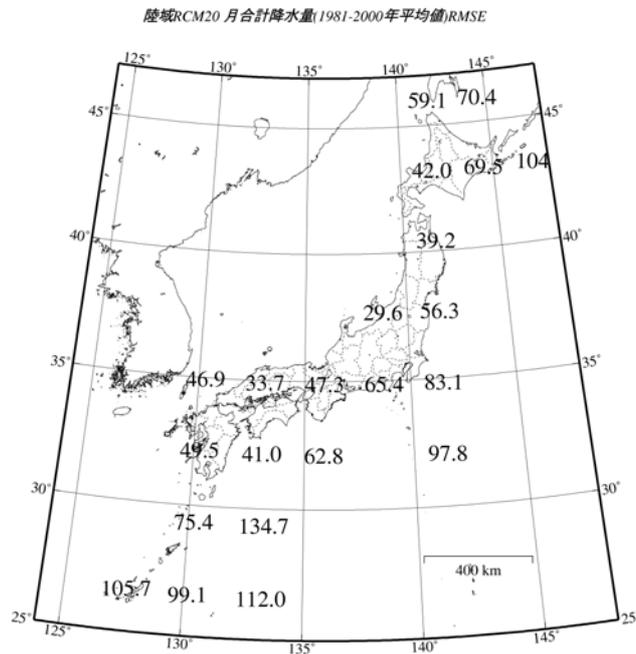


図 3.9 RCM20 と月降水量観測値との誤差 (RMSE)

3.2 日降水量・3時間降水量の出現頻度

統計を行うにあたって、以下に示した気象庁予報区分ごとに評価することにした。

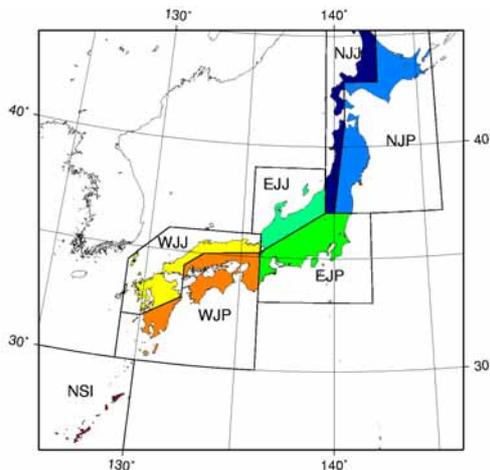


図 3.10 気象庁予報区分

表 3.1 対象地点

予報区分	地点名
北日本・日本海側 (NJJ)	稚内、北見枝幸、羽幌、留萌、旭川、小樽、札幌、岩見沢、寿都、江差、倶知安、新庄、若松、深浦、青森、秋田、酒田、山形
北日本・太平洋側 (NJP)	雄武、網走、帯広、釧路、根室、室蘭、苫小牧、浦河、函館、紋別、広尾、大船渡、むつ、八戸、盛岡、宮古、仙台、石巻、福島、白河、小名浜
東日本・日本海側 (EJJ)	輪島、相川、新潟、金沢、伏木、富山、高田、福井、敦賀
東日本・太平洋側 (EJP)	長野、宇都宮、高山、松本、諏訪、軽井沢、前橋、熊谷、水戸、岐阜、名古屋、飯田、甲府、河口湖、秩父、銚子、上野、津、伊良湖、浜松、御前崎、静岡、三島、東京、尾鷲、石廊崎、網代、横浜、館山、勝浦、大島、千葉、四日市、日光
西日本・日本海側 (WJJ)	西郷、松江、境、米子、鳥取、豊岡、舞鶴、萩、浜田、彦根、下関、山口、巖手、平戸、福岡、飯塚、佐世保、佐賀、日田、大分、長崎、熊本、阿蘇山、人吉、牛深、福江
西日本・太平洋側 (WJP)	津山、京都、広島、呉、福山、岡山、姫路、神戸、大阪、洲本、和歌山、潮岬、奈良、延岡、阿久根、鹿児島、都城、宮崎、枕崎、油津、屋久島、種子島、松山、多度津、高松、宇和島、高知、徳島、宿毛、清水、室戸岬
南西諸島 (NSI)	名瀬、久米島、那覇、沖永良部

(1) 日降水量の出現頻度

RCM20 と観測値の日降水量の出現頻度について比較した結果、以下の特徴があった。

- ・ 無降雨 (0.0 - 0.4mm) の出現頻度が実測と比較して少ない傾向が南に行くほど顕著で、南西諸島では実測の3分の1の出現頻度しかない。
- ・ 弱雨は北日本日本海側の精度が良く、強雨出現頻度は西日本日本海側の精度が良い。
- ・ 西日本太平洋側を除く地域で、100mm/day以上の強雨の出現頻度が実測よりも多い。北日本で強雨の出現頻度が実測の3倍以上となっているが、出現回数としては小さいため総降水量に与える影響は小さいと考えられる。

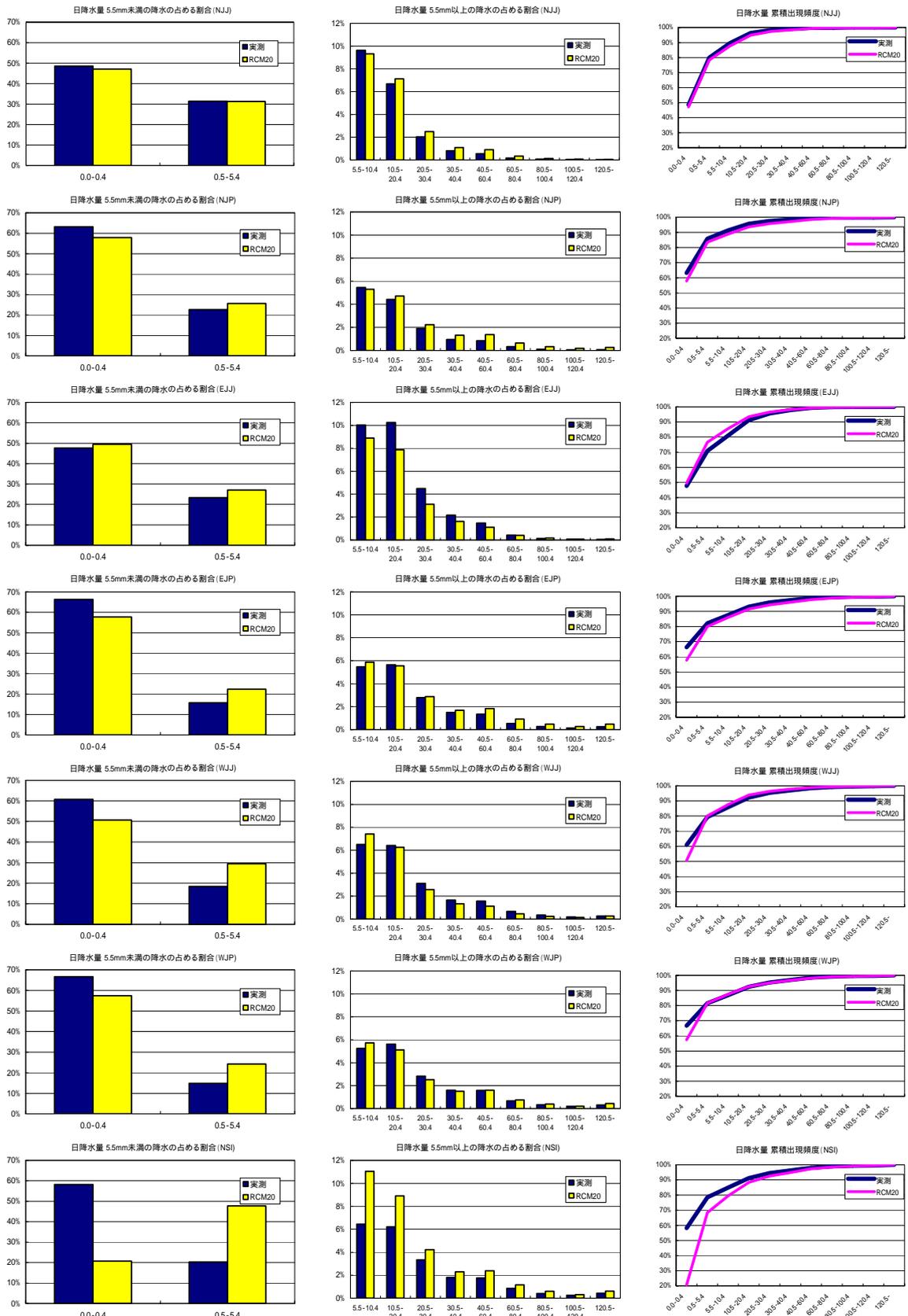


図 3.11 日降水量予報区分別出現頻度

表 3.2 日降水量予報区分別出現頻度 RCM20 の実測に対する差

	NJJ	NJP	EJJ	EJP	WJJ	WJP	NSI
0.0- 0.4mm	-1.40%	-5.31%	1.89%	-8.59%	-10.12%	-9.26%	-37.53%
0.5- 5.4mm	-0.21%	3.05%	3.80%	6.55%	11.00%	9.37%	27.46%
5.5-10.4mm	-0.30%	-0.15%	-1.11%	0.41%	0.92%	0.47%	4.61%
10.5-20.4mm	0.45%	0.28%	-2.38%	-0.09%	-0.15%	-0.50%	2.69%
20.5-30.4mm	0.47%	0.33%	-1.36%	0.09%	-0.53%	-0.30%	0.90%
30.5-40.4mm	0.31%	0.37%	-0.56%	0.18%	-0.31%	-0.08%	0.49%
40.5-60.4mm	0.35%	0.53%	-0.38%	0.48%	-0.43%	0.01%	0.62%
60.5-80.4mm	0.17%	0.32%	-0.02%	0.39%	-0.22%	0.08%	0.31%
80.5-100.4mm	0.07%	0.23%	0.05%	0.21%	-0.11%	0.05%	0.21%
100.5-120.4mm	0.05%	0.13%	0.01%	0.14%	-0.05%	0.03%	0.07%
120.5mm-	0.05%	0.21%	0.05%	0.24%	0.00%	0.13%	0.18%

表 3.3 日降水量予報区分別出現頻度 RCM20 の実測に対する比率

	NJJ	NJP	EJJ	EJP	WJJ	WJP	NSI
0.0- 0.4mm	0.97	0.92	1.04	0.87	0.83	0.86	0.36
0.5- 5.4mm	0.99	1.14	1.16	1.42	1.60	1.63	2.36
5.5-10.4mm	0.97	0.97	0.89	1.07	1.14	1.09	1.72
10.5-20.4mm	1.07	1.06	0.77	0.98	0.98	0.91	1.43
20.5-30.4mm	1.23	1.17	0.70	1.03	0.83	0.90	1.27
30.5-40.4mm	1.38	1.38	0.74	1.12	0.81	0.95	1.27
40.5-60.4mm	1.62	1.63	0.75	1.36	0.73	1.01	1.35
60.5-80.4mm	2.00	1.95	0.96	1.73	0.67	1.12	1.36
80.5-100.4mm	2.03	3.05	1.35	1.79	0.69	1.15	1.52
100.5-120.4mm	2.84	3.15	1.16	1.99	0.75	1.13	1.28
120.5mm-	3.73	3.93	1.92	2.00	0.99	1.40	1.41

網掛け：実測比 0.9～1.1、太字：各階級で最も実測比が 1 に近い地域

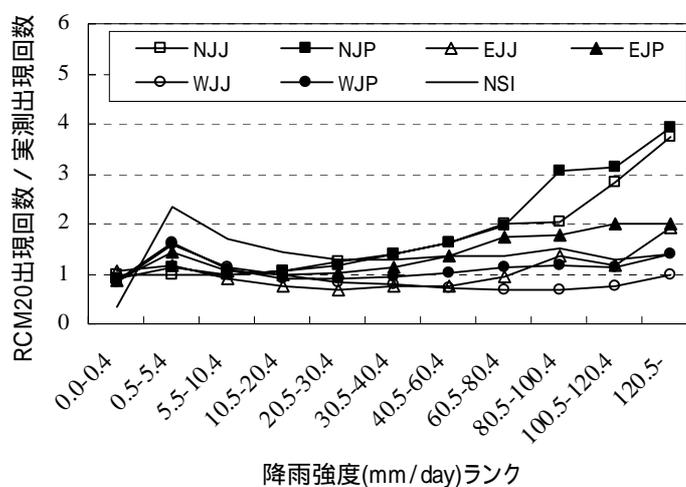


図 3.12 日降水量予報区分別出現頻度 RCM20 の実測に対する比率

(2) 3 時間降水量の出現頻度

3 時間降水量の出現頻度の統計結果から、以下のような特徴があった。

- ・無降雨 (0.0-0.4mm) の出現頻度が実測と比較して少ない。(NSI は 15%少ない)
- ・その分弱雨 (0.5-2.4mm) の出現頻度が多くなっている。
- ・累積出現頻度を見ると 2.5mm 以上の降雨の出現頻度は実測と非常に良く一致している。
- ・北日本 (NJJ、NJP) で、30mm を超える強雨が実測の 2 倍以上の頻度で出現している。

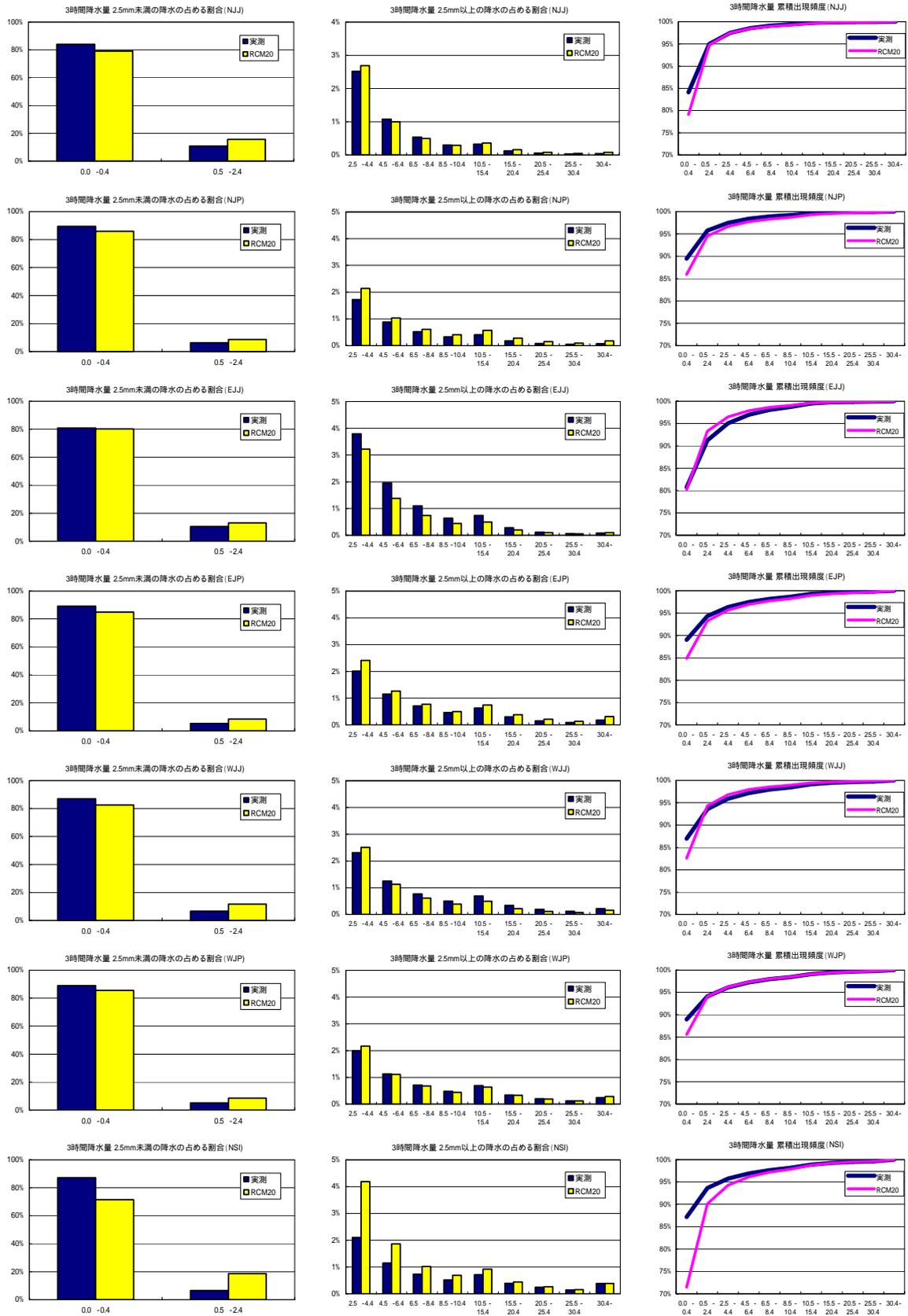


図 3.13 3 時間降水量予報区別出現頻度

表 3.4 3時間降水量予報区分別出現頻度

	NJJ		NJP		EJJ		EJP		WJJ		WJP		NSI	
	実測	RCM20												
0.0 - 0.4mm	84.12%	79.12%	89.48%	85.92%	80.75%	80.22%	89.02%	84.87%	86.96%	82.57%	88.95%	85.57%	87.14%	71.45%
0.5 - 2.4mm	10.88%	15.66%	6.28%	8.60%	10.50%	13.06%	5.31%	8.41%	6.64%	11.73%	5.17%	8.49%	6.51%	18.63%
2.5 - 4.4mm	2.52%	2.69%	1.72%	2.14%	3.79%	3.22%	2.01%	2.41%	2.31%	2.51%	1.99%	2.17%	2.10%	4.19%
4.5 - 6.4mm	1.08%	1.00%	0.88%	1.03%	1.96%	1.38%	1.15%	1.26%	1.25%	1.13%	1.13%	1.11%	1.15%	1.86%
6.5 - 8.4mm	0.54%	0.50%	0.52%	0.61%	1.10%	0.74%	0.71%	0.77%	0.77%	0.61%	0.71%	0.68%	0.73%	1.02%
8.5 - 10.4mm	0.30%	0.29%	0.33%	0.41%	0.64%	0.44%	0.46%	0.50%	0.50%	0.39%	0.48%	0.44%	0.51%	0.69%
10.5 - 15.4mm	0.33%	0.36%	0.41%	0.57%	0.74%	0.49%	0.63%	0.74%	0.69%	0.49%	0.69%	0.64%	0.71%	0.92%
15.5 - 20.4mm	0.12%	0.16%	0.18%	0.28%	0.28%	0.20%	0.30%	0.38%	0.34%	0.22%	0.34%	0.33%	0.39%	0.44%
20.5 - 25.4mm	0.06%	0.08%	0.08%	0.15%	0.11%	0.10%	0.15%	0.21%	0.19%	0.11%	0.20%	0.19%	0.24%	0.26%
25.5 - 30.4mm	0.03%	0.05%	0.05%	0.09%	0.06%	0.05%	0.09%	0.13%	0.12%	0.07%	0.12%	0.12%	0.14%	0.15%
30.4mm-	0.04%	0.08%	0.07%	0.18%	0.08%	0.10%	0.18%	0.31%	0.22%	0.16%	0.24%	0.28%	0.38%	0.38%
合計	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

表 3.5 3時間降水量予報区分別出現頻度 RCM20 の実測に対する差

	NJJ	NJP	EJJ	EJP	WJJ	WJP	NSI
0.0 - 0.4mm	-5.00%	-3.56%	-0.53%	-4.15%	-4.39%	-3.38%	-15.69%
0.5 - 2.4mm	4.78%	2.32%	2.56%	3.10%	5.09%	3.32%	12.12%
2.5 - 4.4mm	0.17%	0.42%	-0.57%	0.40%	0.20%	0.18%	2.09%
4.5 - 6.4mm	-0.08%	0.15%	-0.58%	0.11%	-0.12%	-0.02%	0.71%
6.5 - 8.4mm	-0.04%	0.09%	-0.36%	0.06%	-0.16%	-0.03%	0.29%
8.5 - 10.4mm	-0.01%	0.08%	-0.20%	0.04%	-0.11%	-0.04%	0.18%
10.5 - 15.4mm	0.03%	0.16%	-0.25%	0.11%	-0.20%	-0.05%	0.21%
15.5 - 20.4mm	0.04%	0.10%	-0.08%	0.08%	-0.12%	-0.01%	0.05%
20.5 - 25.4mm	0.02%	0.07%	-0.01%	0.06%	-0.08%	-0.01%	0.02%
25.5 - 30.4mm	0.02%	0.04%	-0.01%	0.04%	-0.05%	0.00%	0.01%
30.4mm-	0.04%	0.11%	0.02%	0.13%	-0.06%	0.04%	0.00%

表 3.6 3時間降水量予報区分別出現頻度 RCM20 の実測に対する比率

	NJJ	NJP	EJJ	EJP	WJJ	WJP	NSI
0.0 - 0.4mm	0.94	0.96	0.99	0.95	0.95	0.96	0.82
0.5 - 2.4mm	1.44	1.37	1.24	1.59	1.77	1.64	2.86
2.5 - 4.4mm	1.07	1.24	0.85	1.20	1.09	1.09	2.00
4.5 - 6.4mm	0.93	1.17	0.70	1.10	0.90	0.98	1.61
6.5 - 8.4mm	0.93	1.19	0.67	1.08	0.80	0.96	1.41
8.5 - 10.4mm	0.95	1.26	0.69	1.09	0.77	0.90	1.34
10.5 - 15.4mm	1.10	1.38	0.66	1.18	0.71	0.94	1.29
15.5 - 20.4mm	1.37	1.54	0.73	1.28	0.64	0.98	1.15
20.5 - 25.4mm	1.46	1.87	0.88	1.41	0.59	0.95	1.11
25.5 - 30.4mm	1.66	1.93	0.82	1.48	0.59	1.01	1.05
30.4mm-	2.21	2.71	1.25	1.75	0.73	1.14	1.00

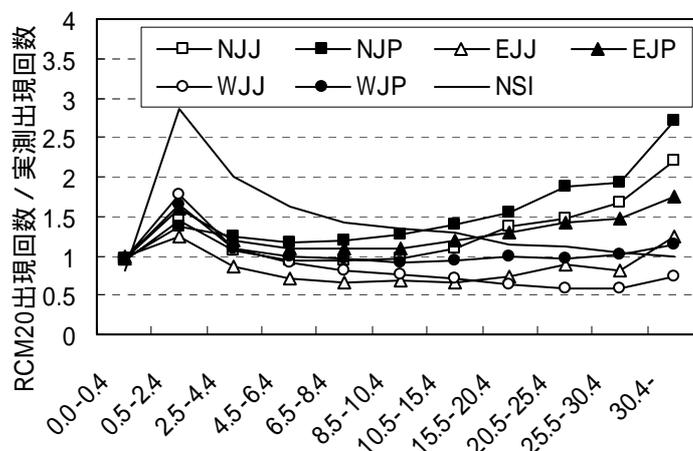


図 3.14 3時間降水量予報区分別出現頻度 RCM20 の実測に対する比率

3.3 日降水量・3時間降水量の極値

(1) 20年最大日・2日降水量

洪水リスク評価への適用可能性を確認するために、1981年～2000年の年最大降水量の再現精度を調べた。CGCM2については、公開されているデータのうち最小の時間解像度である日降水量を対象とした。観測とCGCM2、RCM20の計算結果を比較した結果をそれぞれ図3.15(1)～(3)に示す(図中の数字は、計算値/実測値で、実測値やRCM20の値はCGCM2格子スケールで地点平均して求めた)。CGCM2の場合は、実測に比べて計算された極値が小さい。RCM20の結果では、ほとんどの領域で計算値が実測値に比べ2割程度大きいものの、その比率について地域的なバラツキも少なく、概ね良好な結果となっている。この差は、それぞれのモデルの降水過程の違いに加え、RCM20の水平分解能(20km)がCGCM2の水平分解能(280km)よりもはるかに細かく、地形の起伏に応じた降水強度の分布が、より現実に近い形で再現できたためと思われる。

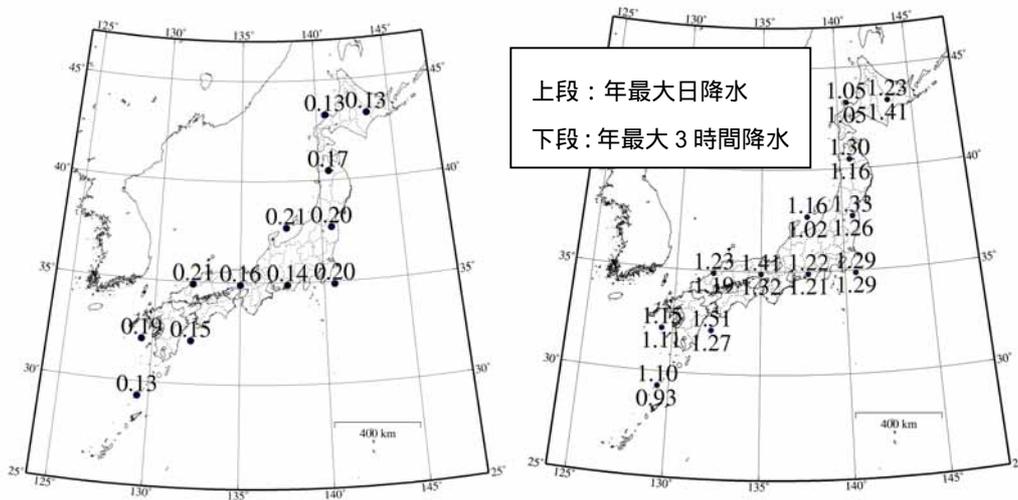


図3.15(1) CGCM2による年最大日降水量の再現精度 図3.15(2) RCM20による年最大の降水量再現精度

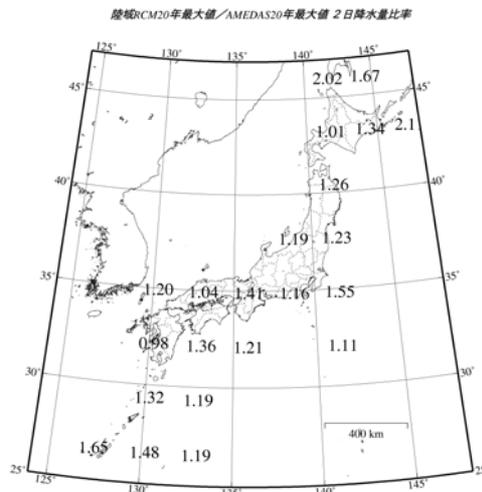


図 3.15(3) RCM20 による年最大 2 日降水量の再現精度 (計算値 / 実測値)

1981～2000年の20年最大日、2日降水量について、CGCM2の格子の代表領域別に、アメダス観測20年最大値とRCM20計算値20年最大値の領域別平均値を比較した結果を図3.16,17に示した。図3.18,19に観測値とRCM20の20年最大の分布図を示した。海上の格子の場合には、領域内に含まれるアメダス地点が地域があるので、結果の利用には注意が必要である。

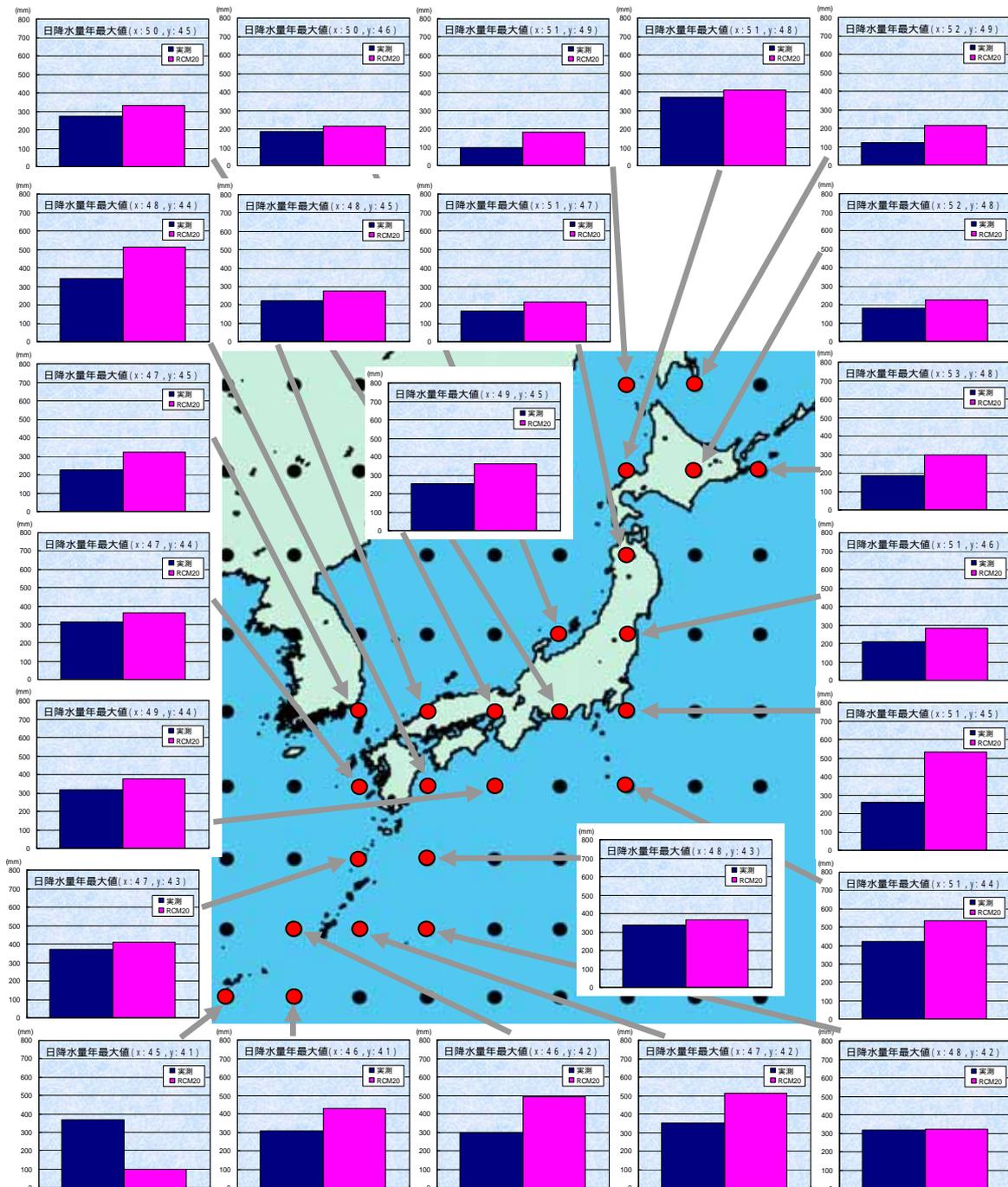


図 3.16 20年最大日降水量のRCM20と観測値との比較

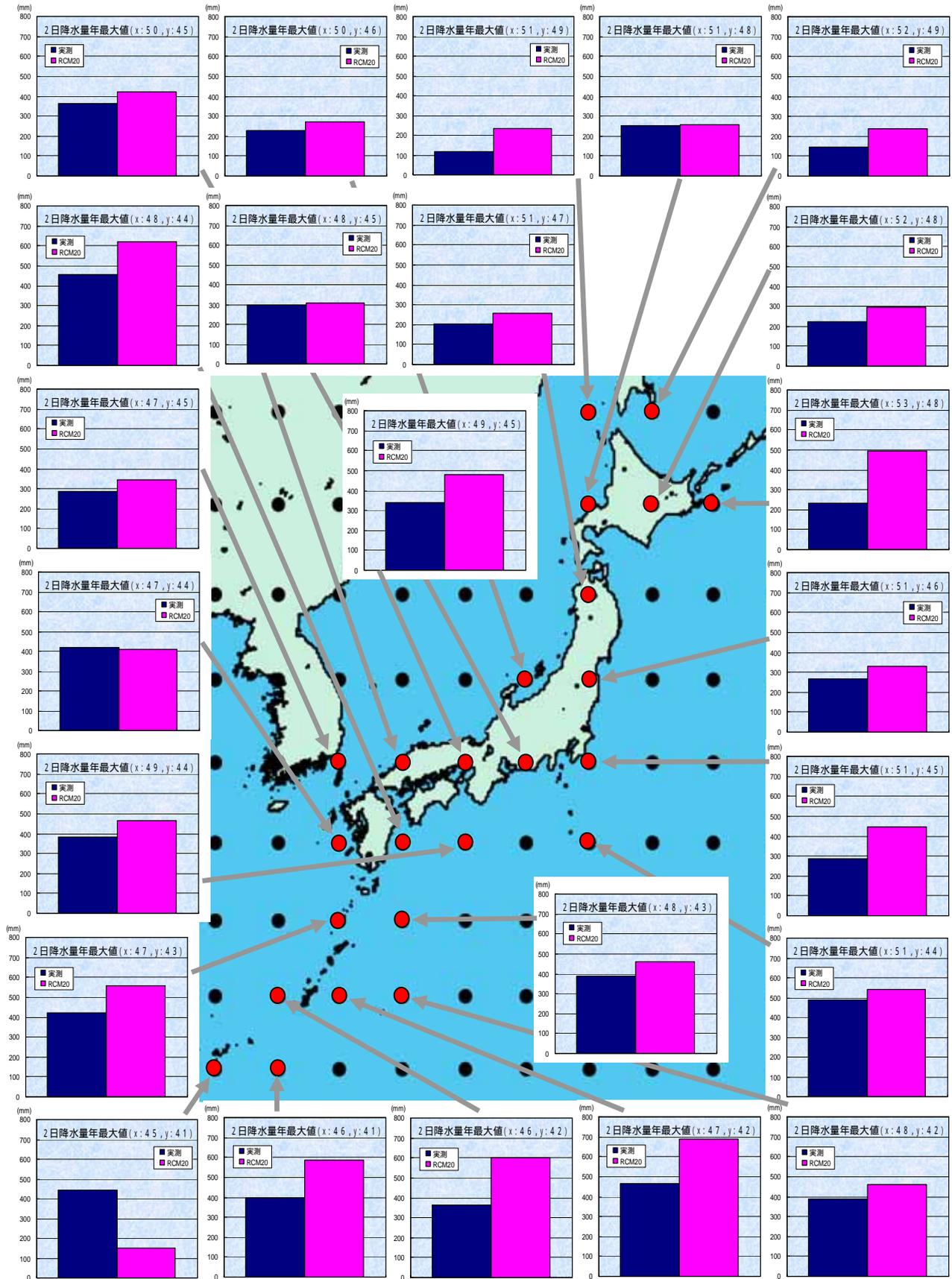


図 3.17 20年最大2日降水量のRCM20と観測値との比較

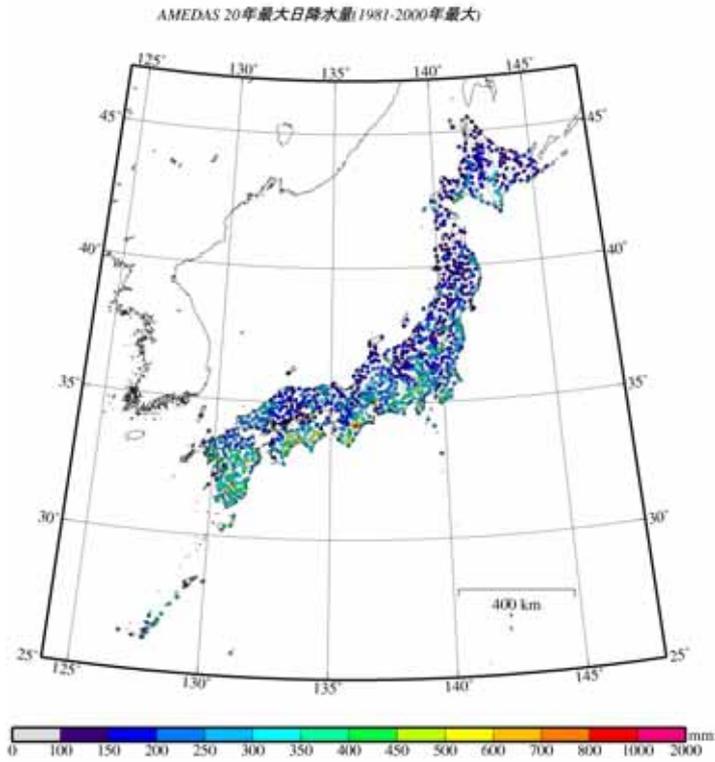


図 3.18(1) アメダス地点での 20 年最大日降水量観測値

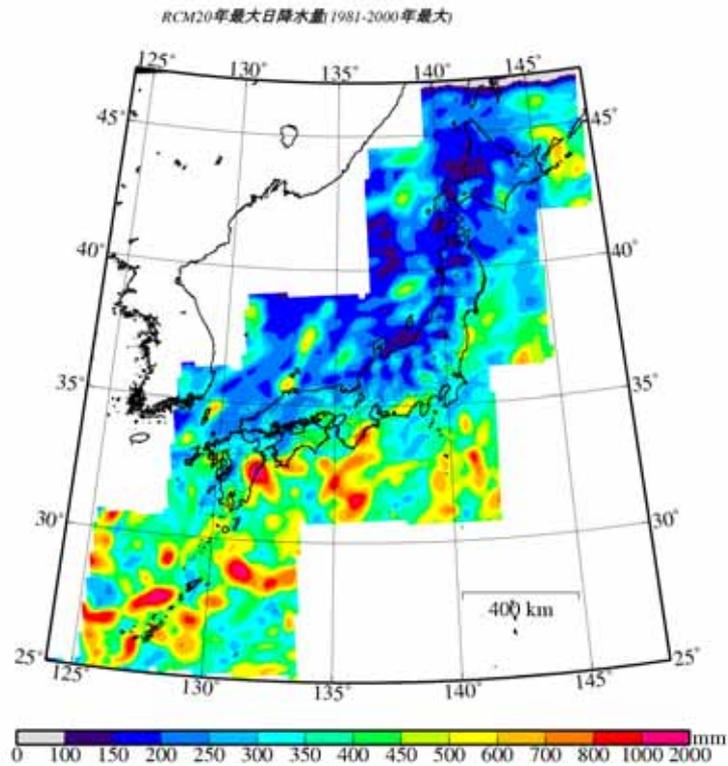


図 3.18(2) RCM20 の 20 年最大日降水量の分布

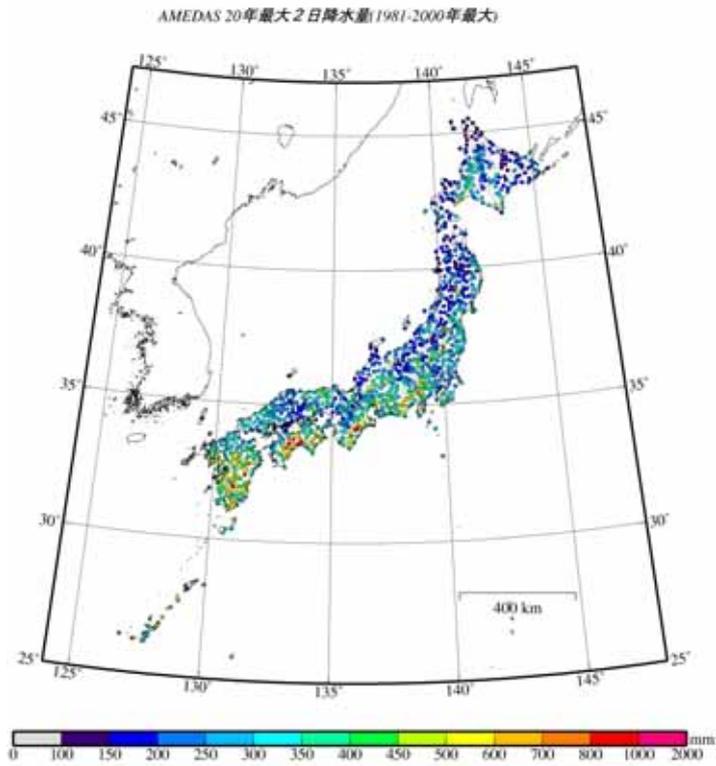


図 3.19(1) アメダス地点での 20 年最大 2 日降水量観測値

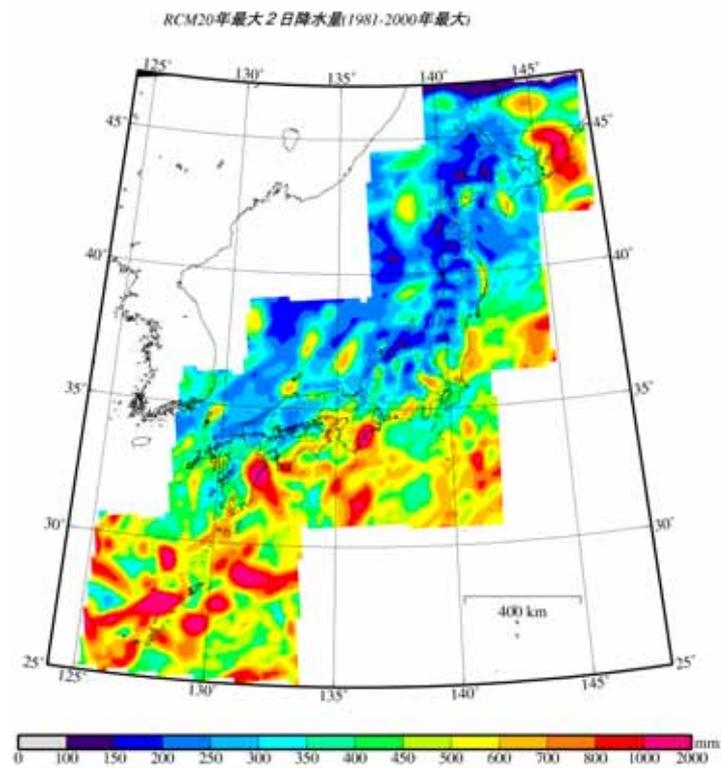


図 3.19(2) RCM20 の 20 年最大 2 日降水量

(2) 20年最大3時間降水量

1981～2000年の20年最大3時間降水量について、CGCM2の格子の代表領域別に、アメダス観測20年最大値とRCM20計算値20年最大値の領域別平均値を比較した結果を図3.20に示した。図3.21に観測値とRCM20の20年最大の分布図を示し、図3.22に両者の比を示した。

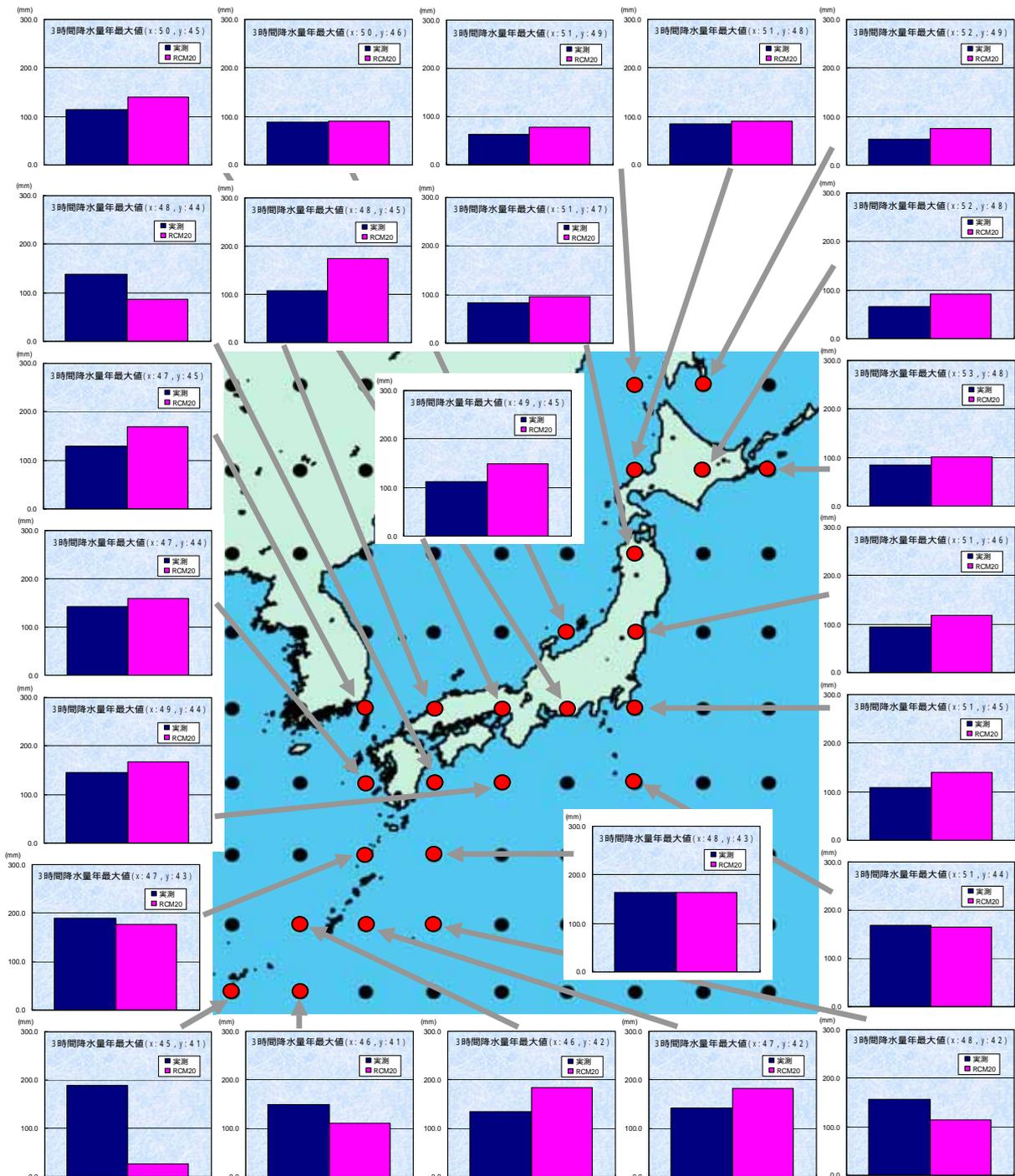


図 3.20 20年最大3時間降水量のRCM20と観測値の比較

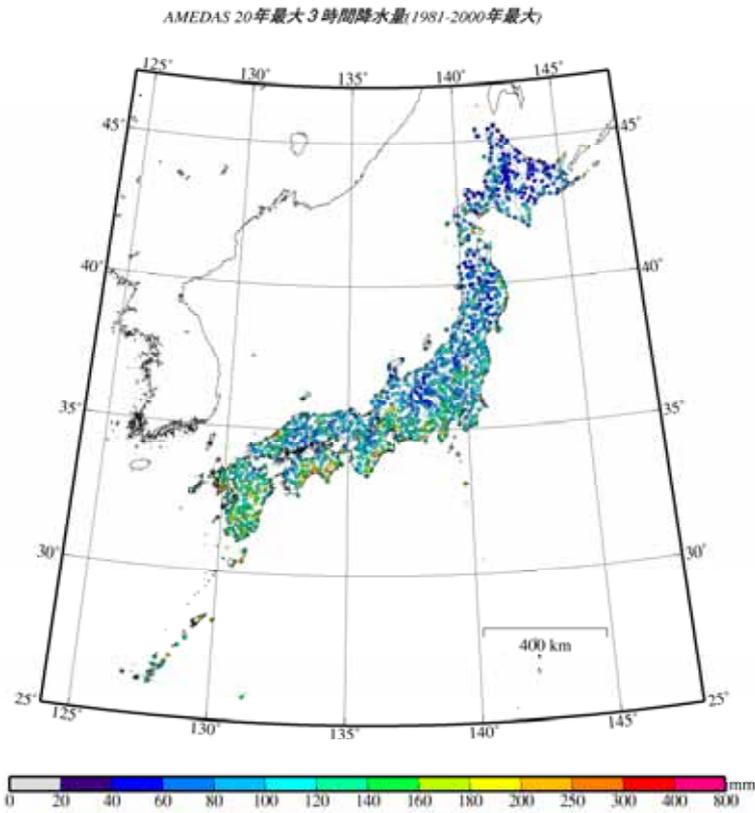


図 3.21(1) アメダス地点の 20 年最大 3 時間降水量

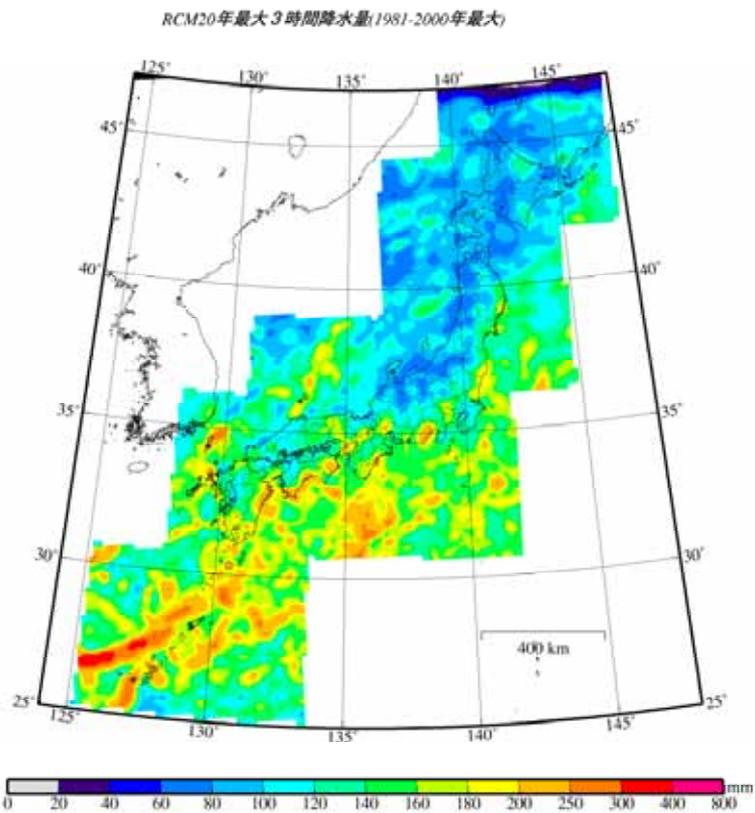


図 3.21(2) RCM20 の 20 年最大 3 時間降水量

陸域RCM20年最大値/AMEDAS20年最大値 3時間降水量比率

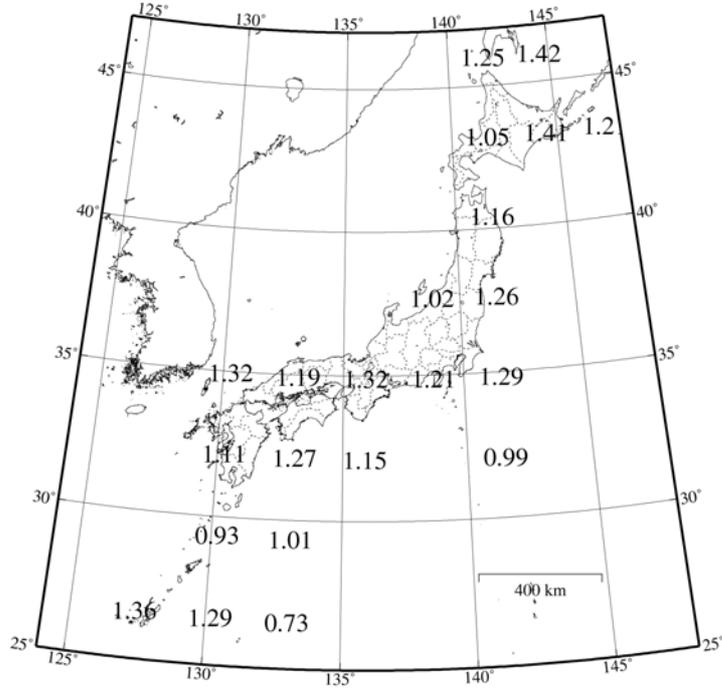


図 3.22 20年最大3時間降水量のRCM20と観測値の比

3.4 観測値と RCM20 の極値分布の比較

治水計画においては数十年連続した極値のデータを極値分布にあてはめて得られる確率降水量が利用されることが多い。特に、RCM20 については計算に多大な時間と計算機資源を要するため将来予測については、連続した計算期間が 20 年間と短い。そのため、20 年間のデータから求める 100 年確率降水量の信憑性をさらに高めるためには、期間内の 20 年最大値の一致度に加え、極値分布の形状の類似性が重要となる。そこで、1981 年～2000 年の 20 年間を対象として、年最大の日降水量、2 日降水量、3 時間、6 時間、12 時間、24 時間降水量を Gumbel 分布に当てはめた場合の観測値と RCM20 計算結果のそれぞれの分布形状を比較した。

ガンベル分布の確率密度関数は以下の式で表される。

$$f(X) = \exp \left\{ -\exp \left[-\frac{(X - a)}{b} \right] - \frac{(X - a)}{b} \right\} \cdot \frac{1}{b} \quad \dots \text{式 3.4-1}$$

ここで、 $f(X)$: X の出現確率密度関数

$$= S_x \cdot \sqrt{6} / \dots \dots \dots \text{式 3.4-2}$$

$$= X_a - \dots \dots \dots \text{式 3.4-3}$$

ここで、 $\sigma = 0.57721$ 、 X_a : X の平均、 S_x : X の標準偏差

地点別の極値分布の比較では、観測極値と RCM20 の 20 年分データそれぞれについて式 3.4-1、式 3.4-2、式 3.4-3 からガンベル分布パラメーター (σ 、 X_a) を求めた。

3.4.1 観測所 1 地点と RCM メッシュを対応させた場合

札幌、盛岡、東京、新潟、大阪、福岡の 6 官署について、1981～2000 年の 20 年間の観測値と RCM20 の極値データから求められるガンベル分布を比較した。RCM20 と観測の極値分布の広がりを表す σ の比を下図に示した。RCM20 のデータはそれぞれの地点の直近格子の値を用いている。図 3.24(1)～(6)に 6 地点でのガンベル分布を示した。札幌のように極値分布の形状が比較的類似している地点もある一方で、大阪のように両者の分布形状が大きく異なる地点もある。図から明らかなように、地点別の比較では、観測と RCM20 のガンベル分布パラメータ σ や X_a が一致していない地点が多い。

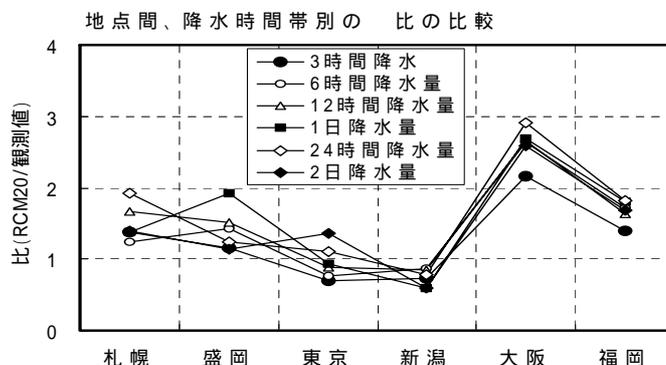


図 3.23 気象官署 6 地点での σ の比 (RCM20/観測値)

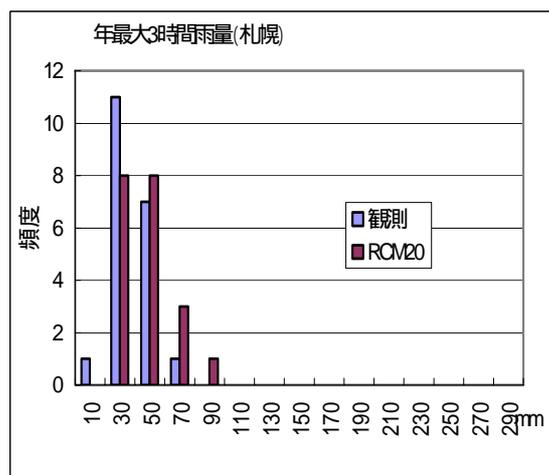
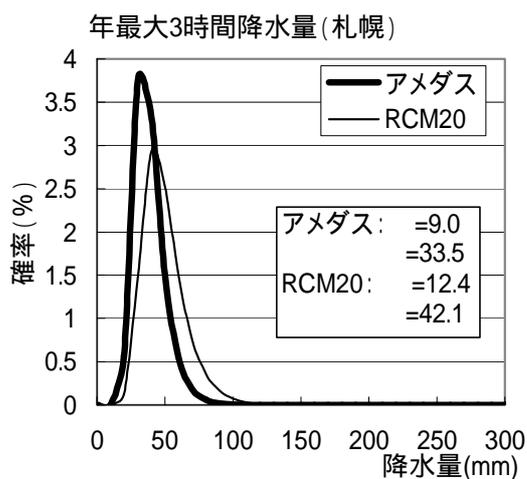
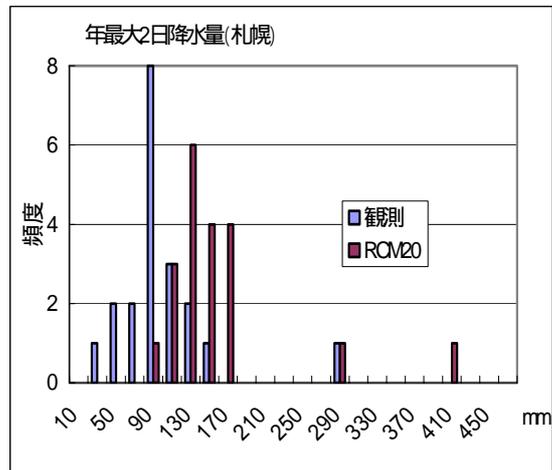
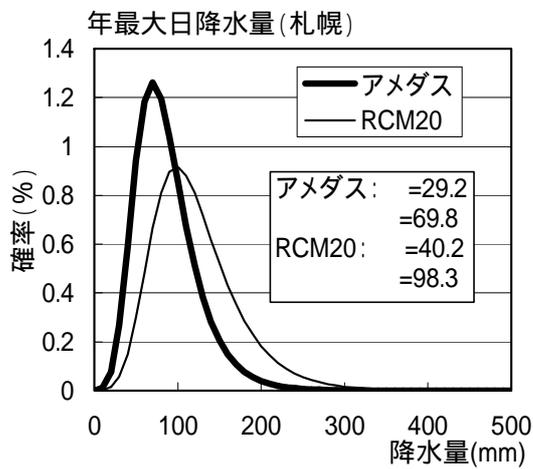
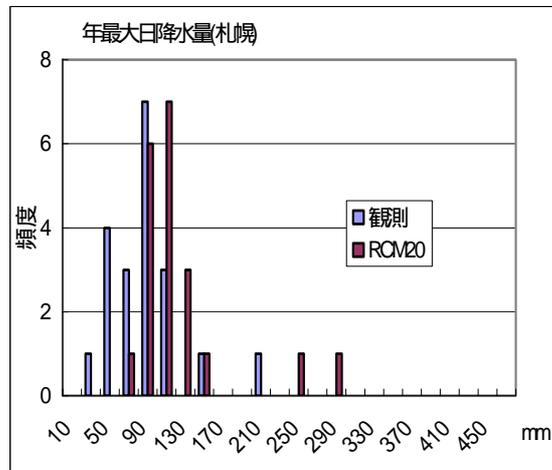
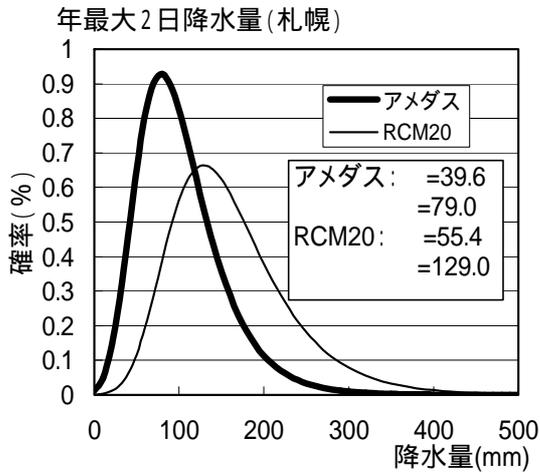


図 3.24(1) 観測極値と RCM20 データから得られたのガンベル分布の比較 (札幌)

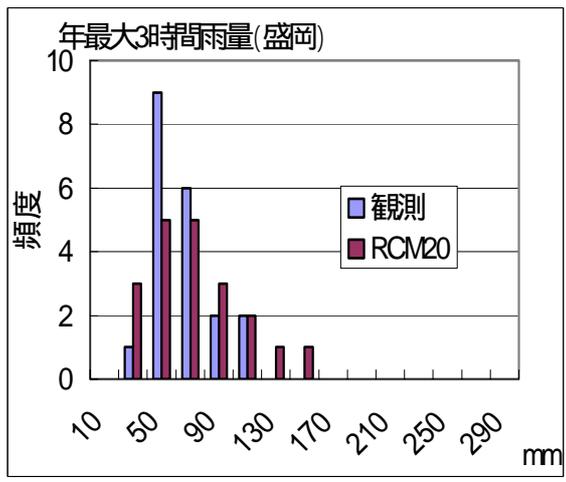
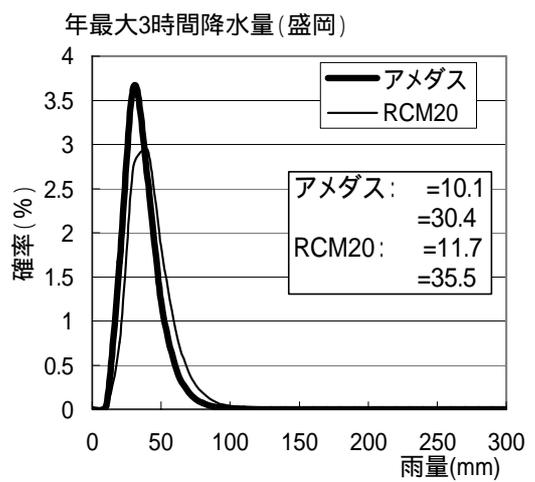
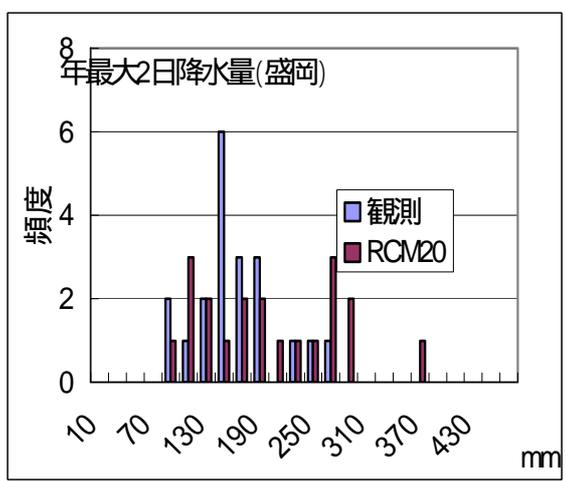
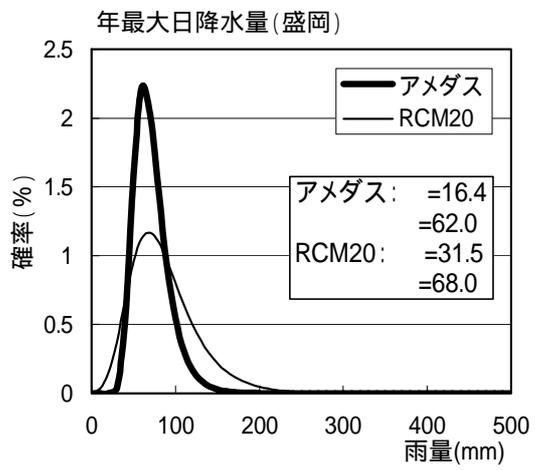
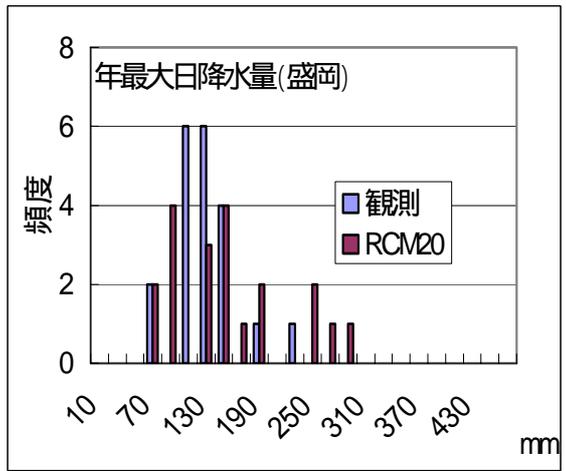
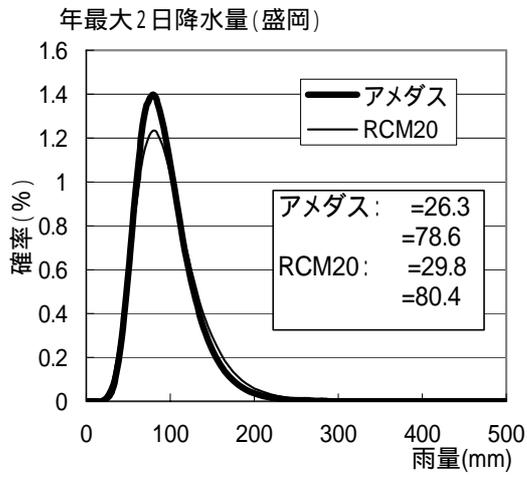


図 3.24(2) 観測極値と RCM20 データから得られたのガンベル分布の比較 (盛岡)

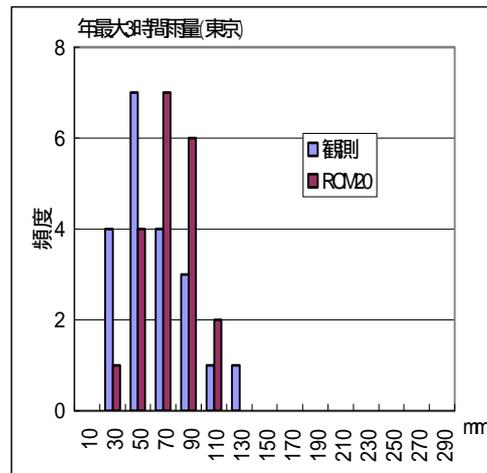
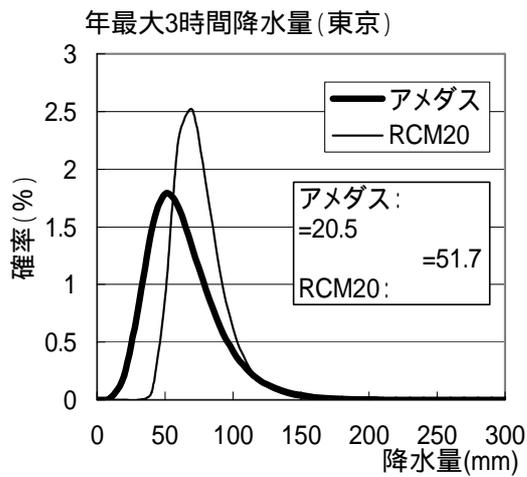
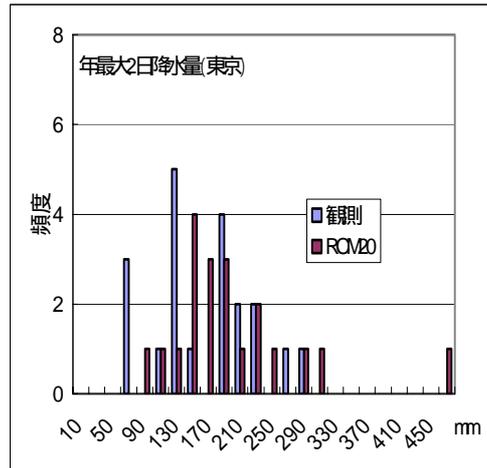
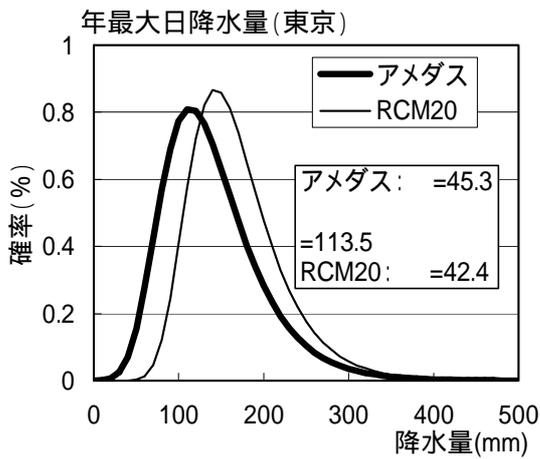
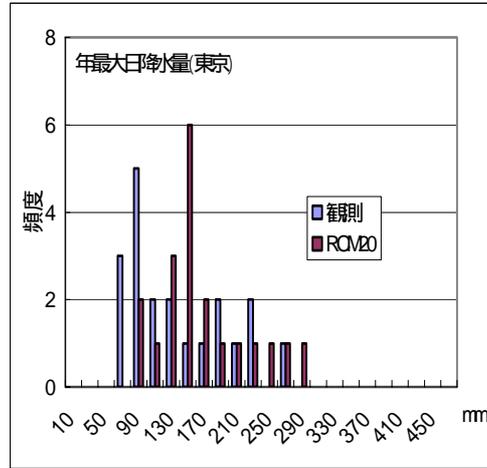
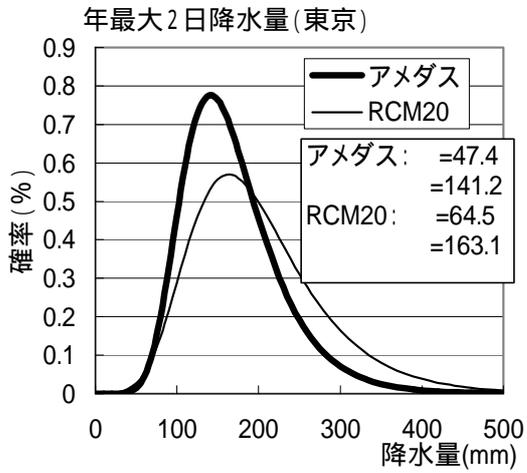


図 3.24(3) 観測極値と RCM20 データから得られたのガンベル分布の比較 (東京)

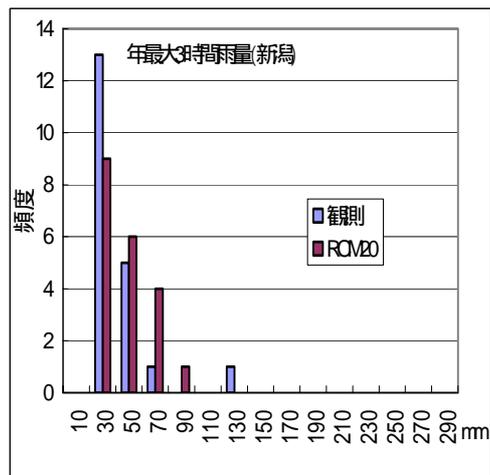
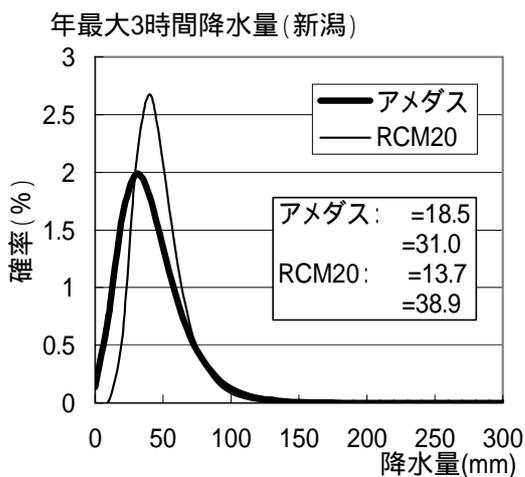
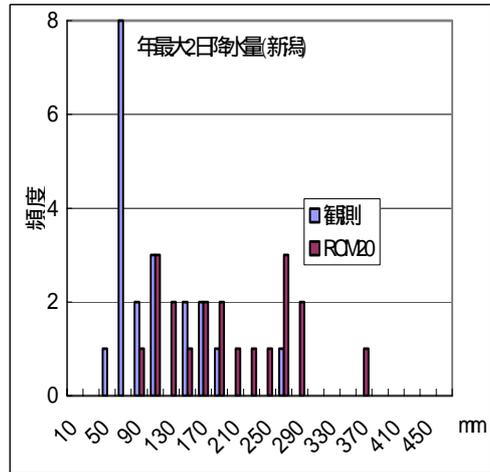
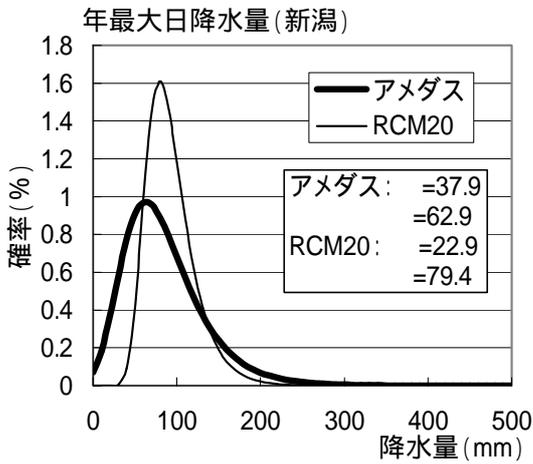
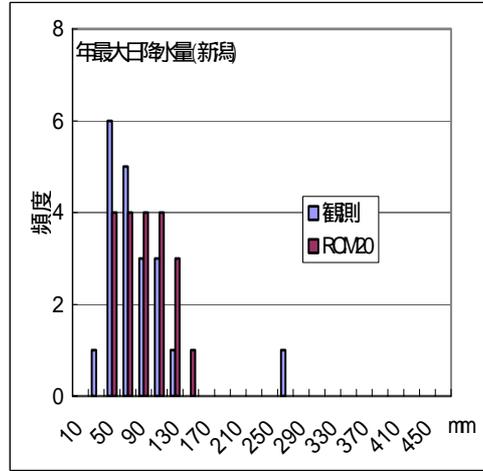
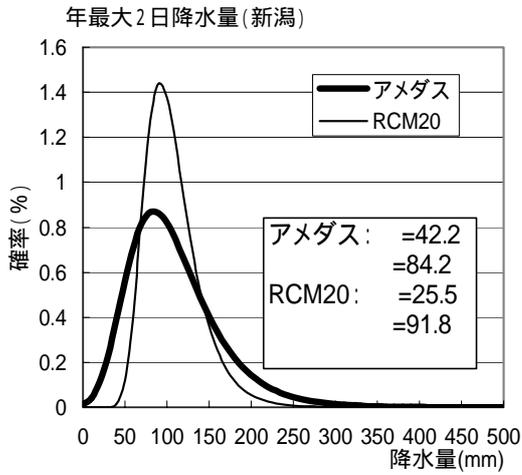


図 3.24(4) 観測極値と RCM20 データから得られたのガンベル分布の比較 (新潟)

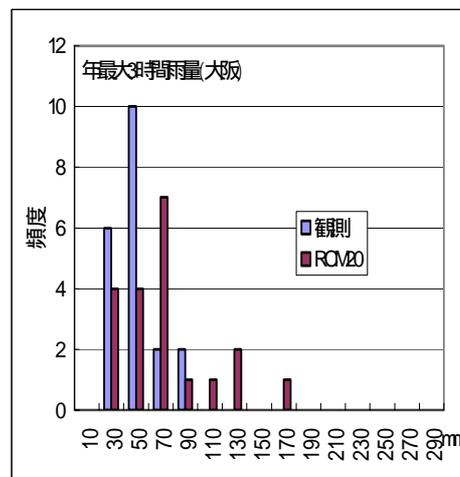
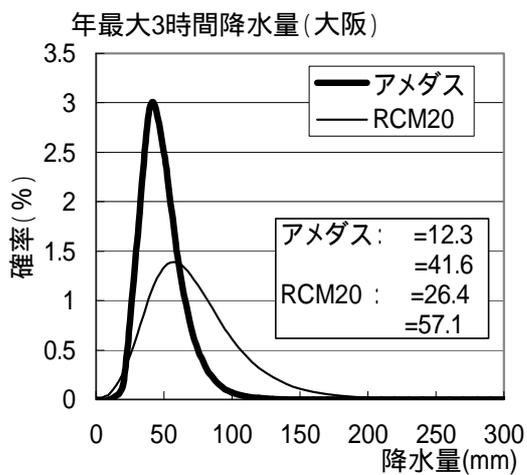
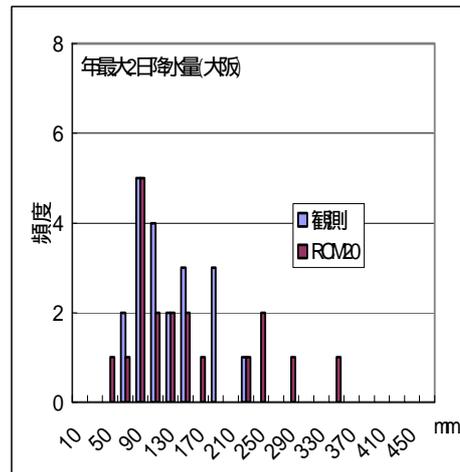
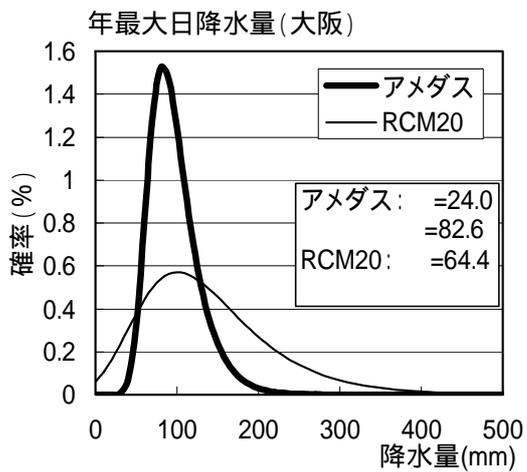
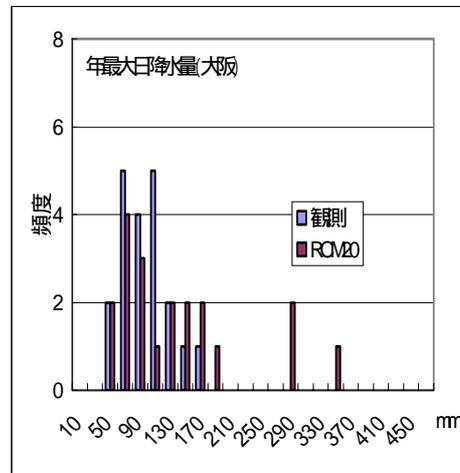
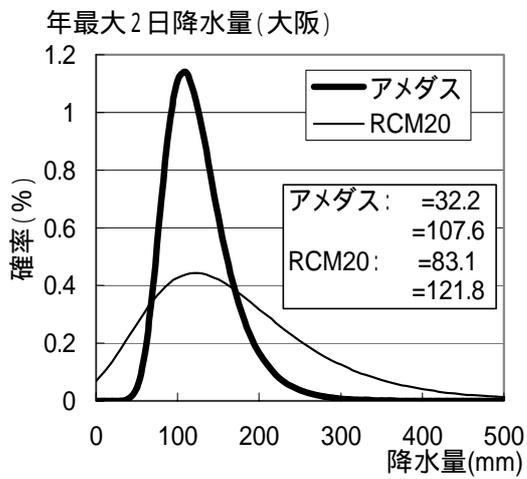


図 3.24(5) 観測極値と RCM20 データから得られたのガンベル分布の比較 (大阪)

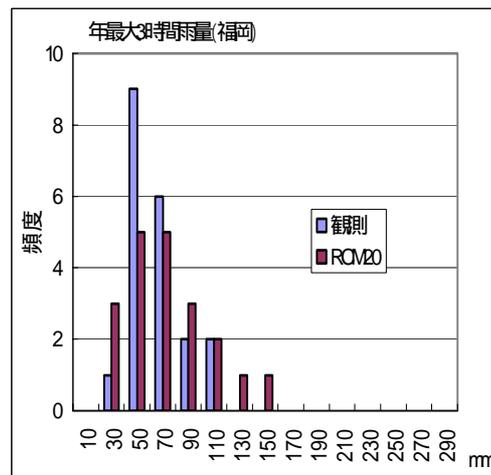
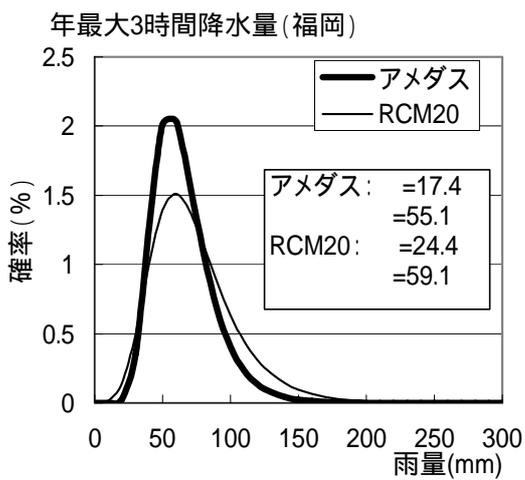
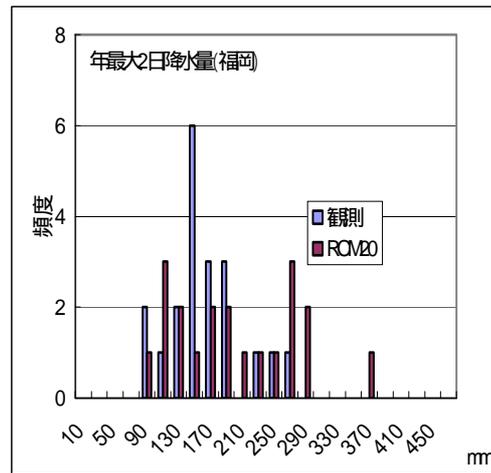
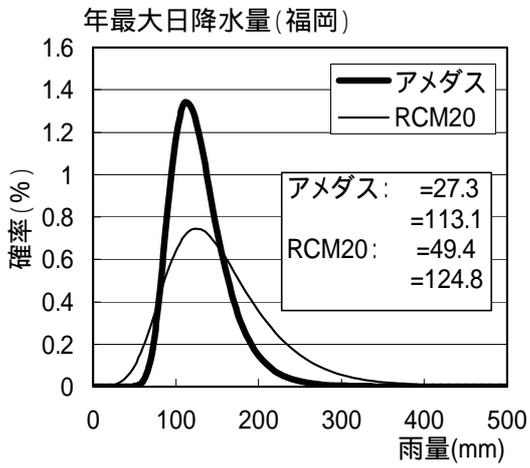
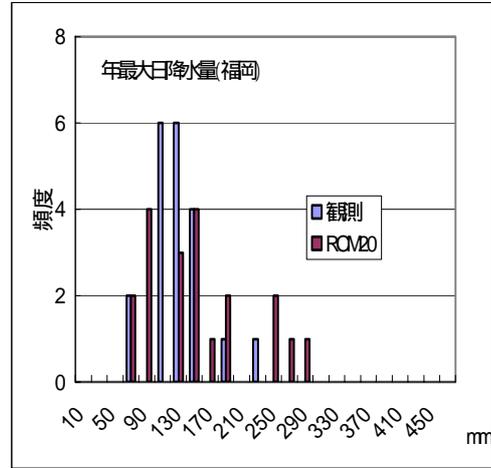
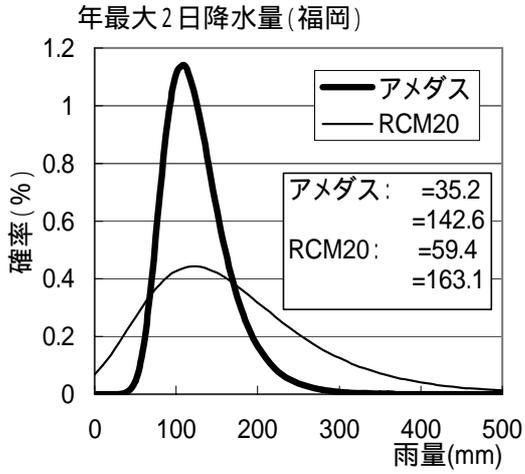


図 3.24(6) 観測極値と RCM20 データから得られたのガンベル分布の比較 (福岡)

3.4.2 エリア別に比較した場合

20年分のデータを地点別に極値分布を比較した場合、分布が一致しない理由として、

- ・20年間のデータであることから母集団が少ない
- ・観測値とRCM20との極値の分布特性の違い

などが考えられる。

極端な激しい降雨現象は1ヶ所のデータでは稀にしか発現していないといわれているので、1地点20年分での統計については、統計的に有意な結果が期待できない。このため、複数地点のデータをあわせてデータ数を増やすことが考えられる。

櫻井・山元らは、年最大日降水量の長期変動検出のために、日本国内の12ヶ所の気象官署の100年間のデータを標準化したデータを前半50年間と後半50年間について、それぞれのガンベル分布のパラメータを調べた。そこでは、

各気象官署での極値の発現は互いに独立であること。

複数観測所のデータを一つのデータサンプルとして取り上げれば統計的に有意な結果が期待できる。

単なる複数データの重ね合わせでは、国内での降雨特性を大きく歪ませる懸念があるので標準化を行う。

などの点を踏まえた分析を行っている。

エリアの区分としては、CGCM2格子の領域(280kmスケール)とRCM20の5メッシュ領域(100kmスケール)について検討した。

なお、複数地点のデータの標準化は、以下の式により地点別に行った。

$$X = \frac{(x - \xi)}{\beta} \quad \dots \dots \dots \text{式 3.4-4}$$

$$\xi = S_x \cdot \sqrt{6} / \dots \dots \dots \text{式 3.4-5}$$

$$\beta = x_m - \dots \dots \dots \text{式 3.4-6}$$

ここで、 $\xi = 0.57721$ 、 x_m : x の平均、 S_x : x の標準偏差
によって行った。

(1) CGCM2 の格子領域ごとに比較した場合

次にCGCM2 の格子の領域を区分として、区分ごとにデータサンプルを整備して、極値分布を調べた。調査対象とした区分は以下の図の 格子の代表する領域区分で、区分内に気象官署が3地点以下の区域は調査対象からはずした。

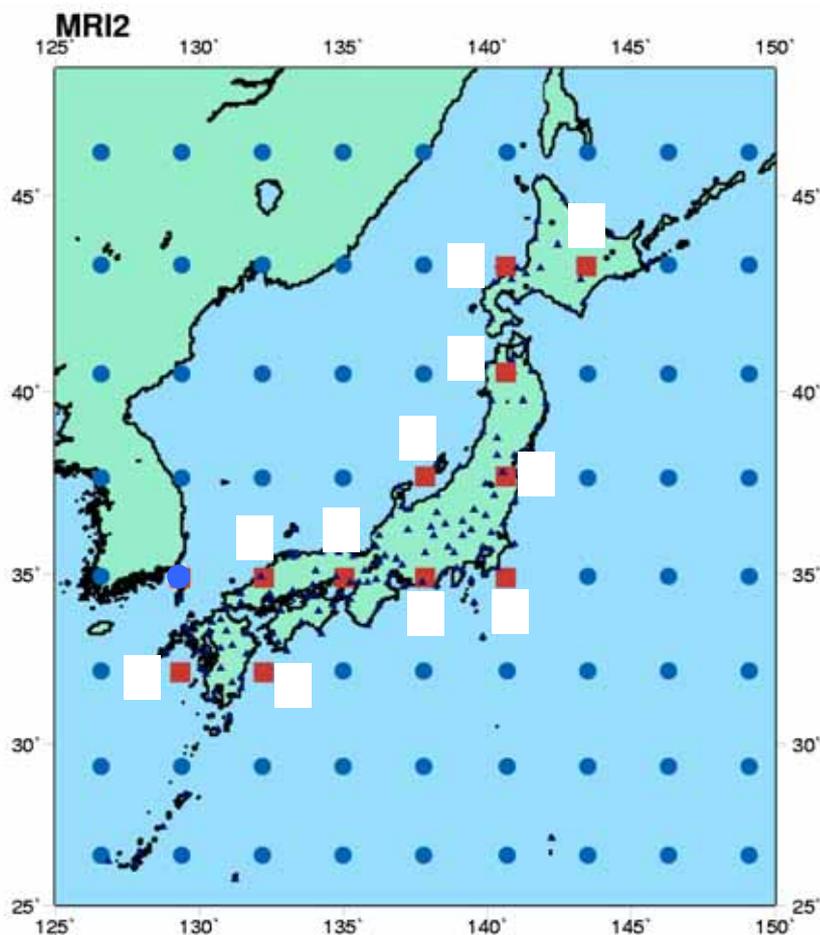


図 3.25 CGCM2 の格子位置図と領域番号 (は気象官署)

注)各領域内の気象官署数は以下のとおり

領域1	領域2	領域3	領域4	領域5	領域6	領域7	領域8	領域9	領域10	領域11
8	10	9	12	9	10	18	22	12	11	11

CGCM2 の領域内の気象官署の年最大の日、2 日降水量、3 時間降水量から領域毎にガンベル分布を求めた。領域別に標準化したデータでのガンベル分布を図 3.27(1)~(3)に示した。さらに、図 3.26 は類似度を評価する定量的な指標として Gumbel 分布の広がりを示すパラメータの 比を用い、さらに同様の処理を年最大 6 時間降水量、年最大 12 時間降水量および年最大 24 時間降水量についても実施し、観測と RCM20 の類似度がどのように変化するかを調べた結果である。図より、各領域とも 3 時間降水量~2 日降水量まで同様な類似度を示していることが判る。

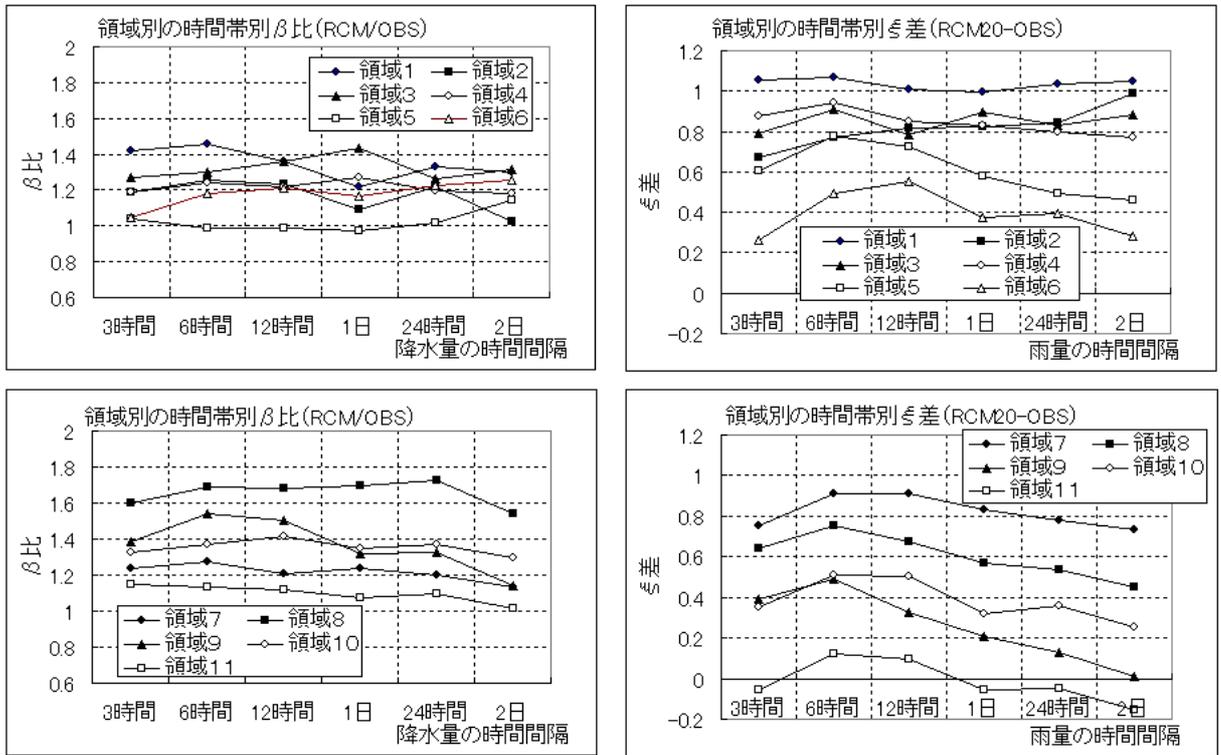


図 3.26 RCM20(1981 - 2000 年)と観測値のガンベルパラメータ β , δ の違い

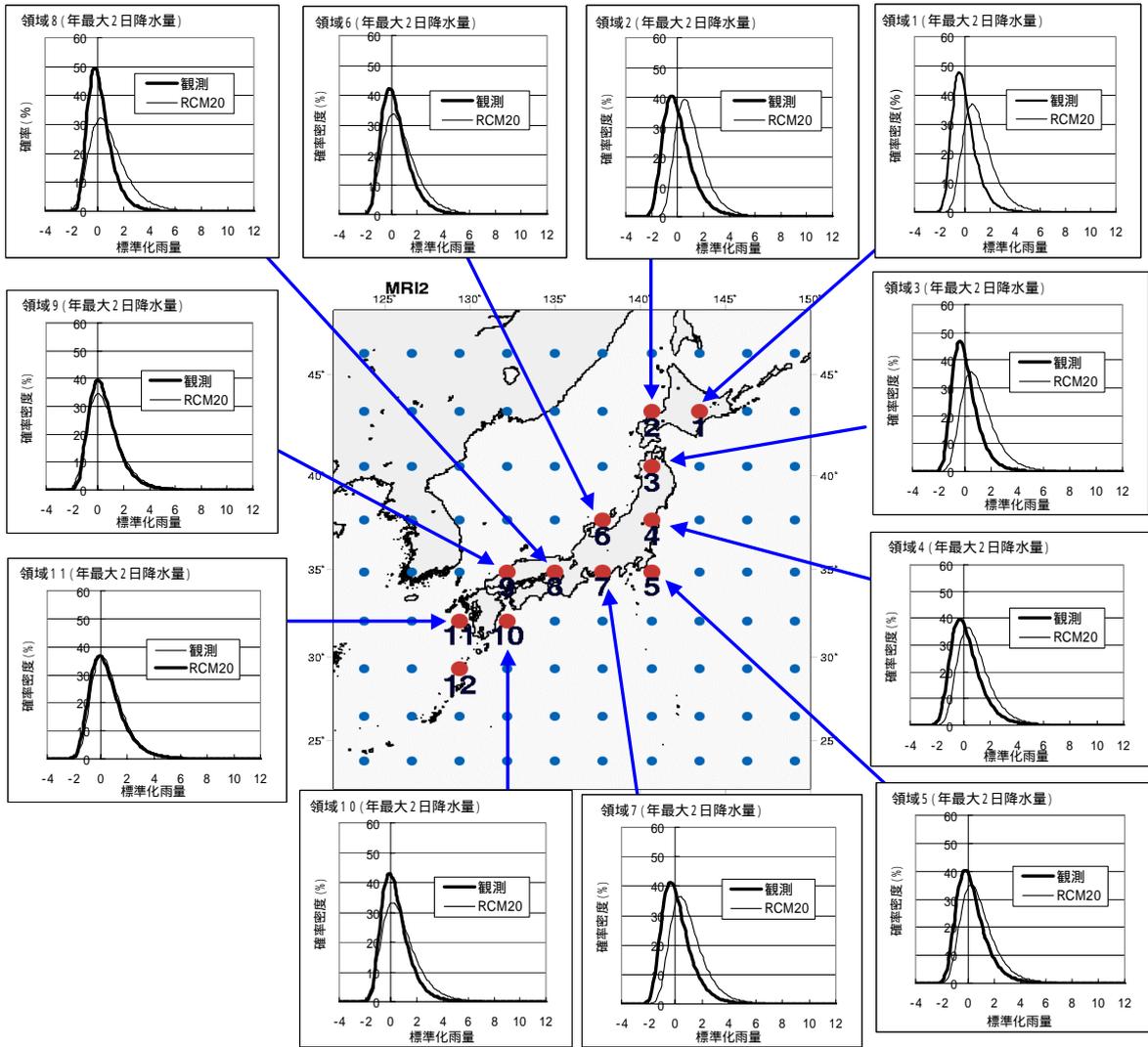


図 3.27(1) 領域別の観測値と RCM20 の極値の分布 (年最大 2 日降水量)
 (地点ごとの年最大データを領域ごとに重ね合わせたもの)

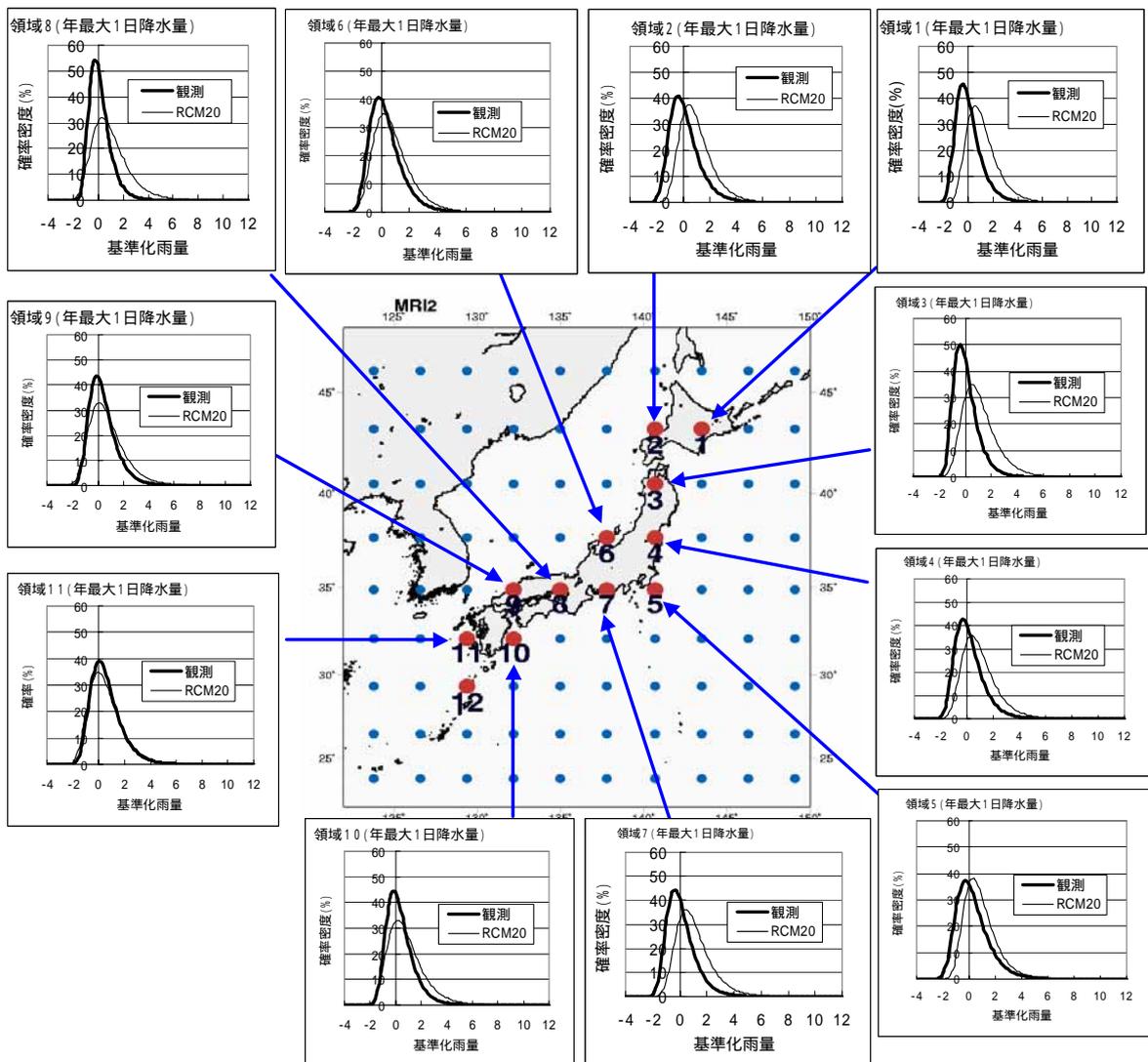


図 3.27 (2) 領域別の観測値と RCM20 の極値の分布 (年最大日降水量)
 (地点ごとの年最大データを領域ごとに重ね合わせたもの)

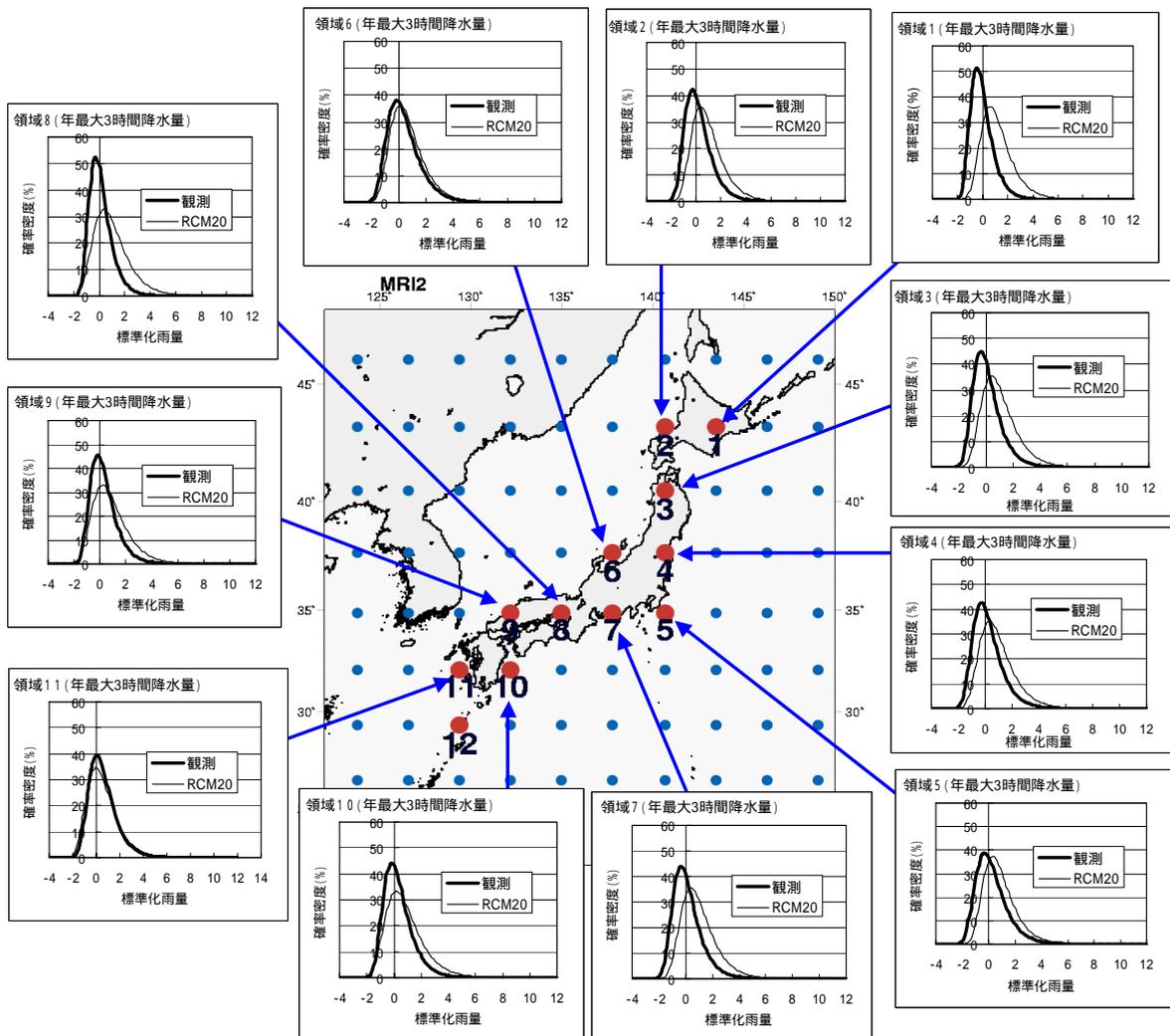


図 3.27(3) 領域別の観測値と RCM20 の極値の分布 (年最大 3 時間降水量)
 (地点ごとの年最大データを領域ごとに重ね合わせたもの)

(2) 100km 間隔の領域ごとに比較した場合

RCM20 はスペクトルモデルで、計算結果は 20km 格子で出力される。一般にスペクトル法では 1 波長 3 点、格子法で 5~6 点程度の格子点が必要であるといわれる。このことから、RCM20 が表現できる最小スケール程度になるように、100km スケール領域 (RCM20 の格子が 5×5 格子) を設定し、それぞれの領域ごとに RCM20 と観測値の極値の分布形状の比較を行った。

観測値は、全国アメダス地点のうち 1981~2000 年に移転がなく継続している観測所を使用した。各領域内に観測地点が 10 地点以上含まれる領域を本項での比較検討の対象とし、下図に格子番号を付加し位置を で表した。それぞれの流域内のアメダス地点数を表 3.7 に示した。

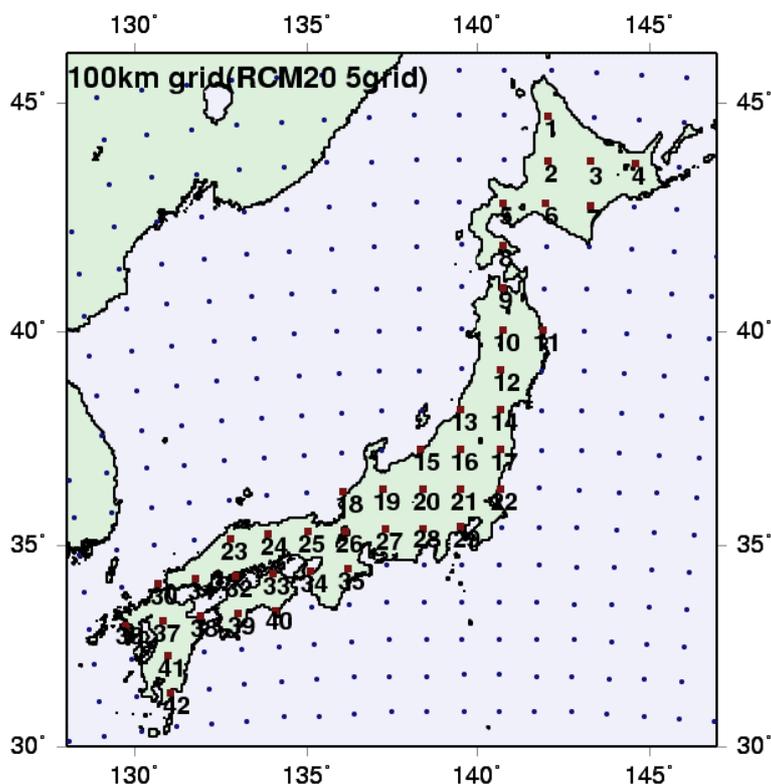


図 3.28 100km 格子の位置と領域番号
(は領域内に観測地点が 10 点以上の格子)

領域別の観測値と RCM20 のそれぞれのガンベル分布のパラメータを比較した結果を 図 3.29,30 に示した。RCM20 は、観測値の極値分布に比較して、 が若干過大、 は北ほど過大な傾向が見られる。また、日本海側と太平洋側を比較すると、太平洋側の方が RCM20 の が過大な傾向があった。

表 3.7 それぞれの領域内のアメダス地点の数

領域番号	格子点経度	格子点緯度	地点数	領域番号	格子点経度	格子点緯度	地点数
1	142.0961	44.6941	17	22	140.6853	36.3691	12
2	142.0623	43.7634	29	23	132.8125	35.1895	26
3	143.3501	43.7320	16	24	133.9309	35.2653	22
4	144.6361	43.6856	14	25	135.0516	35.3283	24
5	140.7613	42.8494	18	26	136.1743	35.3785	23
6	142.0297	42.8332	17	27	137.2984	35.4159	27
7	143.2971	42.8023	15	28	138.4237	35.4404	24
8	140.7494	41.9197	11	29	139.5496	35.4520	25
9	140.7379	40.9909	11	30	130.7140	34.0913	10
10	140.7267	40.0633	30	31	131.8113	34.1908	20
11	141.9376	40.0479	15	32	132.9117	34.2778	20
12	140.7159	39.1371	28	33	134.0147	34.3523	20
13	139.5297	38.2139	16	34	135.1200	34.4143	16
14	140.7054	38.2126	20	35	136.2272	34.4637	22
15	138.3781	37.2792	13	36	129.7607	33.0752	17
16	139.5365	37.2912	30	37	130.8399	33.1852	26
17	140.6952	37.2898	23	38	131.9225	33.2831	13
18	136.1198	36.2957	10	39	133.0081	33.3687	22
19	137.2599	36.3338	24	40	134.0963	33.4420	14
20	138.4012	36.3587	25	41	130.9625	32.2819	23
21	139.5432	36.3705	17	42	131.0818	31.3815	15

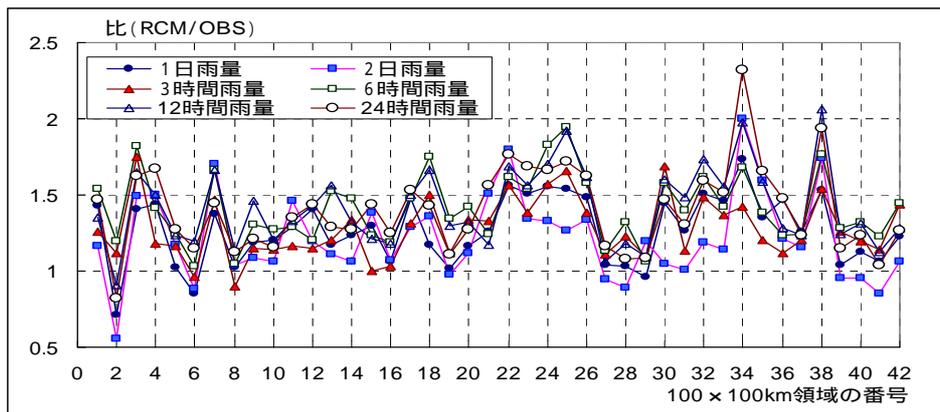


図 3.29 領域別の の比 (RCM20/観測)

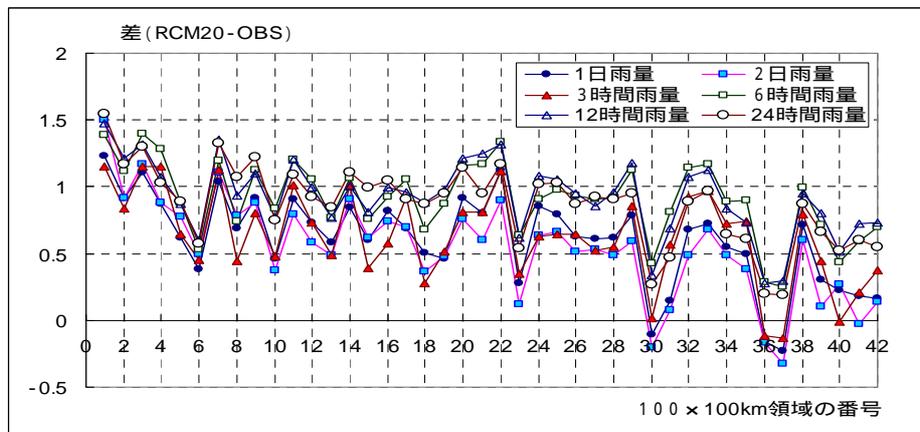


図 3.30 領域別の の差 (RCM20 の -観測の)

4. リスク評価

4.1 洪水リスクの評価

(1) RCM20 計算結果から求められた 100 年確率降水量の変化

年最大極値の確率降水量としては主に治水計画に利用される 50 年確率降水量、100 年確率降水量を求めるが、算出にあたっては分布関数をガンベル分布とした方法で 100 年確率降水量を 20km 格子ごとに算出した。

図 4.1(1)~(3)に、RCM20 の計算結果に基づいた 3 時間、日、2 日についての年最大降水量 100 年確率値の分布図を示す。左側に示した現在気候の結果では、日降水量で九州南東部、紀伊半島南東部に 800mm 以上の地域が計算されているが、右側の 50 年後の計算結果では、強弱の分布形状に大きな違いはないものの、陸域から 600mm 以上の地域は無くなっている。図 4.2 に、3 時間、日、2 日についての年最大降水量 100 年確率値の変化率を示した。図より、日降水量の 50 年後の 100 年確率降水量は、全国的に 10% ~ 20% 増加し、北海道北部、関東、北陸、南西諸島を中心に 20% 以上増加する地域も出現している。

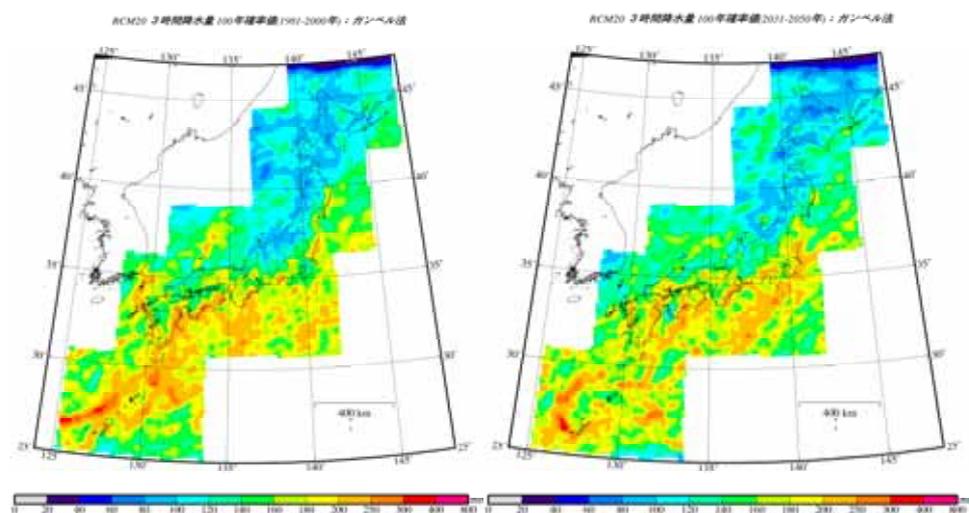


図 4.1(1) 現在と 50 年後の 3 時間降水量 100 年確率値 (左：現在、右：50 年後)

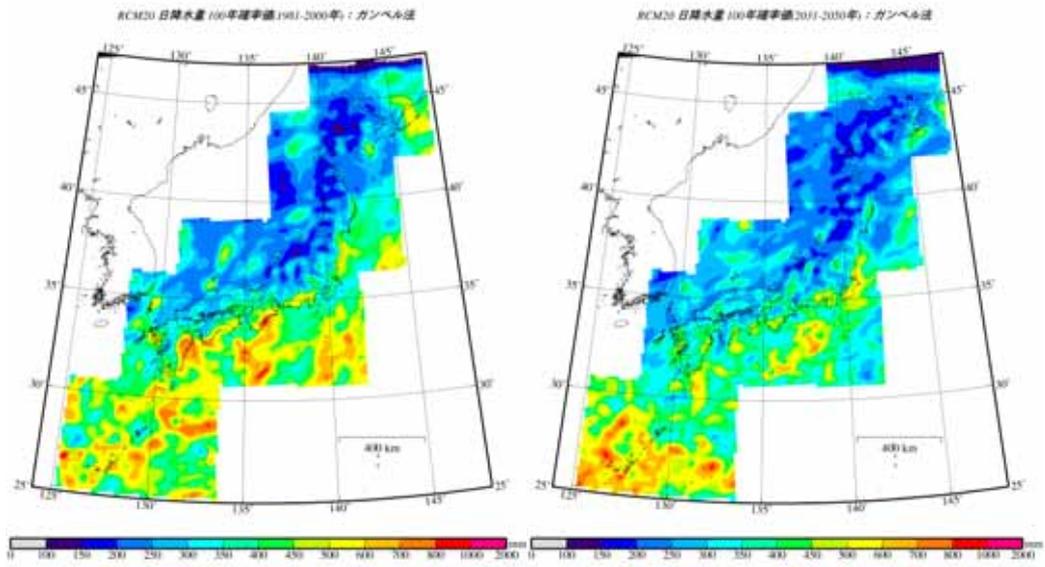


図 4.1(2) 現在と 50 年後の日降水量 100 年確率値 (左：現在、右：50 年後)

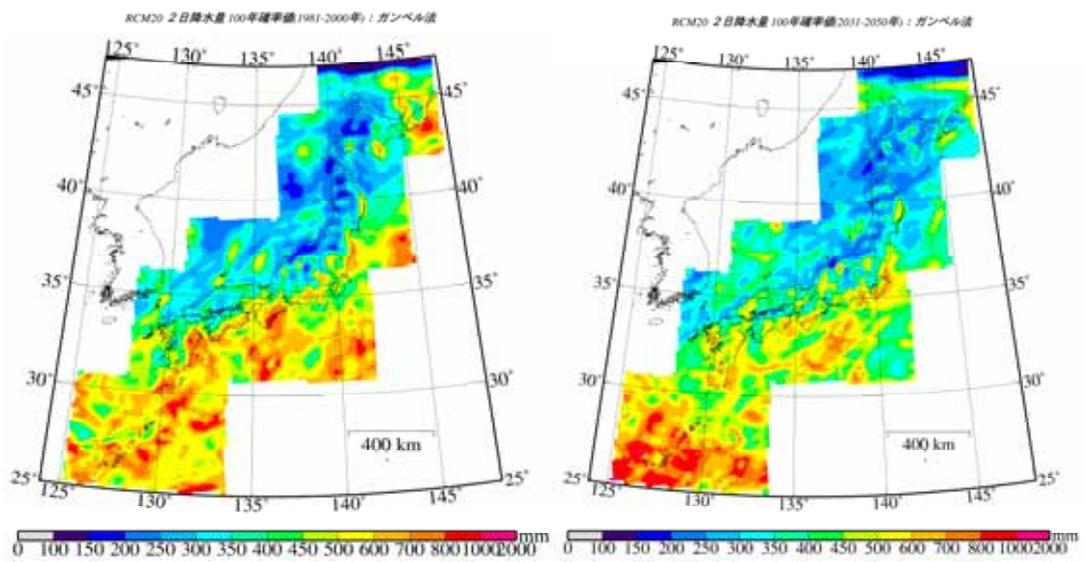


図 4.1(3) 現在と 50 年後の 2 日降水量 100 年確率値 (左：現在、右：50 年後)

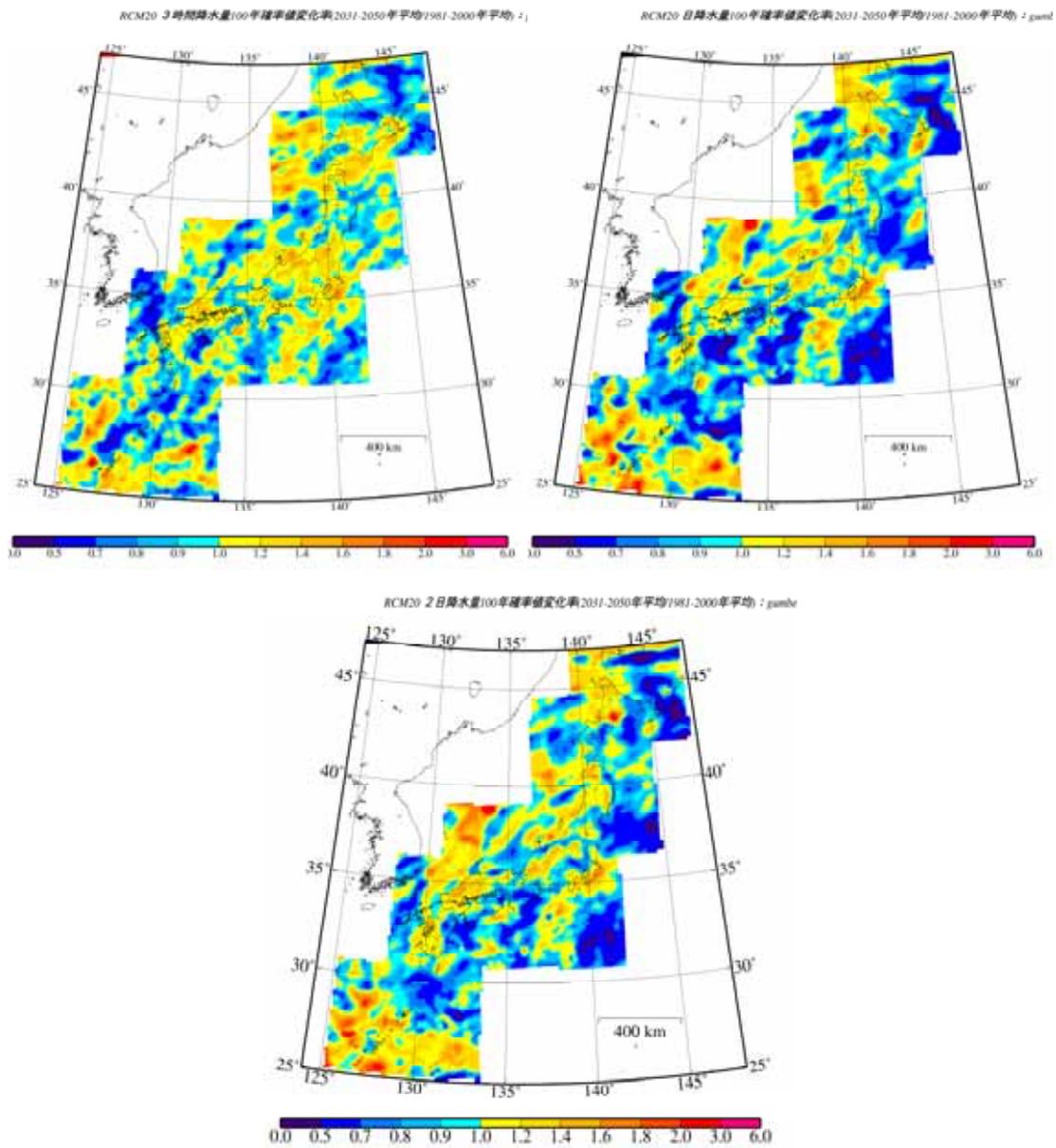


図 4.1(4) 現在と 50 年後の 3 時間、日、2 日降水量 100 年確率降水量の変化率

(2) 領域別洪水リスクの変化

図4.1で求めたRCM20の格子ごとの50年後の100年確率降水量の100km四方領域の変化率を図4.2に示した。図より、3時間雨量では、全国的に10%~20%増加し、関東・中部・北陸地方と瀬戸内海西部の地域で20%以上増加している。日降水量の50年後の100年確率降水量は、全国的に10%~20%増加し、北海道北部、関東、北陸、南西諸島を中心に20%以上増加する地域も出現している。2日降水量の50年後の100年確率降水量は、全国的に10%~20%増加し、北海道北部、関東、北陸、中国地方西部、南西諸島を中心に20%以上増加する地域も出現している。これらの地域の河川では洪水リスクが高まる可能性を示すものと思われる。

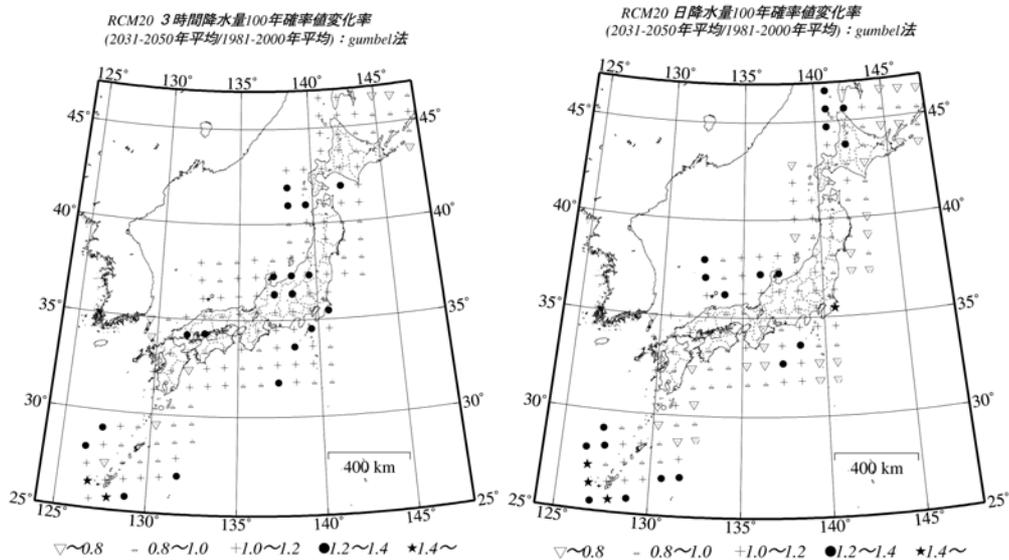


図4.2(1) 100年確率最大3時間降水量の変化率 図4.2(2) 100年確率最大日降水量の変化率

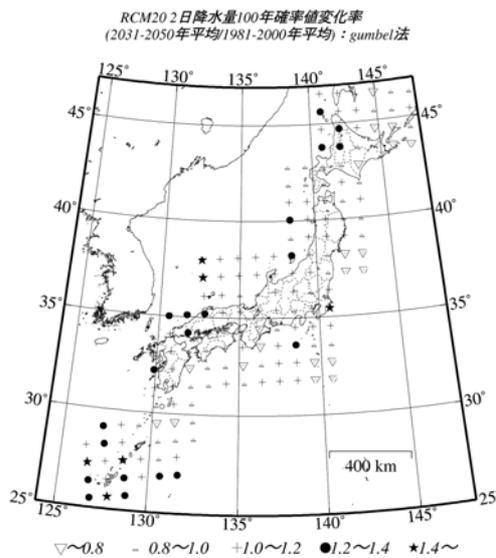


図4.2(3) 100年確率最大2日降水量の変化率

4.2 渇水リスクの評価

渇水リスク算定のため、地域気候モデルによる降水量の計算値を用いて年、季節降水量を求めた。渇水リスクは本来、降雨によって生じる河川流量を評価する必要がある。しかし、ここでは洪水リスク算定と同様、検討のプロセスを重視し、簡易な方法として、降水量の変化を渇水リスクの変化として取り扱った。地域気候モデル計算結果を月ごとに集計して現在(1981～2000年)の平年値と50年後付近(2031～2050年)の20年平年値を求めた。算定は地域気候モデルの出力単位である20km格子ごとに行った。

図4.3に現在(1981～2000年)の年降水量に対する将来50年後の年降水量の変化率を示した。南西諸島を除き、ほぼ全国的に50年後の年降水量は増加の結果を示している。増加率の高かった地域は近畿～東海、北関東、北海道南部～東北北部で40%以上の増加率を示していた。

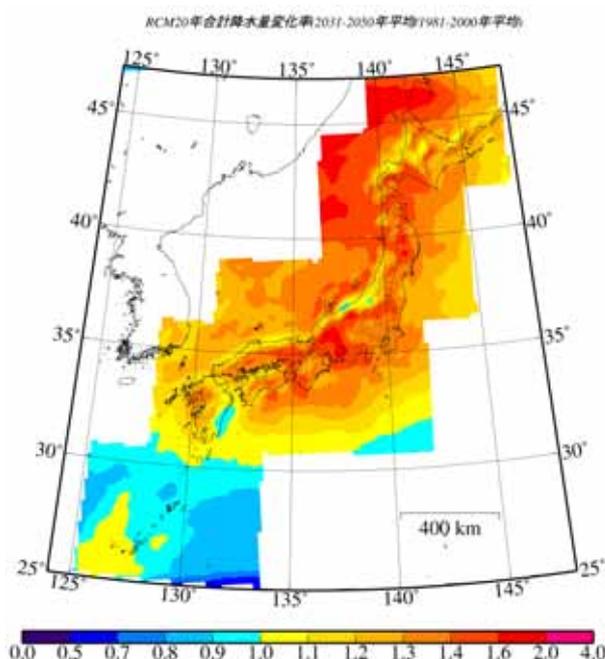
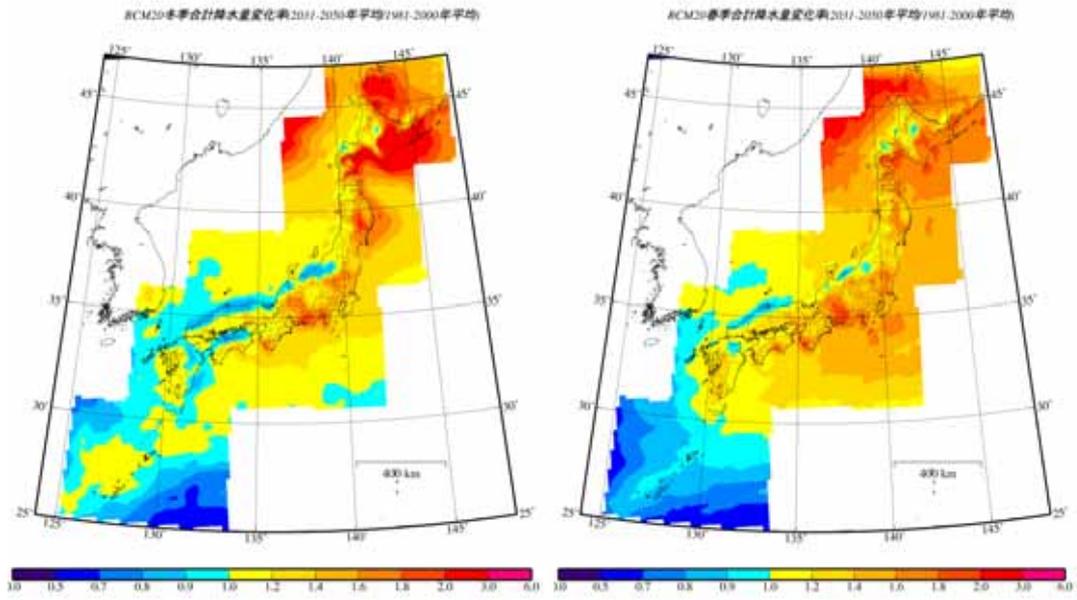


図4.3 50年後(2031 - 2050年)の現在(1981～2000年)に対する年降水量の変化率

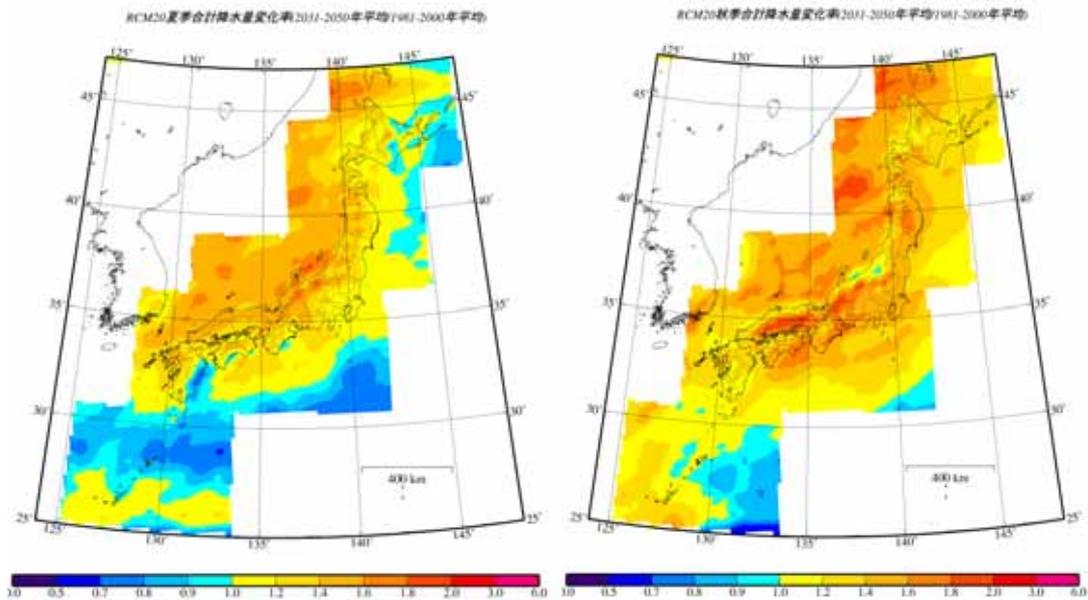
次に図4.4に春季(3-5月)、夏季(6-8月)、秋季(9-11月)、冬季(12-2月)について現在(1981～2000年)の季節別降水量に対する50年後の季節降水量の変化率の分布を示した。図によると50年後は、南西諸島では春季～夏季に降水量の変化率が1.0を下回り、北九州、山陰、北陸や新潟の一部の地域で冬季～春季にかけて降水量の変化率が1.0を下回る地域が多いことが分かる。また、夏季、秋季の降水量は概ね全国的に現在よりも増加する結果であった。

以上のことから、西日本では冬から春にかけて少雨傾向が強く、渇水リスクが高まることが推測される。



(1)冬季降水量

(2)春季降水量



(3)夏季降水量

(4)秋季降水量

図 4.4 50 年後(2031 - 2050 年)の現在(1981 ~ 2000 年)に対する季節降水量の変化率

5 . おわりに

地域気候モデル RCM20 による温暖化予測結果は、数値データが「気候統一シナリオ」として地球温暖化研究イニシャティブなどに提供され、温暖化影響評価などの研究に用いられている。これまで、このデータの精度評価は、現在気候再現実験結果の 20 年平均値などについて、気温や降水量の観測データと比較することによって行われてきた。

最近、地域気候モデルのデータをより広範囲な分野への利用を検討することへの要望が強くなってきた。その例として河川管理や強雨に対する防災などがある。しかし、このような利用方法は、これまで想定してきた利用方法の範疇を越えるものであり、これに答えるだけの、特に短時間の強雨に関する気候再現精度の情報はまだ明らかになっていないのが現状であった。

このため、RCM20 がどの程度、短時間の強雨などを再現する性能があるか否かを明らかにするための基礎的な調査を、気象庁、気象研究所、国土技術政策総合研究所が共同で行うことになった。このような調査はこれまでもあまり例がなく、画期的なものである。

本報告では、RCM20 による 20 年間の現在気候再現実験結果に関して、月降水量、日降水量の降水量別出現頻度、3 時間降水量の降水量別出現頻度、日降水量・3 時間降水量の極値（年最大日降水量、年最大 2 日降水量、年最大 3 時間降水量、20 年最大日降水量、20 年最大 2 日降水量、20 年最大 3 時間降水量）などの検討がなされた。その結果を要約すると下記のとおりである。

(1) 月降水量では、北日本太平洋側、北日本日本海側、東日本太平洋側および南西諸島で RCM20 の再現値が実測値に比べて多くなっているが、定性的な特徴はおおむねよく再現できている。

(2) 日降水量の降水量別出現頻度に関しては、0.0-0.4mm 以下の弱い降水の出現頻度が少ないことが示された。また強い降水ほど出現頻度は実際とずれてくるが、40mm 程度までは 1.5 倍以内、100mm 程度でも北日本を除いて 2 倍程度の範囲である。

(3) 3 時間降水量の降水量別出現頻度は、日降水量の頻度分布と同じような特性をもっている。降水量が増えるほど RCM20 の降水量別出現頻度は実際とずれてくるが、北日本を除き観測値に比べて 0.5-1.5 倍程度の範囲に収まっている。

(4) 年最大日降水量・2 日降水量に関しては、いずれも CGCM2 に比較して大幅な改善が見られる。RCM20 は実測値に比べて 2 割程度大きい、両者の比は地域的にほぼ一様で、良好な結果になっている。

(5) 20 年最大日降水量・2 日降水量は、ほぼ全域で、RCM20 は実測値よりも値が大きい、多くはその違いが 50% 以内にとどまっている。アメダスと比較した分布も、RCM20 は各地域の特性を再現している。

(6) さらに、より一般的な極値分布について検討するために、ガンベル分布を用いて観測と RCM20 の結果を比較した。観測地点 1 点ごとのモデルとの比較では、年最大日降水量、

年最大2日降水量、年最大3時間降水量とも一致はよくない。このため、領域をCGCM2格子スケール(280km)あるいは100kmスケールと広げることにより、母集団を増やして比較した。さらに降水の積算時間も、3、6、12時間および日、2日降水量と変えて調べた。これによると、1点ごとの当てはめに比べてより広い領域で平均をとった方が改善が見られるが、まだ差は大きく、統計的に極値を求めるのは、まだ必ずしも的確な結果を得られる訳ではないと考えられる。

以上の点を考えると、RCM20の結果は、CGCM2に比べると降水についての予測は改善されており、従来河川管理などの影響評価研究に用いられてきた全球モデルの結果を、RCM20で置き換えることは、それらの研究の質の向上に大きな役割を持つことができると考えられる。

また、降水量別の出現確率をみると、3時間降水量では10mm程度以下、日降水量では30mm程度以下では、観測とある程度の一致がある。降水頻度の積算で見ると、この降水量の範囲で95%以上の頻度を占めており、特に強い降水を研究対象とするのでなければ、利用は可能であろう。

一方、それ以上の強い降水に関しては、ある程度再現はされているものの、まだ誤差が大きく、極値を求めるための解析にそのまま使うには精度上の問題があるように思われる。データを提供する際は、その精度についての注意情報を付加するとともに、使用する側でも使用には何らかの手だてを講じるか、あるいは、結果については一つの目安であることを確認しておくことが必要となるであろう。

これと同時に、今回明らかにされたことは、モデル開発にとっても大きな意味を持っている。一つは、モデルでも強い降水に対してある程度の表現力が認められたことである。このことは、これからのモデル開発・改善により、強い降水についても再現、予測が現在以上に向上し、現実に近いものにすることができる可能性がある、ということである。このことはモデルに関する研究を大いに力づける結果であった。

問題点が明らかになったことも大きな収穫である。まず、降水量が強くなるに従って、モデルの表現が悪くなることである。さらに、領域を狭く、特に観測点での比較をすると結果が悪くなるように見える。このことは、現象の物理過程の再現性が重要であるとともに、地形効果などが20kmメッシュのモデルでは特に強い降水については不十分であることを表しているように見える。今後は、このような点、すなわち、強い降水が現実大気に近い状態で再現できるようなモデルの降水過程を改善し、強い降水現象を起こす擾乱を解像でき、また、モデルの地形効果を適切に表現できるような分解能を持たせるようにモデルの改善を進める必要がある。

.....
国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of N I L I M
No . 320 March 2004
編集・発行 ©国土技術政策総合研究所
.....

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305 - 0804 茨城県つくば市旭1番地
企画部研究評価・推進課 TEL 029 - 864 - 2675