

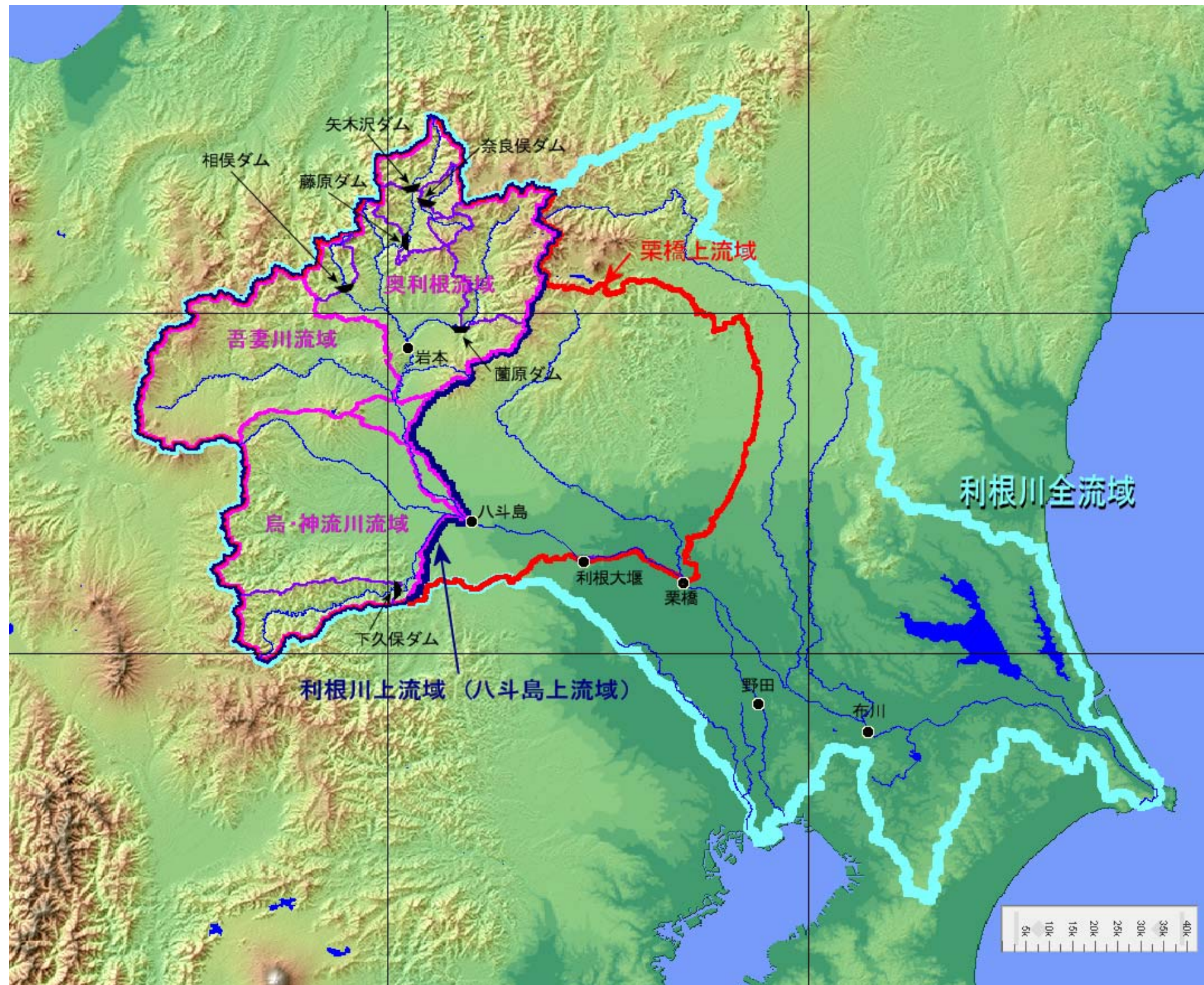
地球温暖化による 将来の利根川上流域 気象予測について

東京大学大学院工学系研究科
教授 小池 俊雄

利根川上流域について（１）

- **日本最大の流域面積(16,840km²)と日本第2位の幹川流路延長を持つ日本を代表する河川。**
- **利根川の水は、流域はもとより東京等へも供給され、飲料水や農業・工業用水を賄っている。**
- **冬期に源流の山々に降る豊富な雪は、貴重な水資源となっている。**
- **過去には、カスリン台風をはじめとして大雨による河川氾濫をおこし、流域周辺に多大な被害をもたらしてきた歴史がある。**
- **高水基準点は「八斗島」地点に設定されており、その上流側を「利根川上流域」として呼んでいる。**

利根川上流域について（２）



利根川流域位置図

利根川上流域における検討内容

■ 利根川上流域の大雨発生条件の整理

- ー利根川での大雨の出現頻度とその発生形態を気象学的に分析

■ 大雨発生可能性の検討

- ー最近の大型台風がカスリン台風に近いコースを辿った場合を計算し、温暖化による極端現象に対する補完的知見を得る

■ 温暖化予測計算結果の収集・整理

- ーRCM20、GCM20の流域平均化や、観測値と再現計算期間の検証など

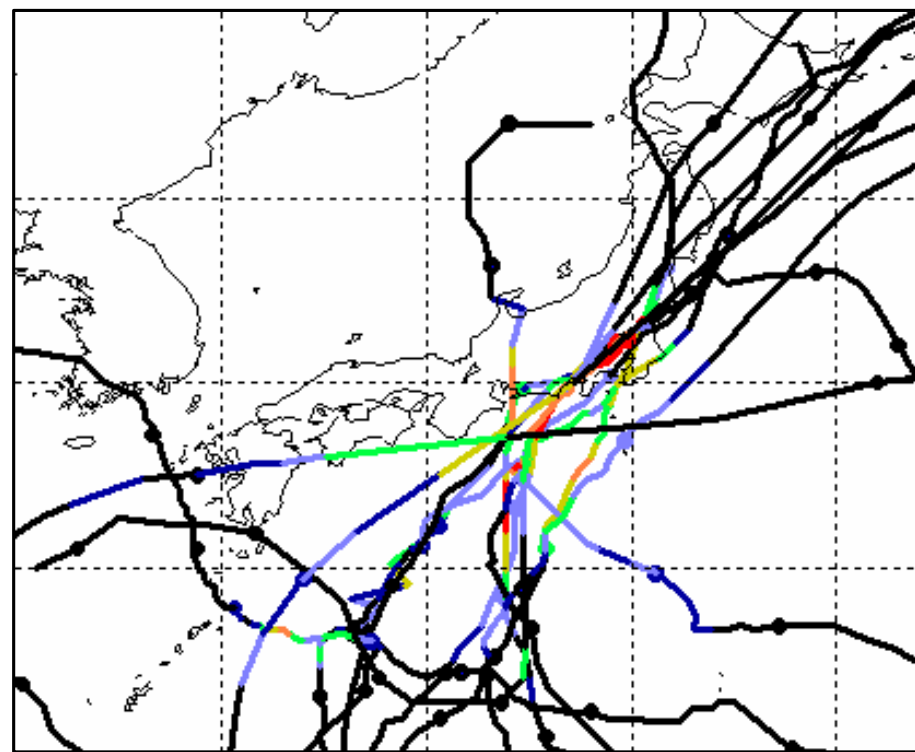
■ RCM20からの台風抽出と詳細シミュレーション

- ー代表的な大雨事例の抽出と、MM5を使った詳細シミュレーションによる試算

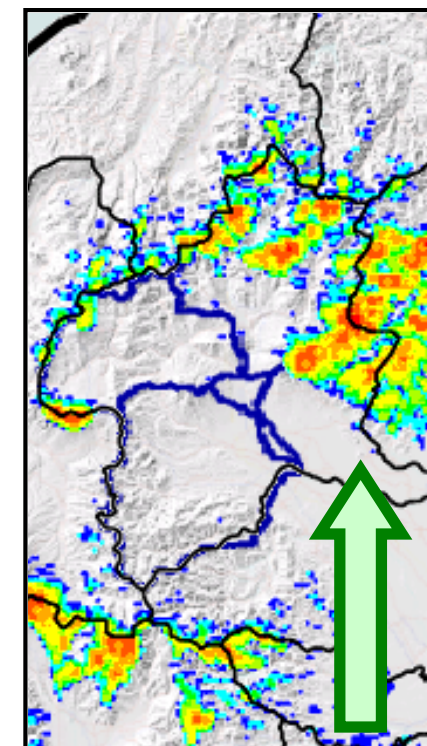
■ まとめ

利根川上流域の大雨発生条件の整理

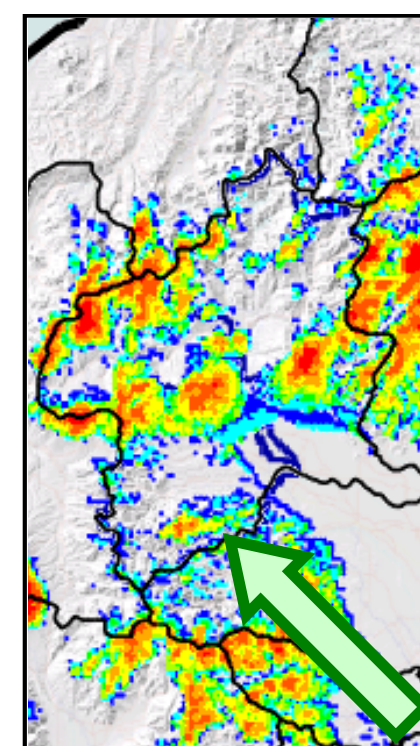
将来の大雨出現傾向についての検討に先だって、過去の大雨事例の解析及び地形性降雨についての研究結果を基に、現在の利根川上流域の大雨発生条件を整理した。



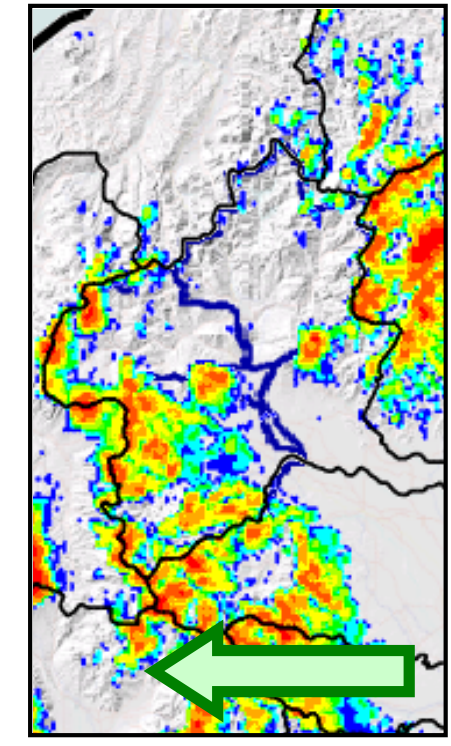
過去の実際の台風のうち利根川上流域
平均3日間雨量200mm以上の事例の台風経路



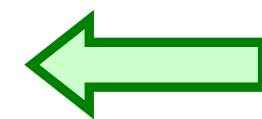
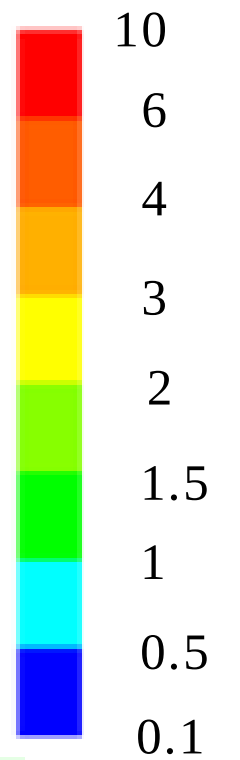
奥利根流域で
発達する場合



吾妻川流域で
発達する場合



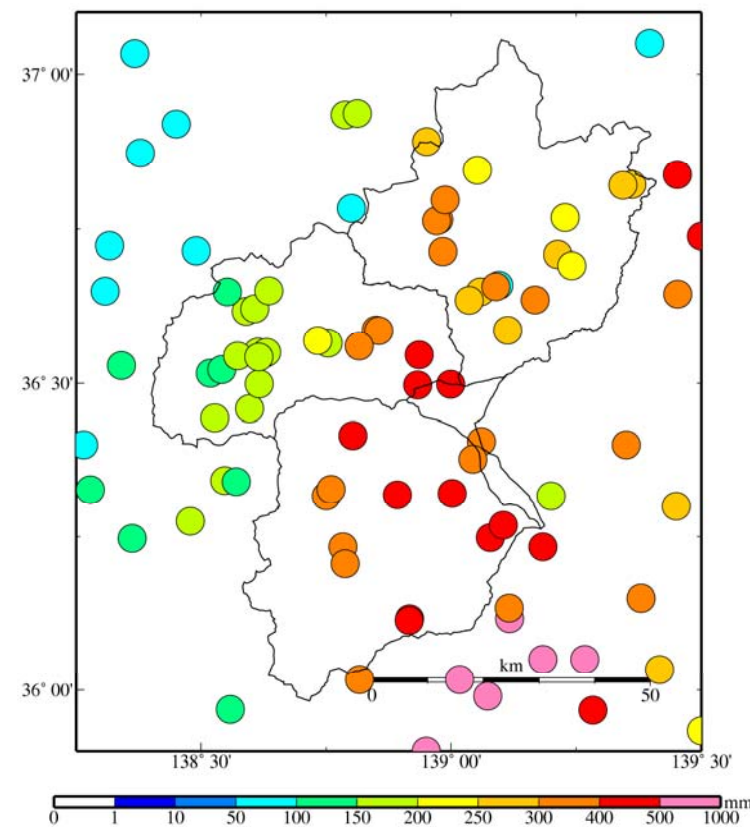
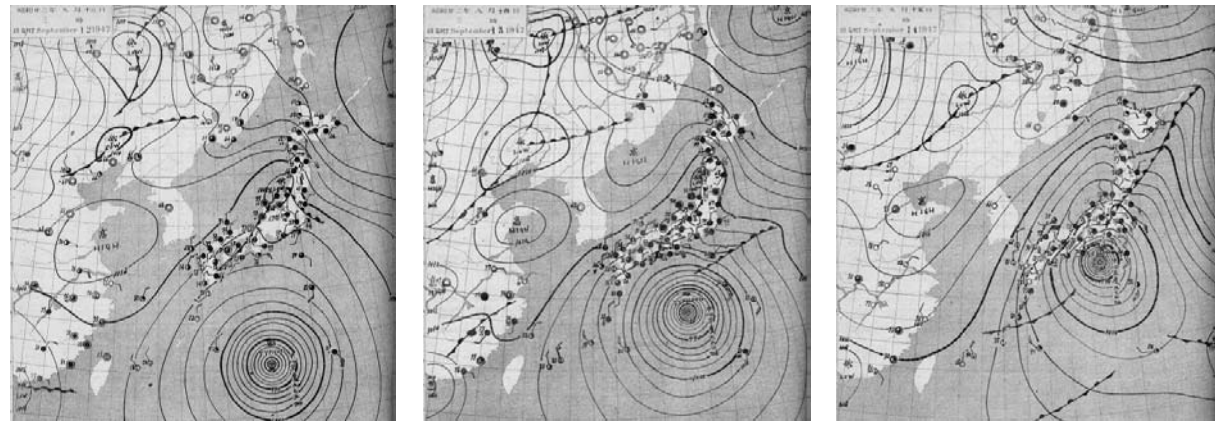
島・神流川流域
で発達する場合



地形性降雨が発達する風向

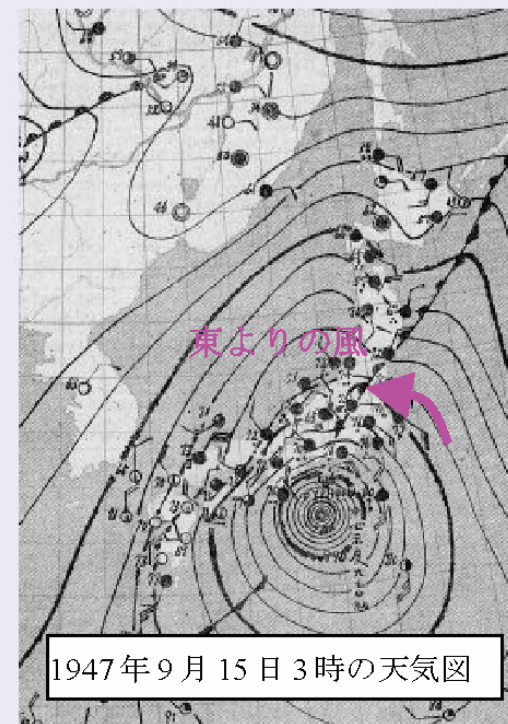
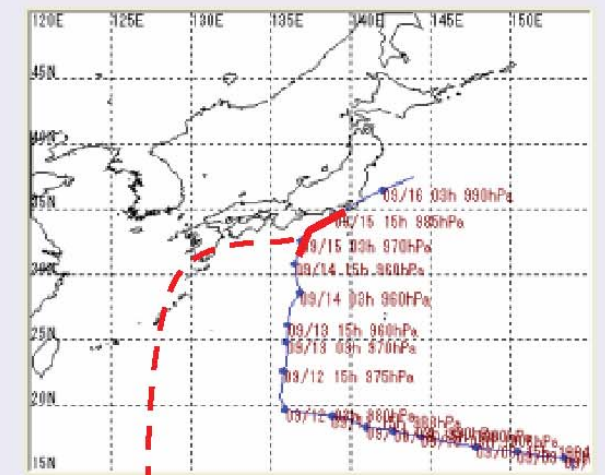
- 流域平均3日間雨量の上位10位は、200mm以上の大雨であり、いずれも台風の接近によるもの。
- 台風の接近前に地形の影響を受けて増幅される降水量と台風本体の降水量が多い。

カスリン台風接近時の利根川上流域での大雨発生メカニズム

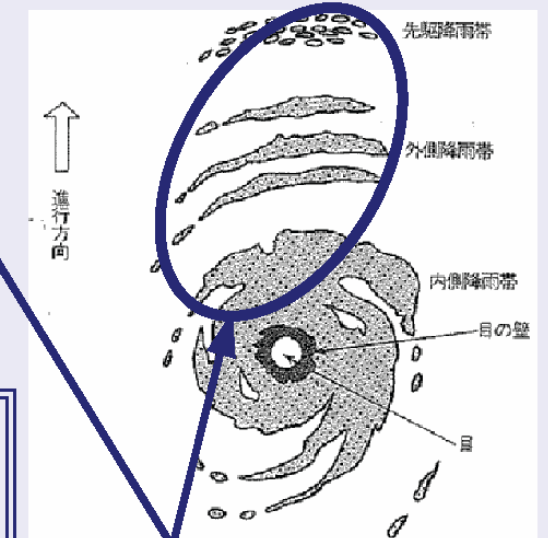
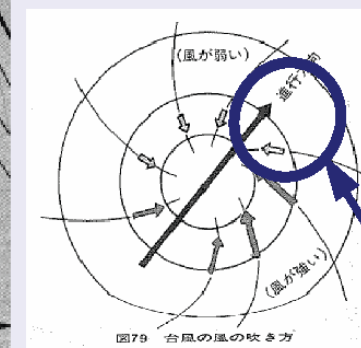
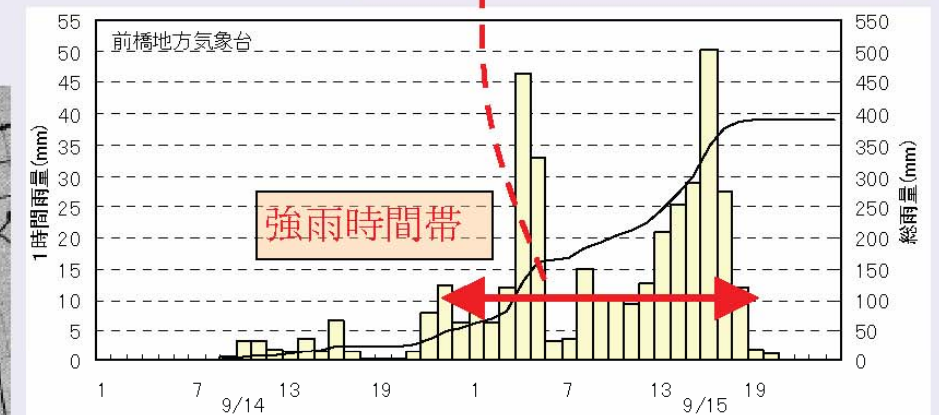


地上天気図及び3日雨量分布図
(1947年9月13日～9月15日)

- ・台風が流域に向かって進んでくる時は、進路の前方の発達した降雨帯がかかりやすいため、遠くに位置している時でも大雨となります
- ・流域に向かって東よりの風が吹き、烏・神流流域と秩父地方を中心に大雨となりました



1947年9月15日3時の天気図



台風が接近する際に、
① 前線が同じ位置にあったこと
② 流域周辺の等圧線が同じ方向の時間帯が続いたこと
が、大雨の原因であったと考えられます

進行方向の前面に位置している時間が長いと大雨になりやすい

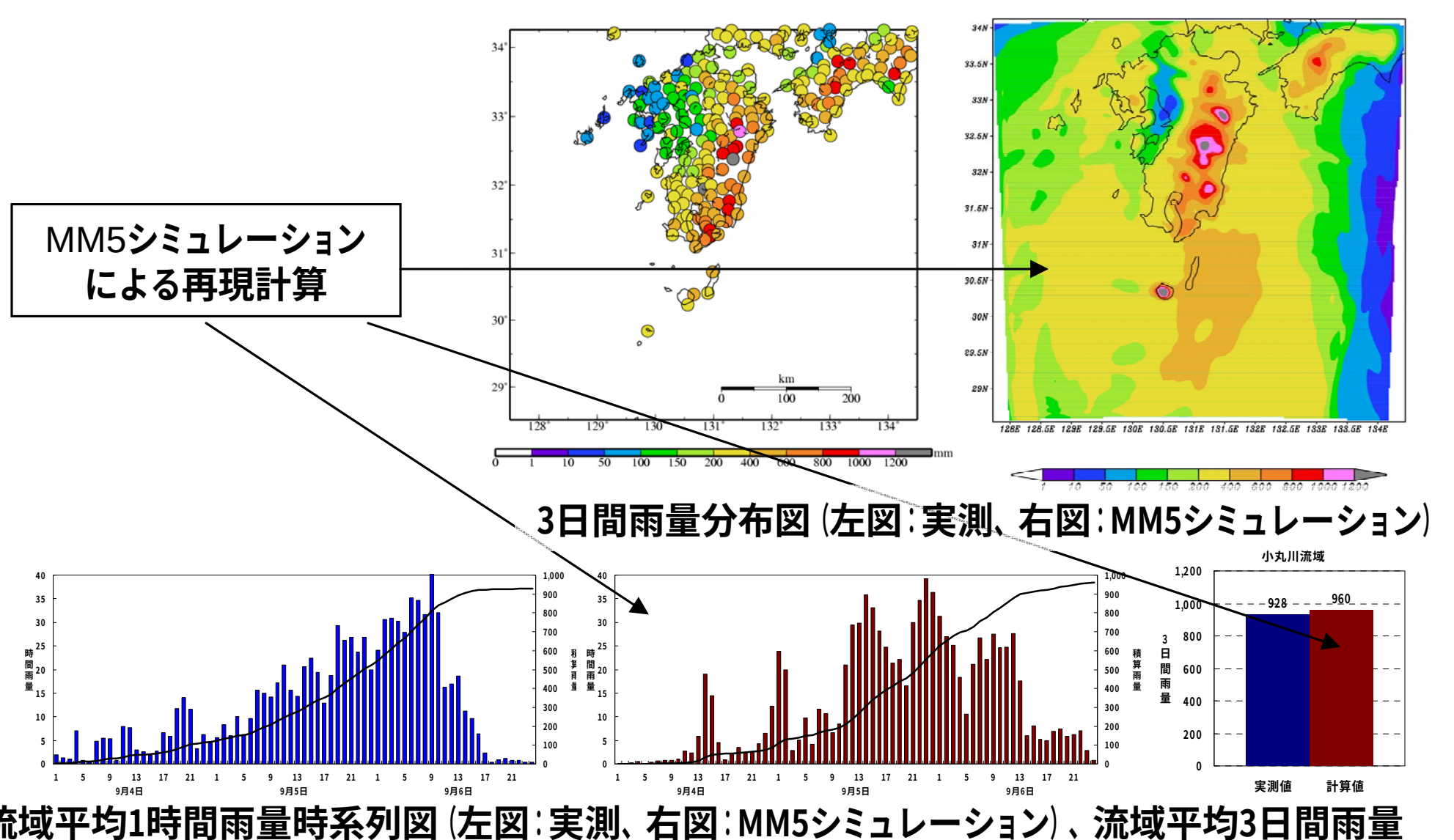
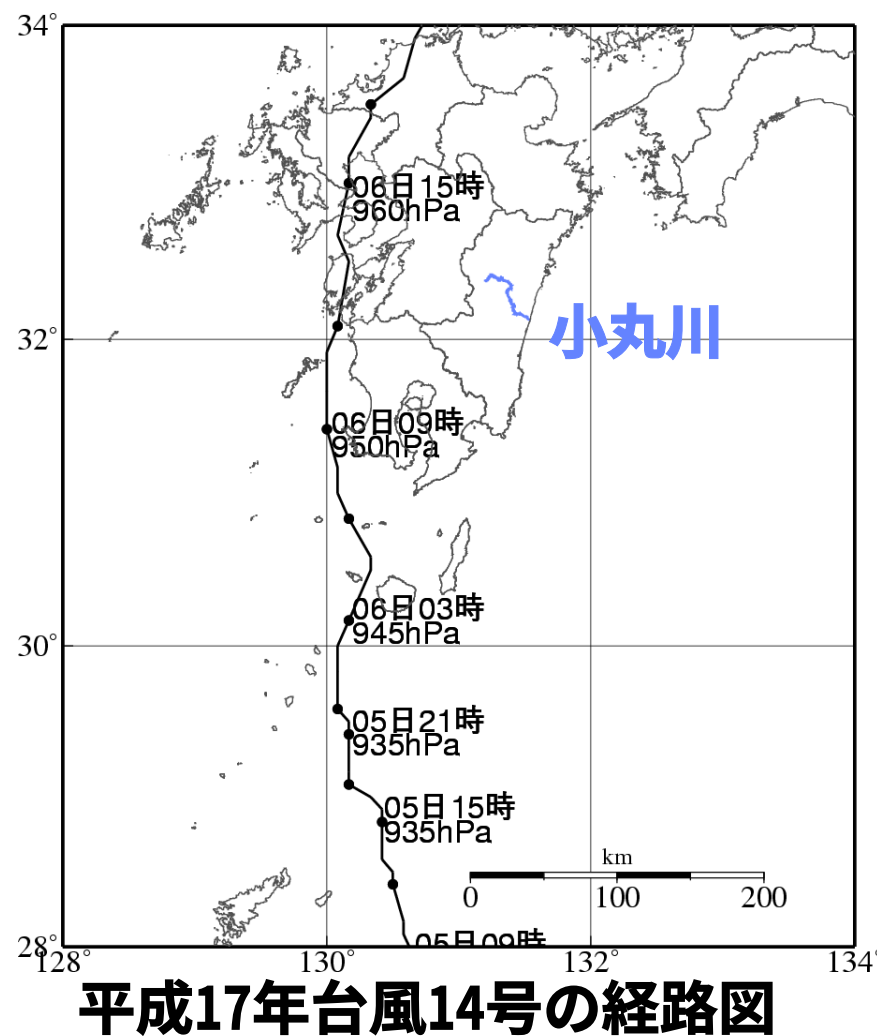
(中村繁「初歩の天気図の見方」、倉嶋厚編「おもしろ気象学 秋・冬編」の図に加筆)

温暖化に伴う大雨発生可能性の把握の一手法

- 近年発生した大型台風が、利根川管理史上最大の被害をもたらした昭和22年のカスリン台風と同じようなコースを辿った場合を想定し、どのような降雨をもたらすかの数値シミュレーションをおこなった。
- これにより、温暖化に伴う極端事象に対して、補完的な知見を得ることとした。

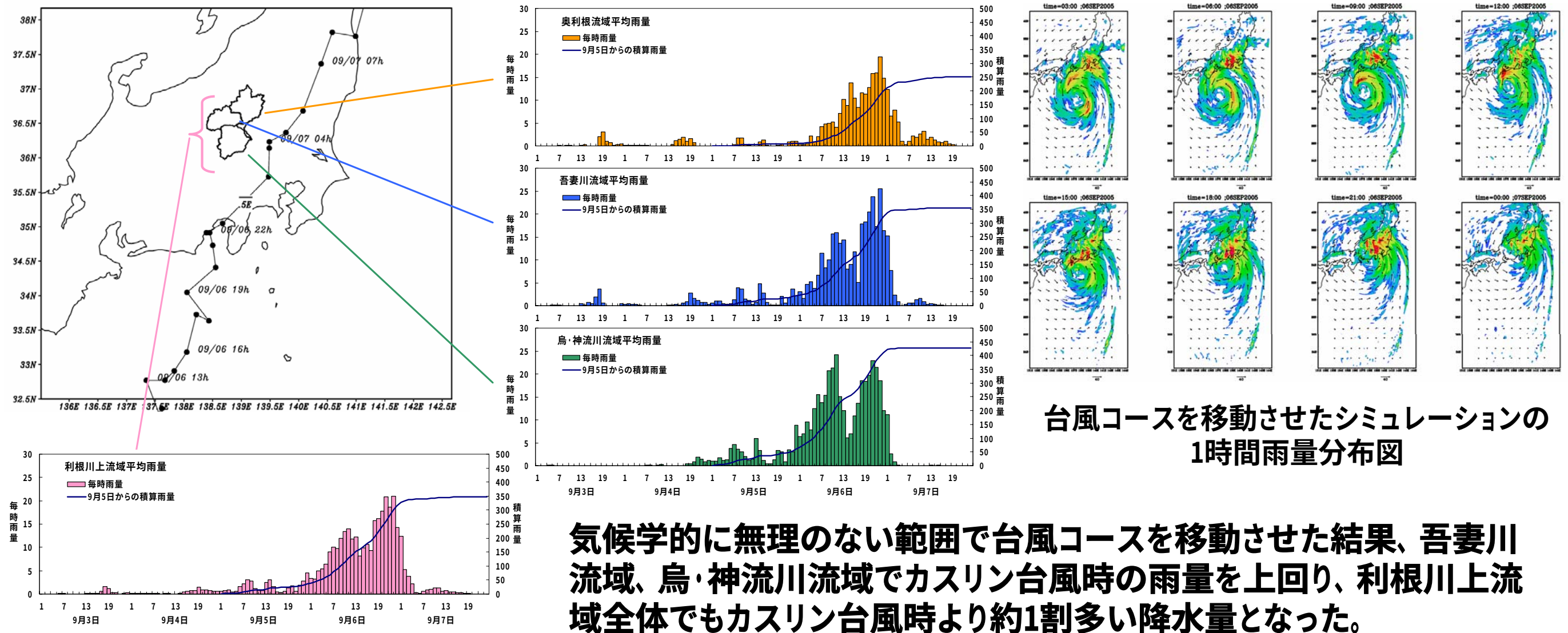
大雨発生可能性の検討(1) [実際の台風でモデルを検証]

台風大型化傾向の視点に立った治水方策を検討することを目的として、九州に甚大な被害をもたらした平成17年台風14号を、数値気象予測モデルと気象庁数値予報データ(RSM-GPV)を用いて利根川流域を通過するように模擬発生させる数値シミュレーションを行い、**既往最大雨量を超える可能性を検討**した。



大雨発生可能性の検討(2) [実際の台風をシフトして試算]

気象庁RSM-GPVの予測精度を確認した上で、**RSM-GPVを北に1度、東に8度移動**させてシミュレーションを実施した



この結果は、地球温暖化などの気候変動による影響とは関係なく、**現在の気象条件でも既往最大雨量を超える可能性がある**ことを示唆している。

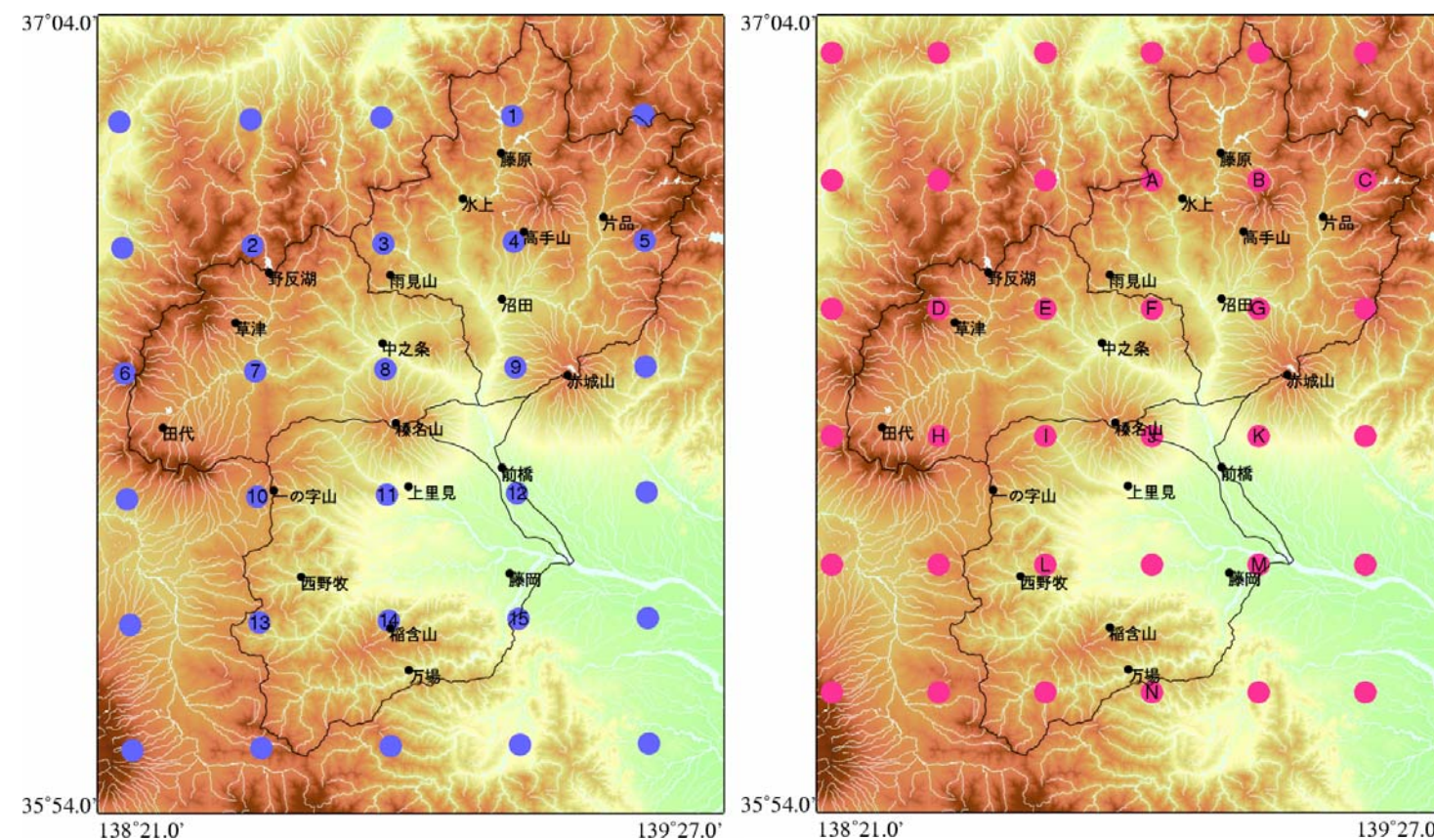
海面水温条件の整合性などに課題を残すが、気候変動などにより既往の統計資料が使えなくなる場合の一手法として有効である。但し、従来の確率を用いた計画手法との整合性などについて今後検討する余地がある。

温暖化予測計算結果の収集・整理（１）

■ 温暖化予測計算結果の収集

気象庁気象研究所による地球温暖化予測計算結果のうち、シナリオA2※に基づく地域気候モデル（RCM20）及び、シナリオA1B ※に基づく高解像度全球気候モデル（GCM20）によるものを収集し、気温、降水量の利根川上流域平均値を算定し検討を行った。

アメダス（実測値）：利根川上流域（八斗島上流域）内に位置する地点の平均
温暖化予測計算：アメダス観測点に最も近い陸上の格子点（流域内にある点）の平均



格子点位置図 (左：RCM20、右：GCM20)

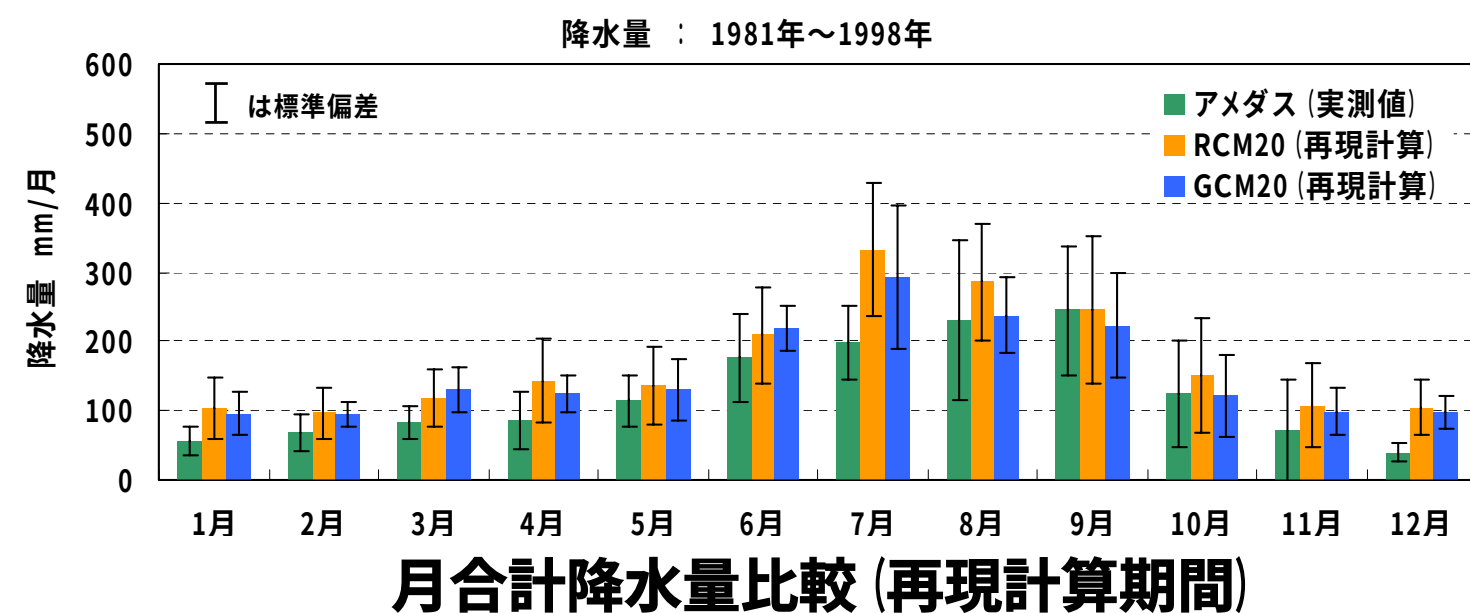
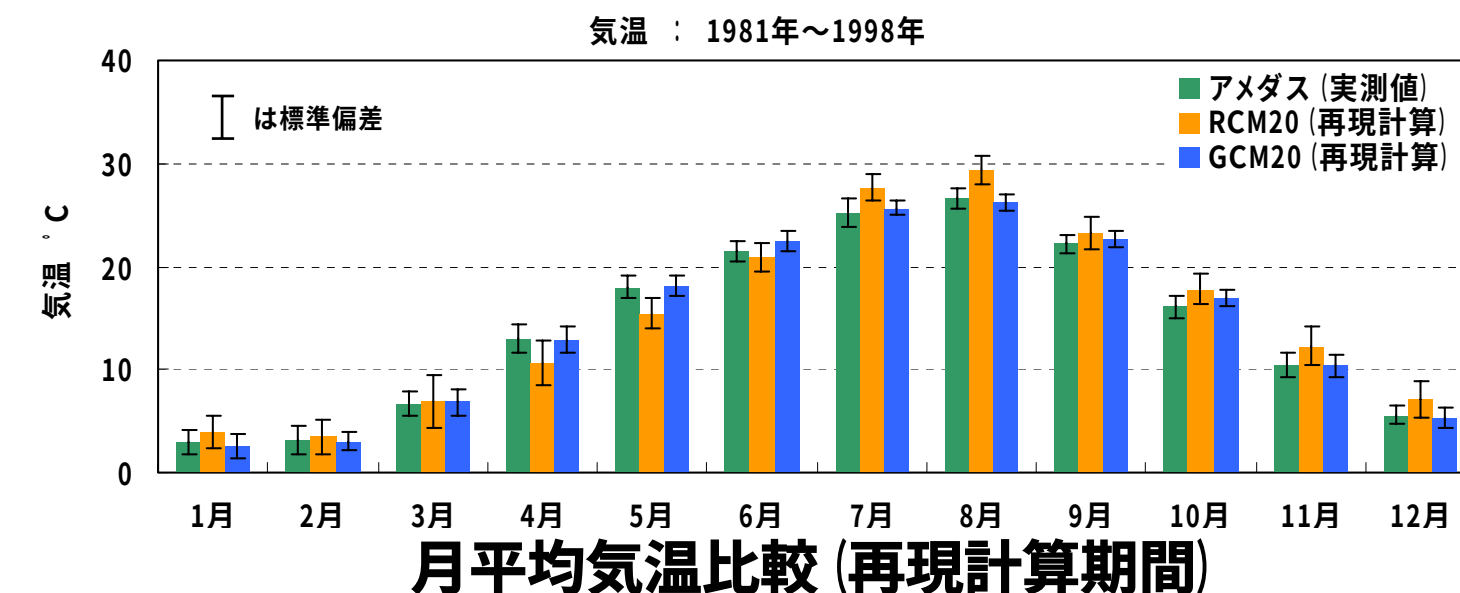
※A2：SRESと呼ばれる温室効果ガスの経年変化に関するシナリオのうち、地域主義経済発展型のシナリオ

※A1B：経済重視・世界志向のシナリオ(A1)のうち、化石エネルギー源、非化石エネルギー源のバランス重視のシナリオ

温暖化予測計算結果の収集・整理（2）

■ 再現計算期間の特性検討

各モデルを利根川上流域の平均気温及び合計降水量で検証した。



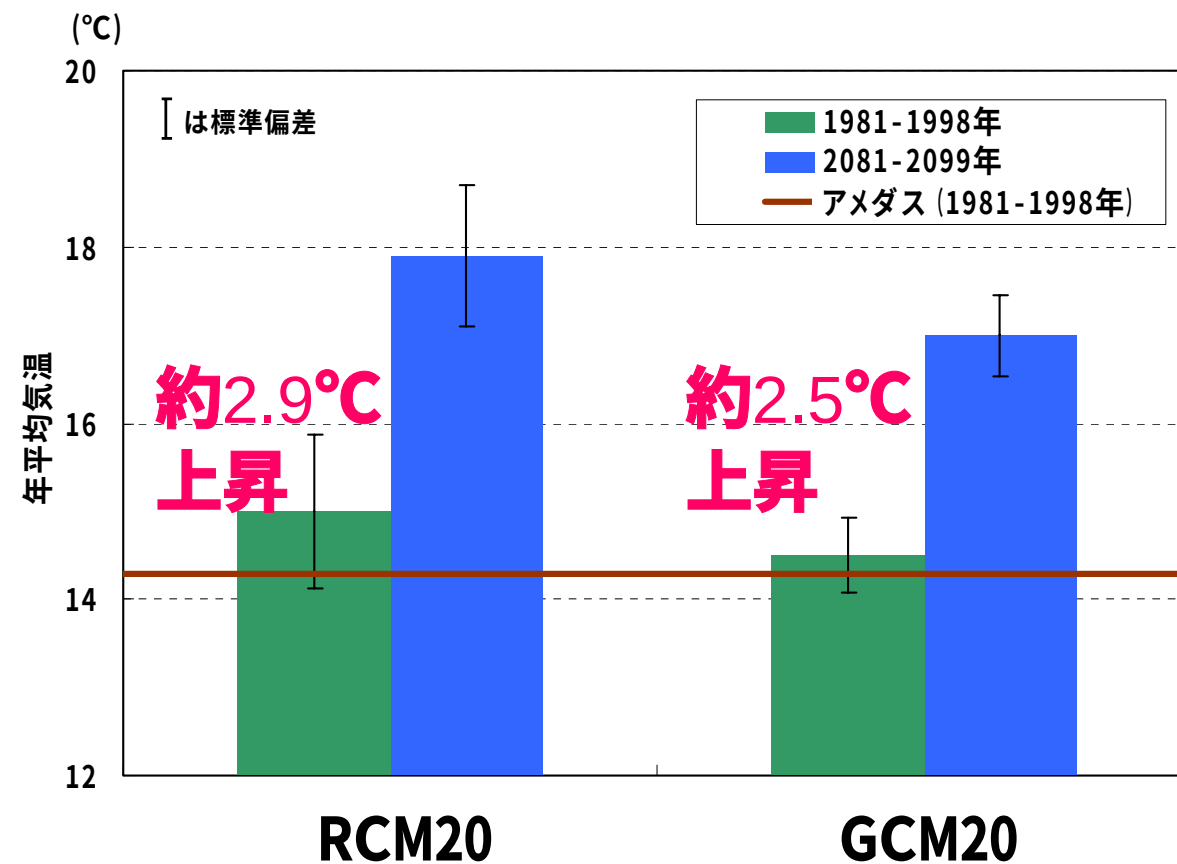
要素*	アメダス	RCM20	GCM20
年平均気温	14.3℃	15.0℃	14.5℃
月平均気温		季節による傾向の差が大きい	概ね年間を通してアメダスに近い
年合計降水量	約1500mm	約2000mm	約1900mm
月降水量			3,6,9月以外でRCM20よりもアメダスに近い

*1981年～1998年の平均値

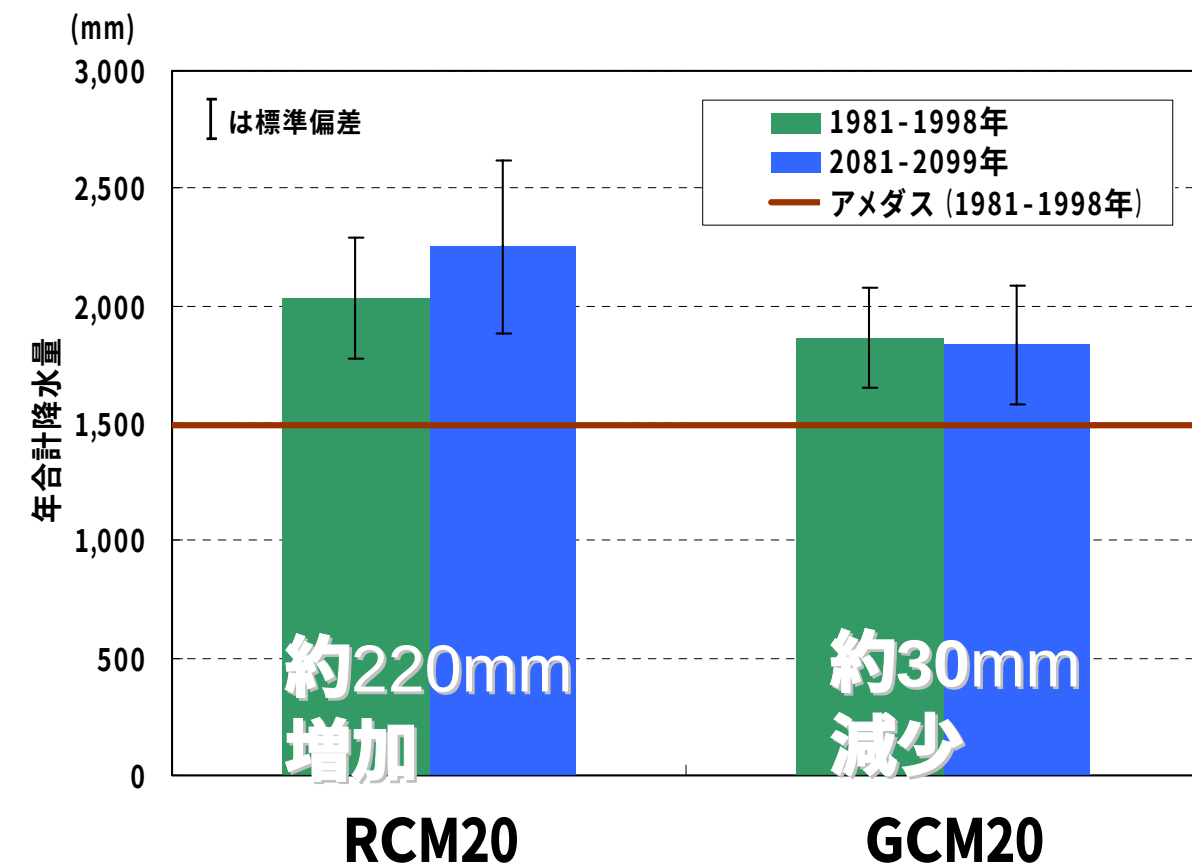
※気温は逓減率0.65℃/100mで標高0mに高度補正

温暖化予測計算結果の収集・整理（3）

■ 再現計算期間と予測計算期間との比較検討



年平均気温変動 (予測計算期間－再現計算期間)



年合計降水量変動 (予測計算期間－再現計算期間)

年平均気温は、100年後はRCM20で+2.9°C、GCM20で+2.5°C上昇している。
気温上昇幅はGCM20の方がやや小さいが、これはシナリオの差の影響であると考えられる。

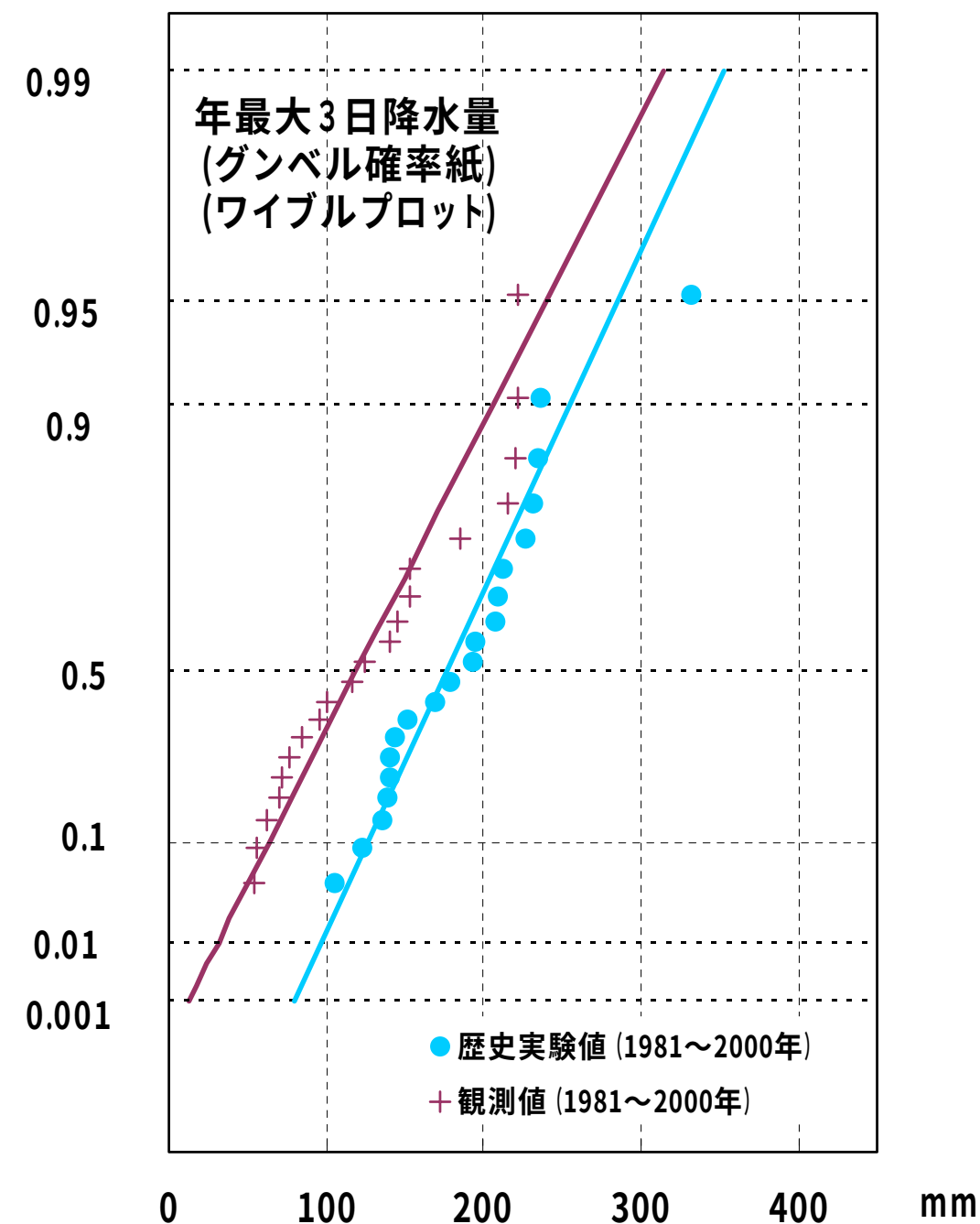
年降水量は、100年後はRCM20が増加傾向にあるのに対し、GCM20は再現計算期間と予測計算期間で大きな差は見られなかった。

RCM20を基にした確率統計

高水の検討には極端現象についての議論が必要であることから、3日間雨量年最大値の確率統計を行った。

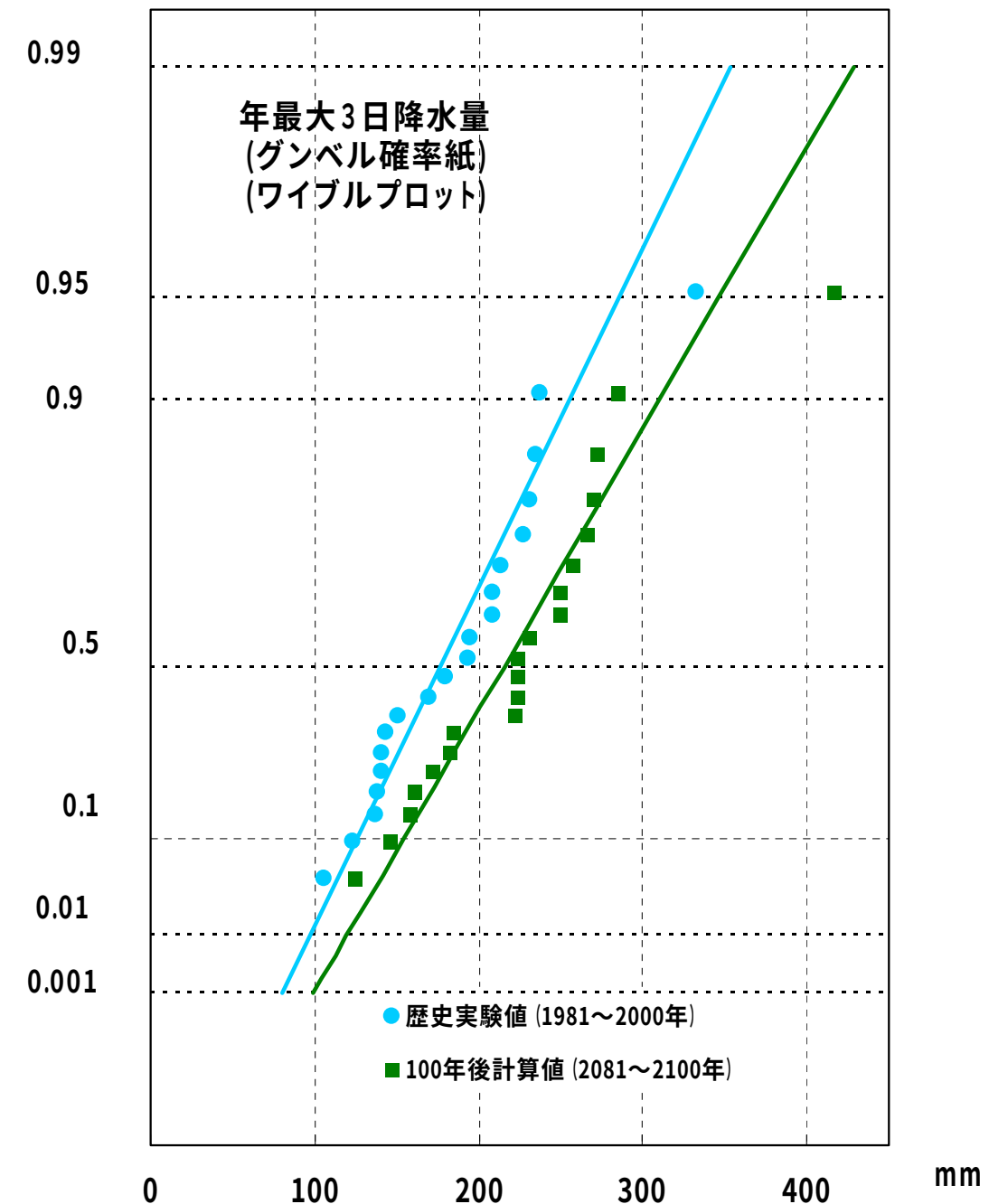
観測値と歴史実験値の比較

超過確率



歴史実験値と100年後計算値の比較

超過確率

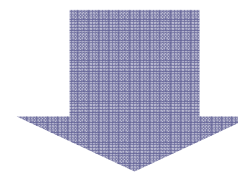


※「観測値」は流域内に位置するアメダスの平均値

RCM20からの台風抽出

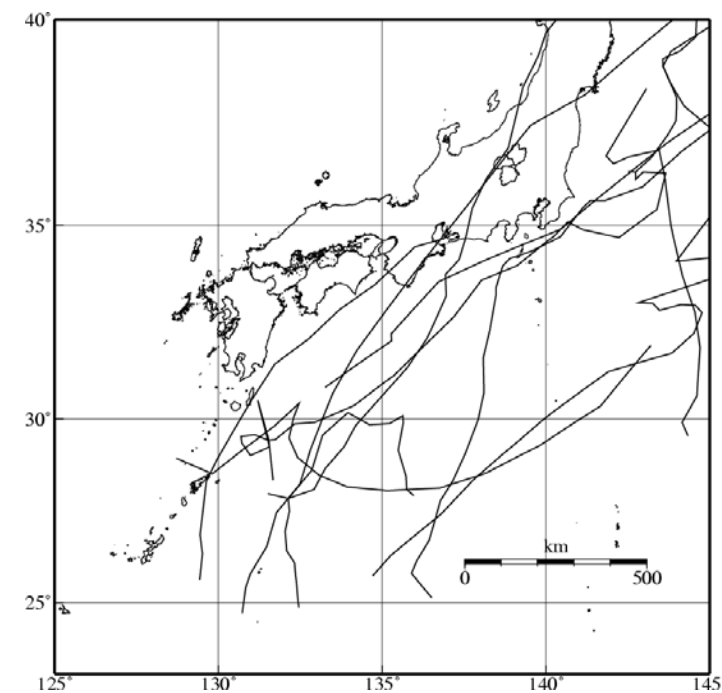
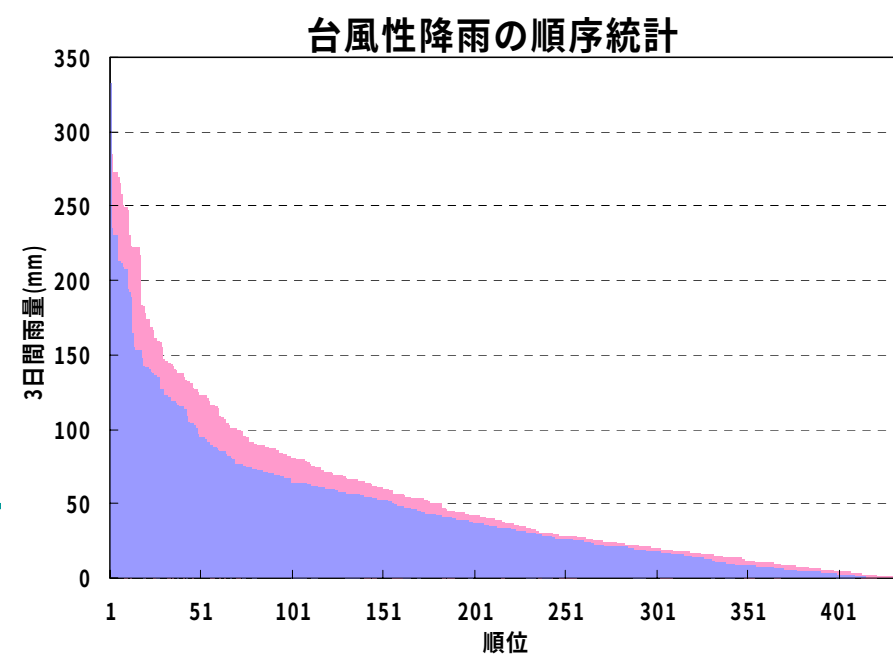
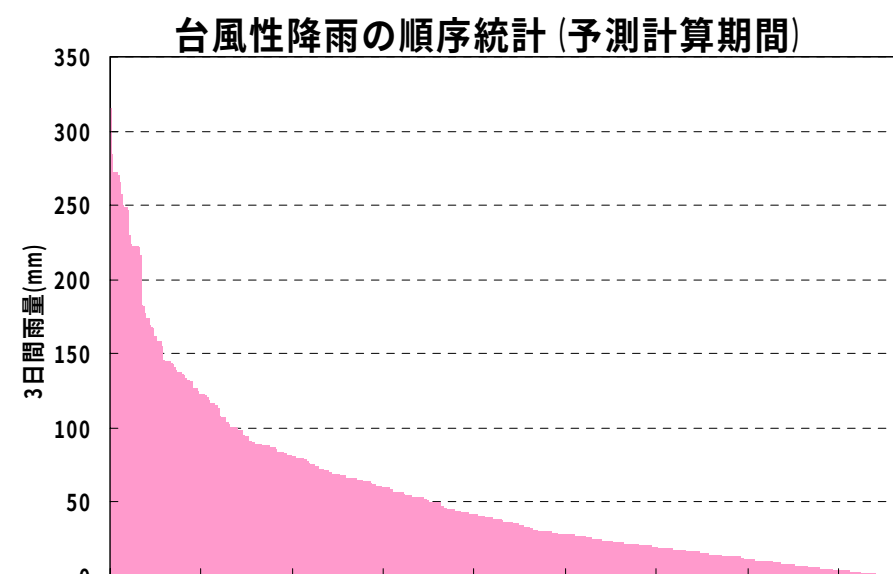
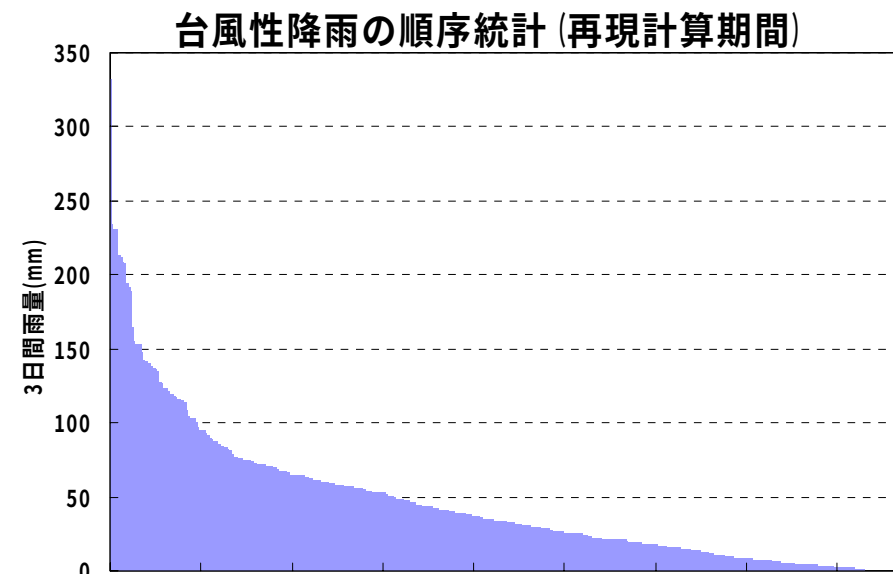
収集・整理したRCM20データの概要

計算領域	日本域
水平解像度	約20km間隔、格子数129×129
鉛直層数	15層
計算に使用したシナリオ	A2
対象期間	再現計算期間：1981-2000年 予測計算期間：2081-2100年
気象要素	3時間値：RCM20で計算された全要素 日別値：降水量、日平均気温

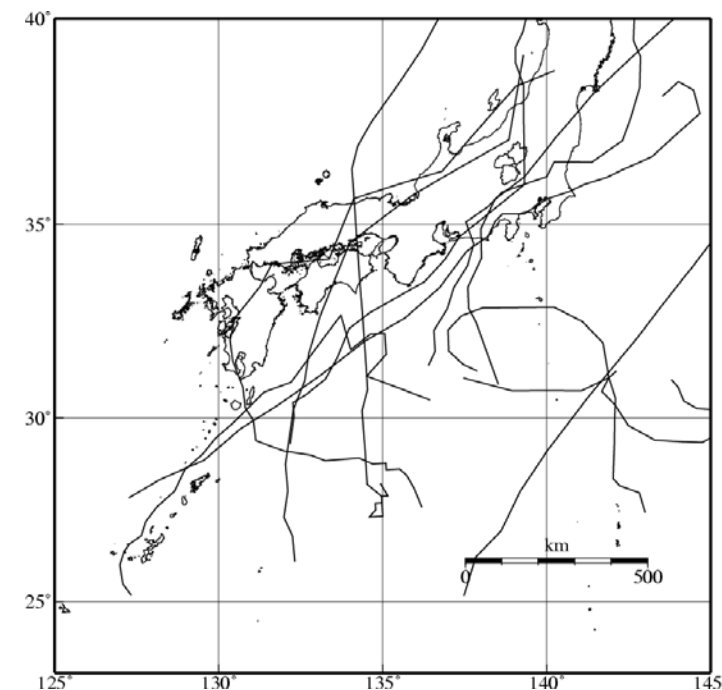


3時間毎の海面気圧及び地上風を基に、台風と考えられる擾乱を抽出した

RCM20を基にした台風性降雨順序統計



上位10事例の台風経路図 (再現計算期間)



上位10事例の台風経路図 (予測計算期間)

※RCM20の20km格子点のうち、利根川上流域に位置する18メッシュの平均3日雨量
※台風経路図は、RCM20の気圧極小点より作成した
※複数の台風が同時に存在した場合は、それらの経路も描画した

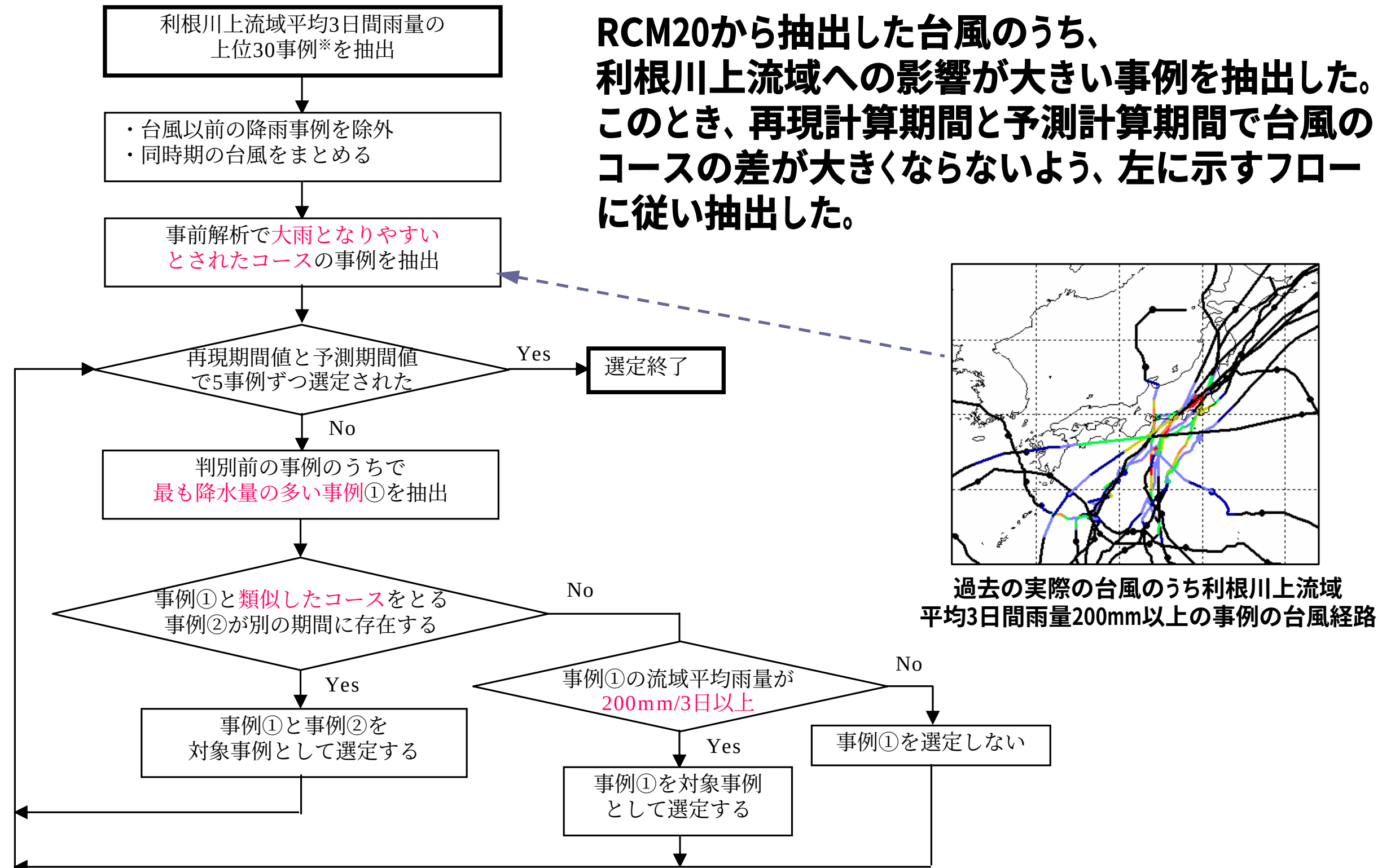
詳細シミュレーションによる検討

- RCM20から台風事例を抽出
- 代表的な台風のコースを更に絞り込む
- RCM20の3次元データを基に、気象モデル (**MM5**) を用いて水平格子約5kmメッシュ間隔でネスティング※計算
- 1時間単位の5kmメッシュ降水量を基にした流域平均雨量が算出可能
- 利根川上流域を更に分割した小流域 (約1,300～1,800km²) の流域平均雨量も把握

MM5: 米国国立大気研究センターとペンシルバニア州立大学が共同で開発した局地気象モデル。主にメソスケール (数10～数100km規模) の予報及び再現計算を目的として使用される。

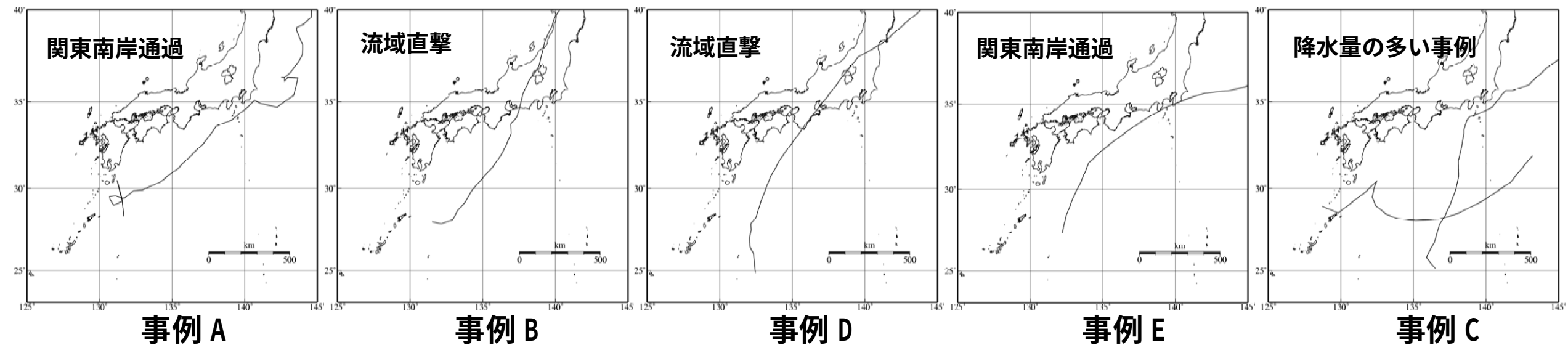
※初期値及び境界条件としてRCM20の20km格子の値を与え、より細かい格子での気象データを算出

詳細シミュレーション対象事例の選定（１）

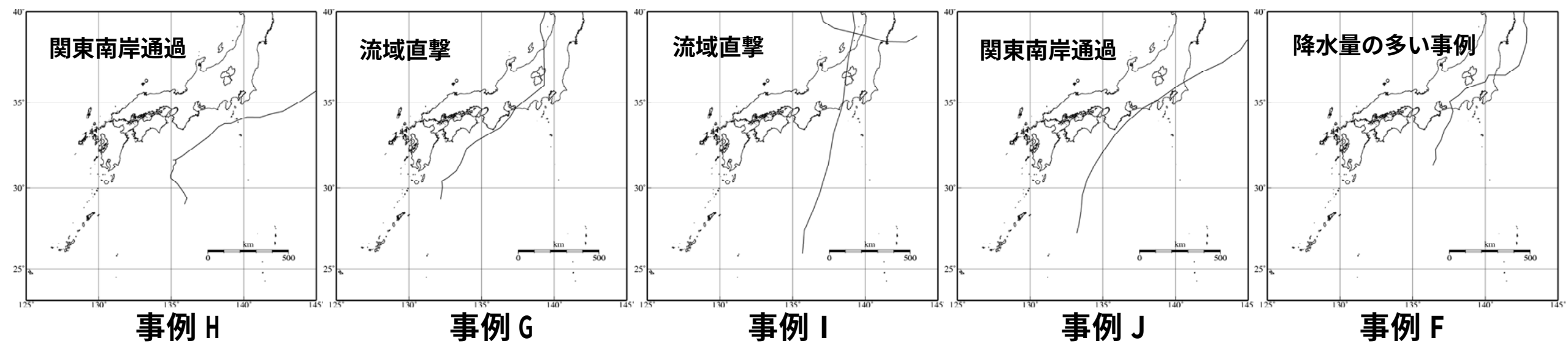


※RCM20の3次元データが保存されていない事例は除外

詳細シミュレーション対象事例の選定（２）



詳細シミュレーション対象事例の台風経路図 (再現計算期間)

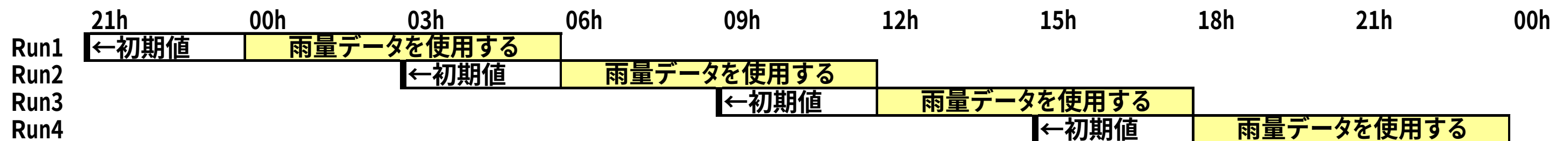


詳細シミュレーション対象事例の台風経路図 (予測計算期間)

※事例Cは予測計算期間に類似コースの台風がないが降水量200mm/3日以上的事例
※事例Fは再現計算期間に類似コースの台風がないが降水量200mm/3日以上的事例

詳細シミュレーションによる検討

- MM5をベースとした非静力学気象モデルにより、15kmメッシュ及び5kmメッシュ（ネスティング）の1時間値を算定

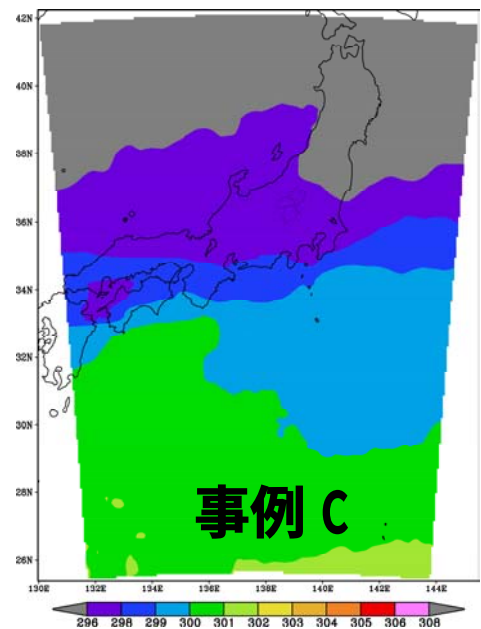
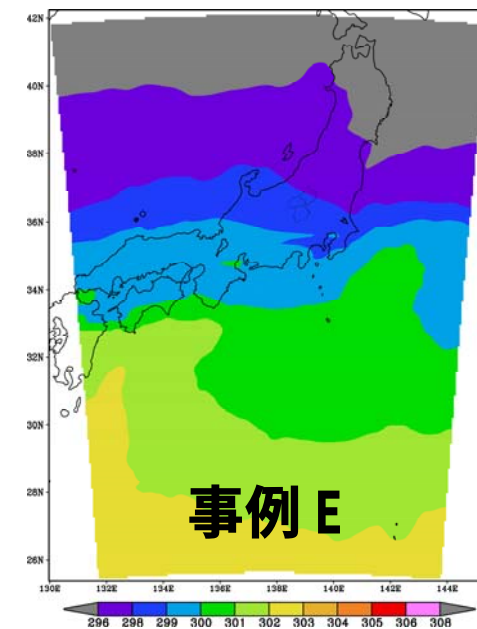
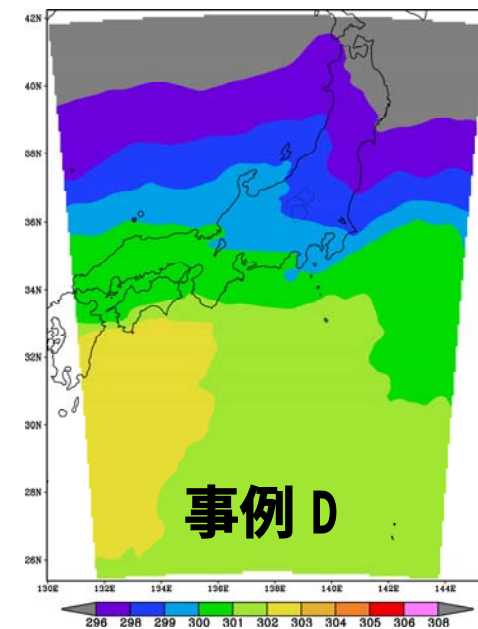
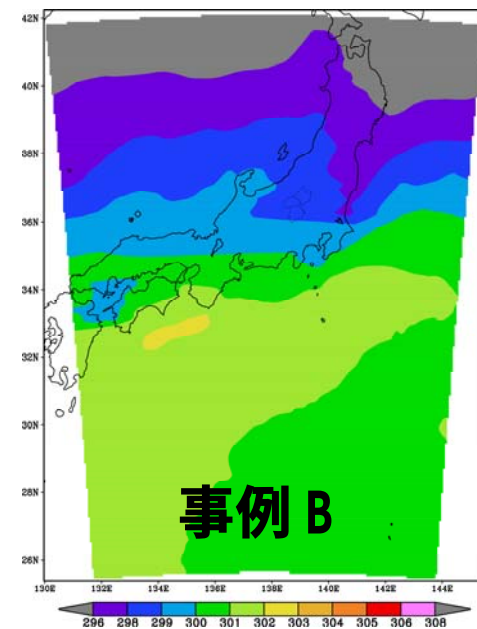
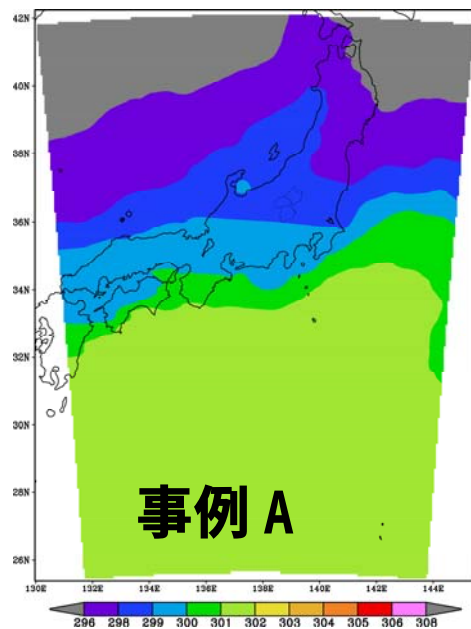


モデルのパラメータ及びスキーム

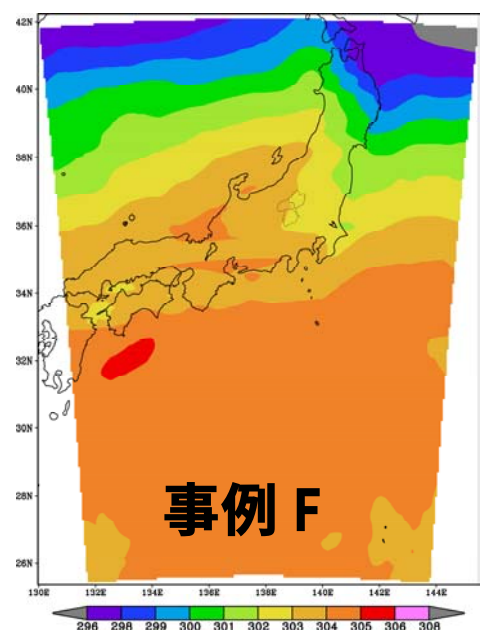
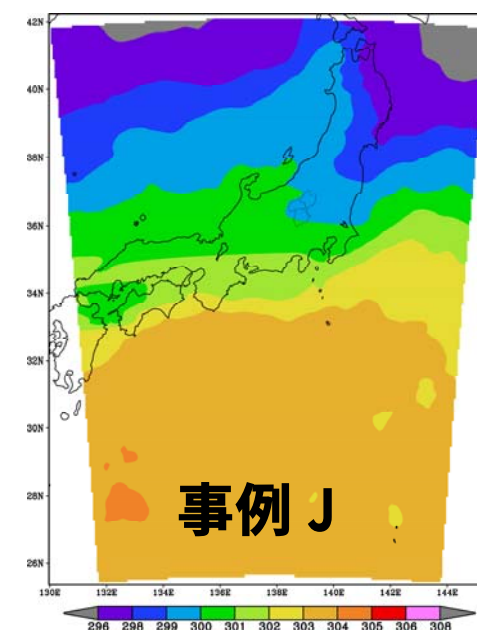
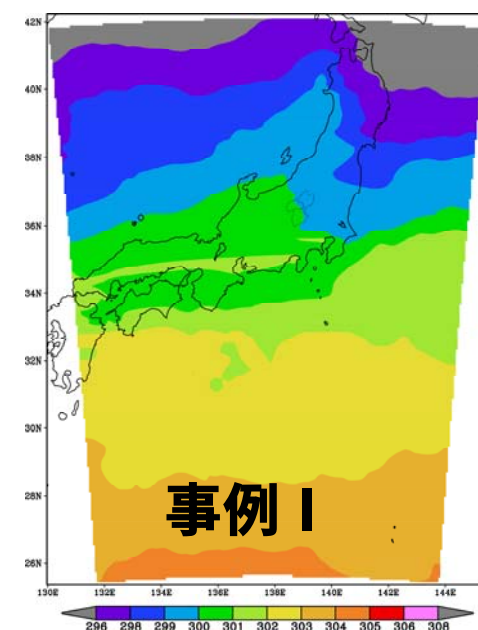
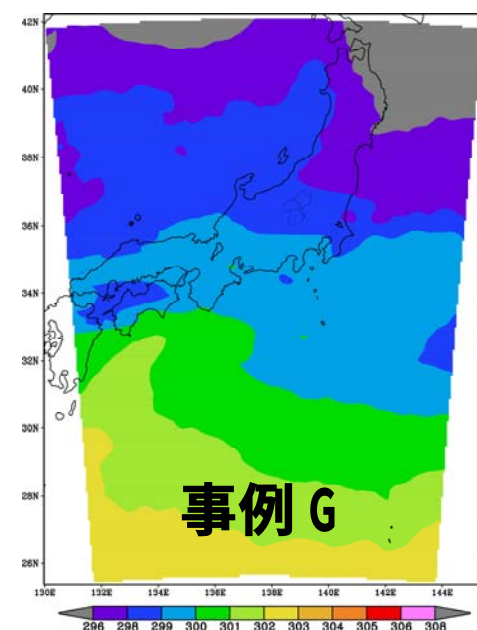
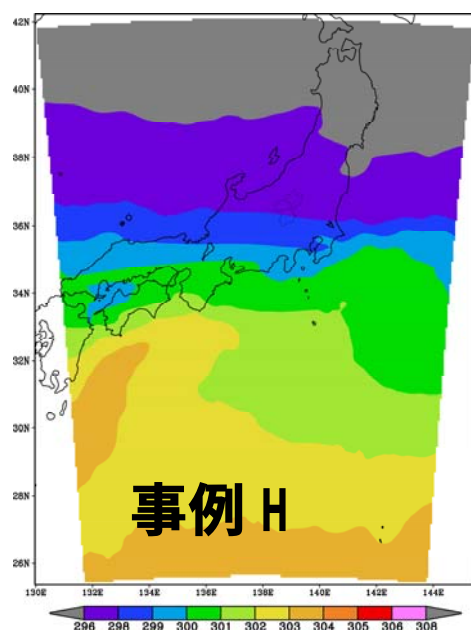
微物理モデル	graupel(reisner2)
PBLスキーム	Blackadar
放射スキーム	Cloud-Radiation Scheme
積雲パラメタリゼーション	Grell (15km) 、 None(5km)

海面水温の条件設定

- CGCM2の月別値の内挿により得られた日別値を初期値として使用

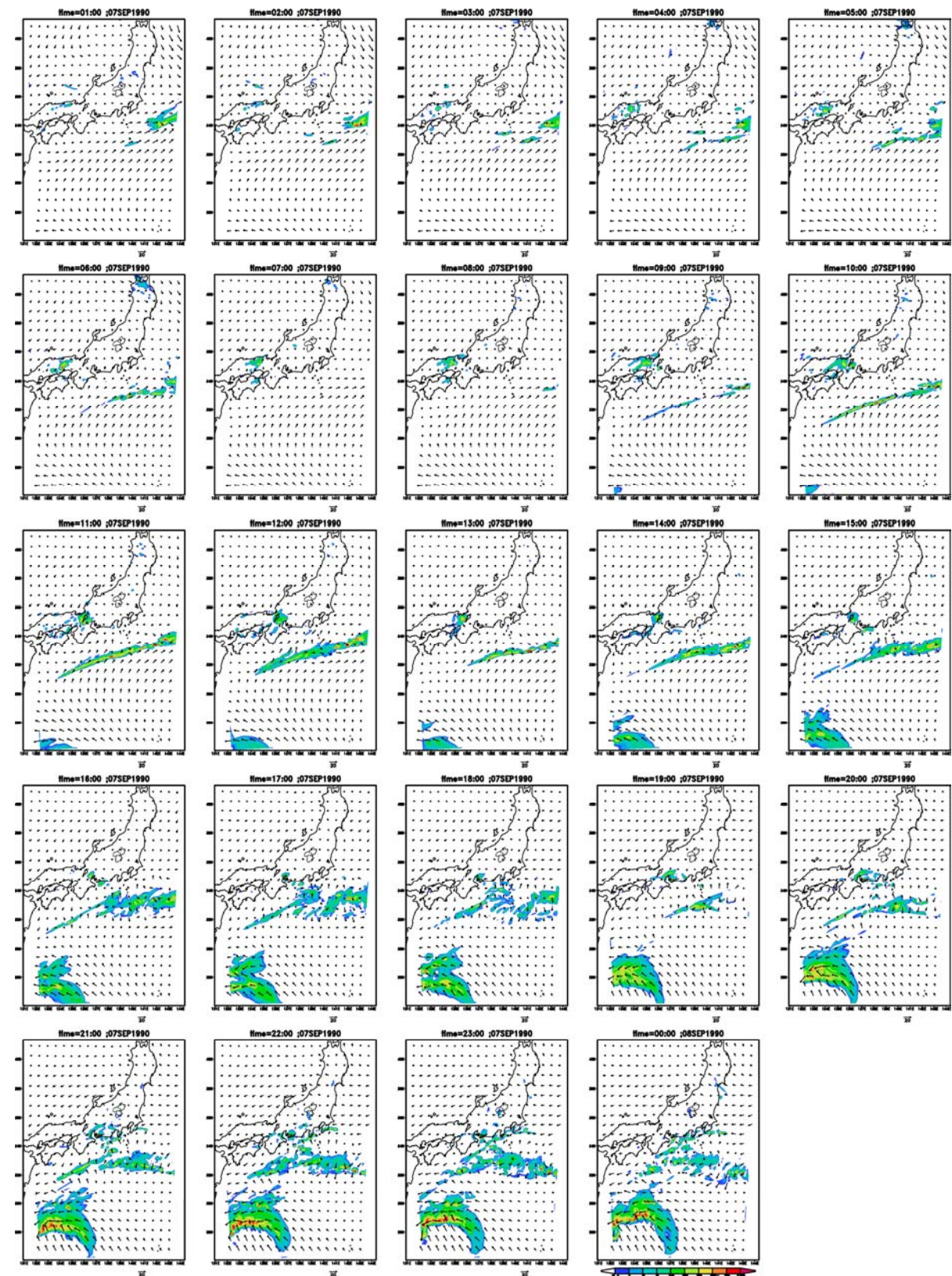
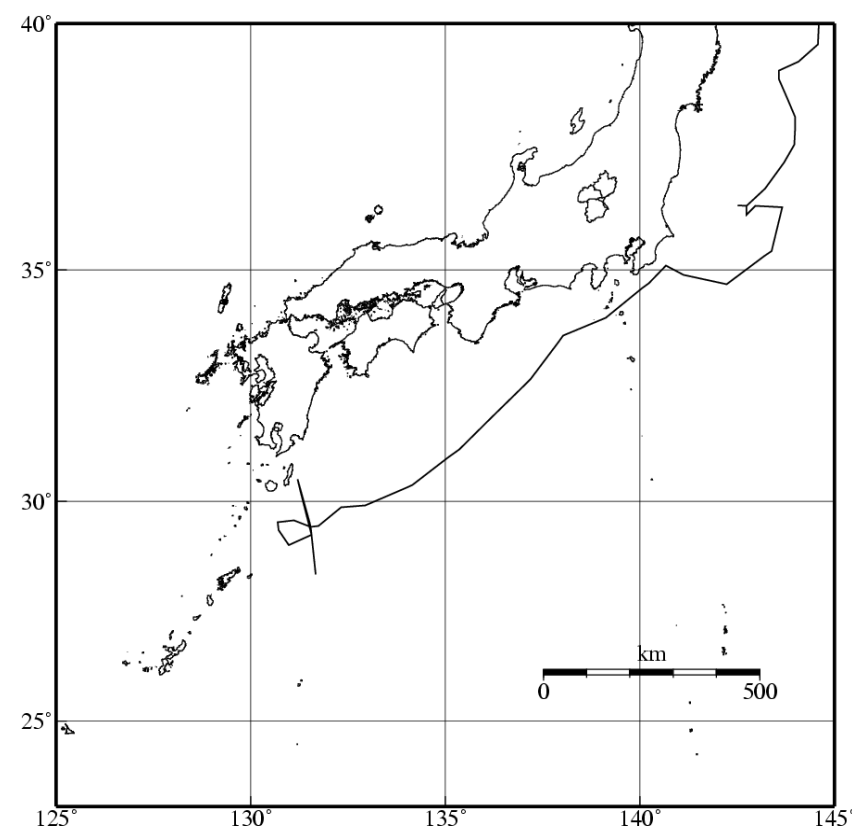


(再現計算期間)



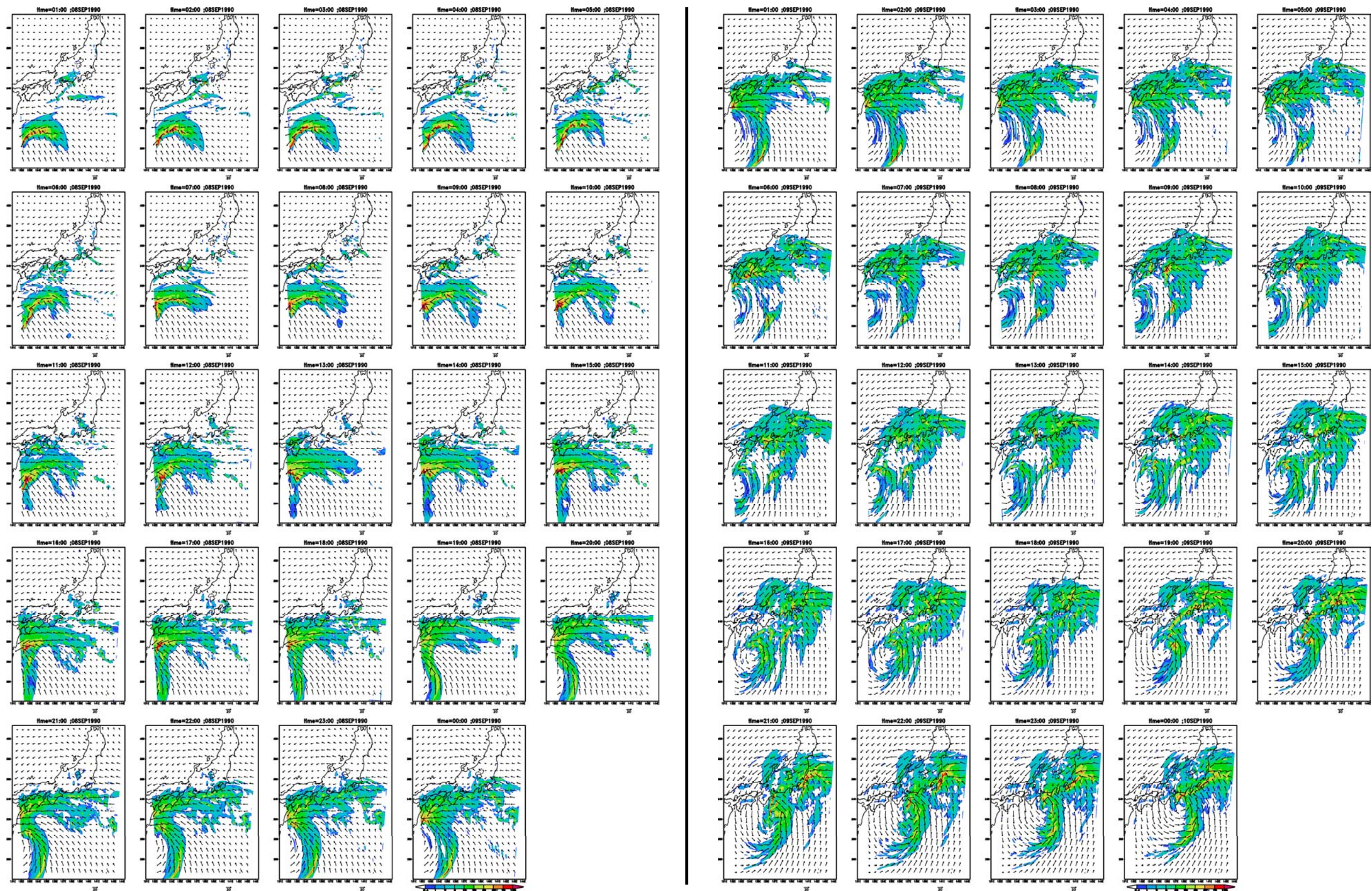
(予測計算期間)

シミュレーション結果の例（再現計算期間）



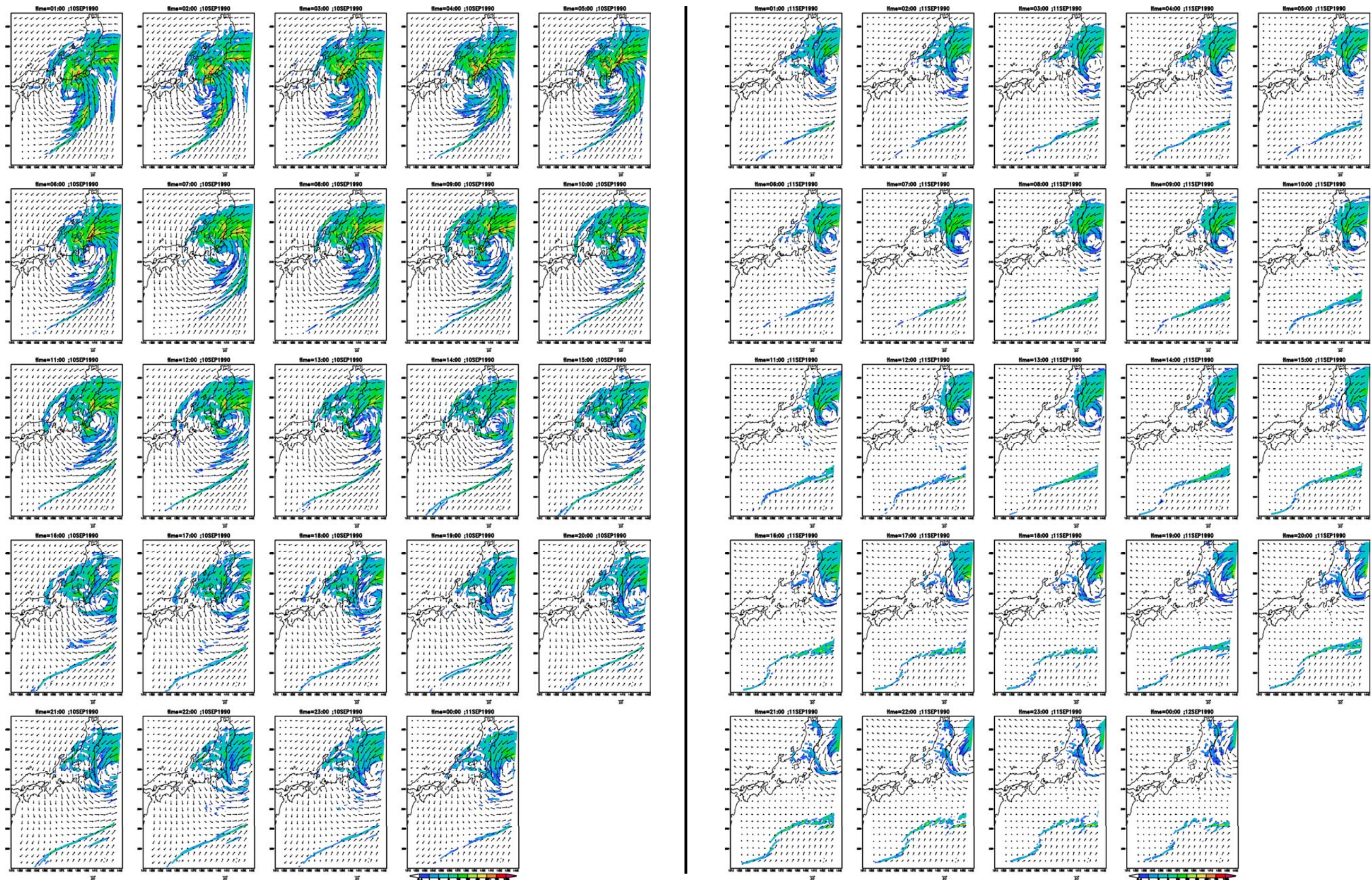
1時間雨量計算値分布図 (事例A:RCM20_1990年9月7日)

シミュレーション結果の例（再現計算期間）



1時間雨量計算値分布図 (事例A:RCM20_1990年9月8日～9月9日)

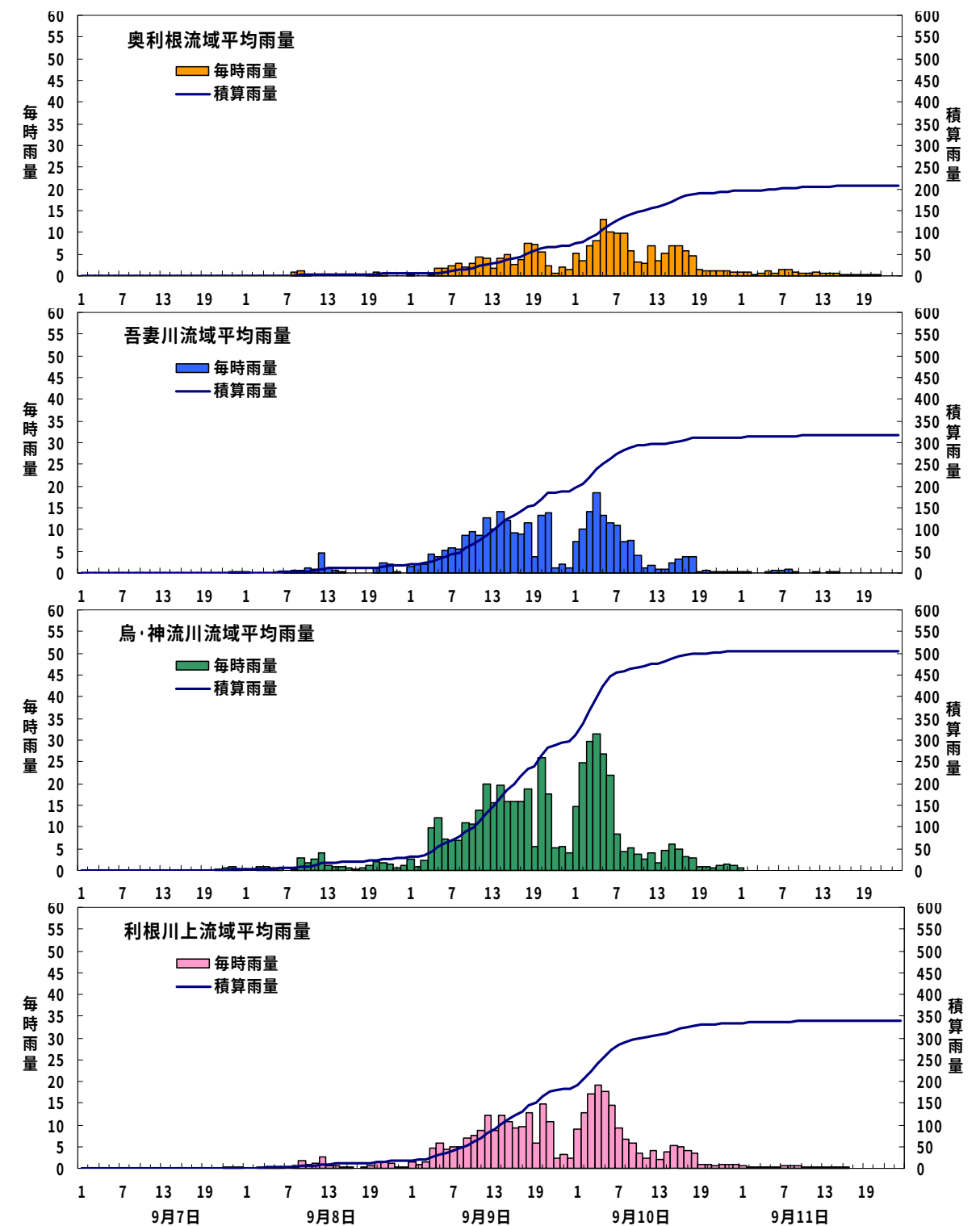
シミュレーション結果の例（再現計算期間）



1時間雨量計算値分布図 (事例A:RCM20_1990年9月10日～9月11日)

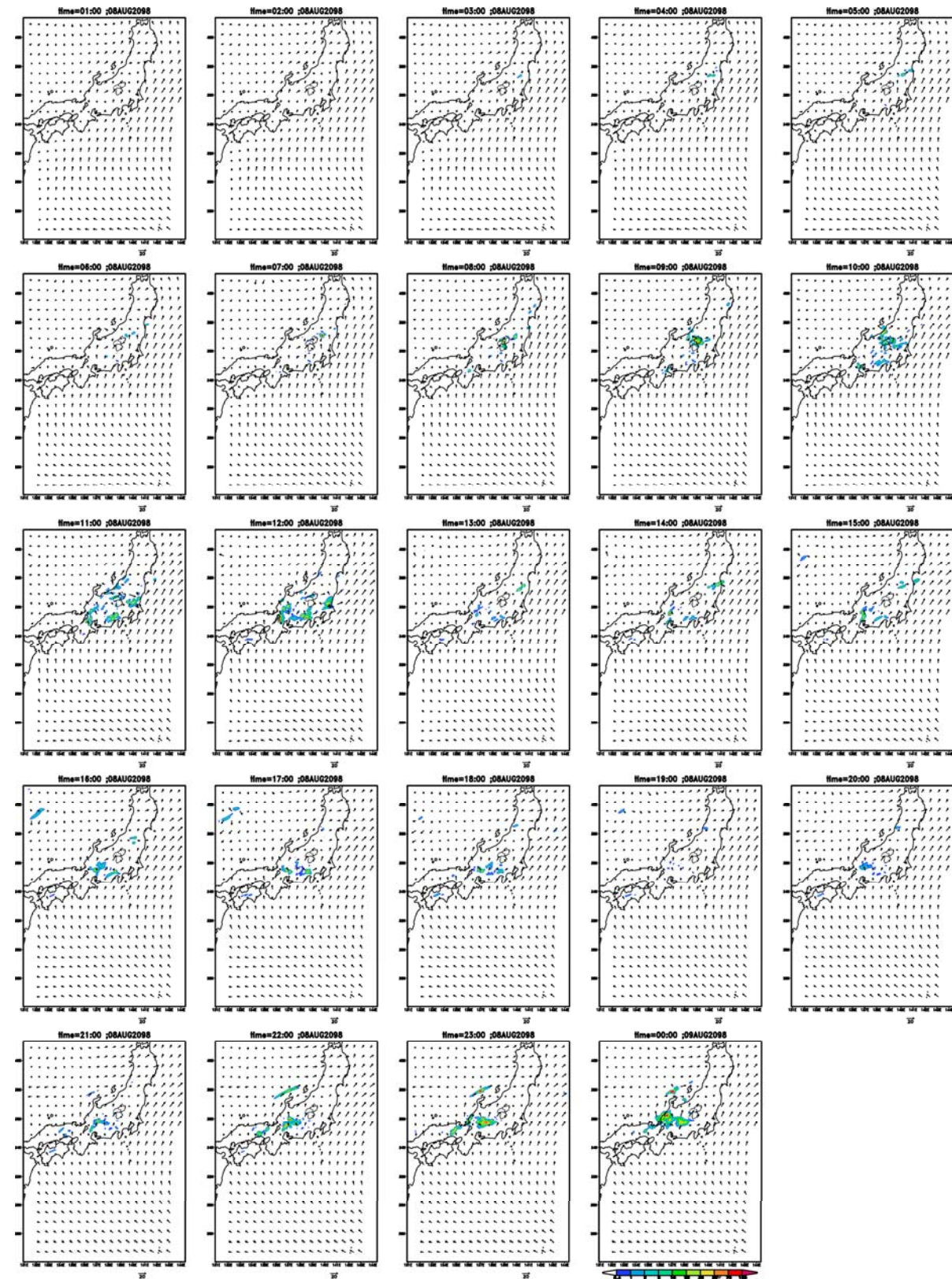
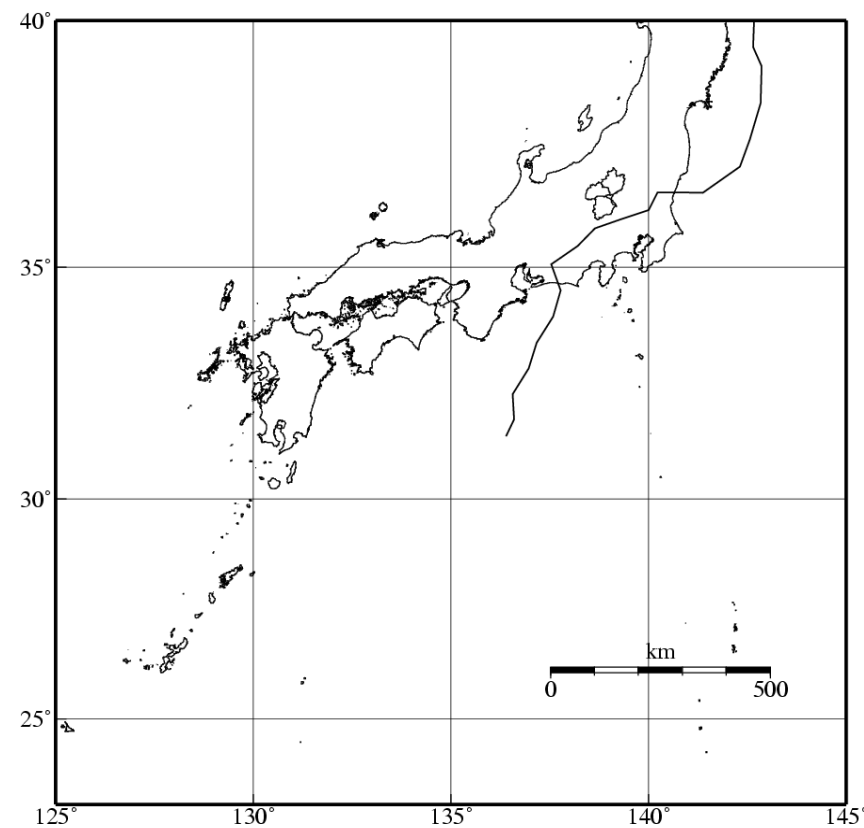
シミュレーション結果の例（再現計算期間）

台風は関東南岸を遅い速度で通過した。台風が関東地方に接近する前から台風の北東側に広がるレインバンドの影響を受けたため、長時間10mm/h以上の降雨が継続した。利根川上流域の流域平均3日間雨量は、カスリン台風時の既往最大雨量と同等の約330mmが計算された。特に烏・神流川流域で流域平均3日間雨量約500mmの豪雨となった。



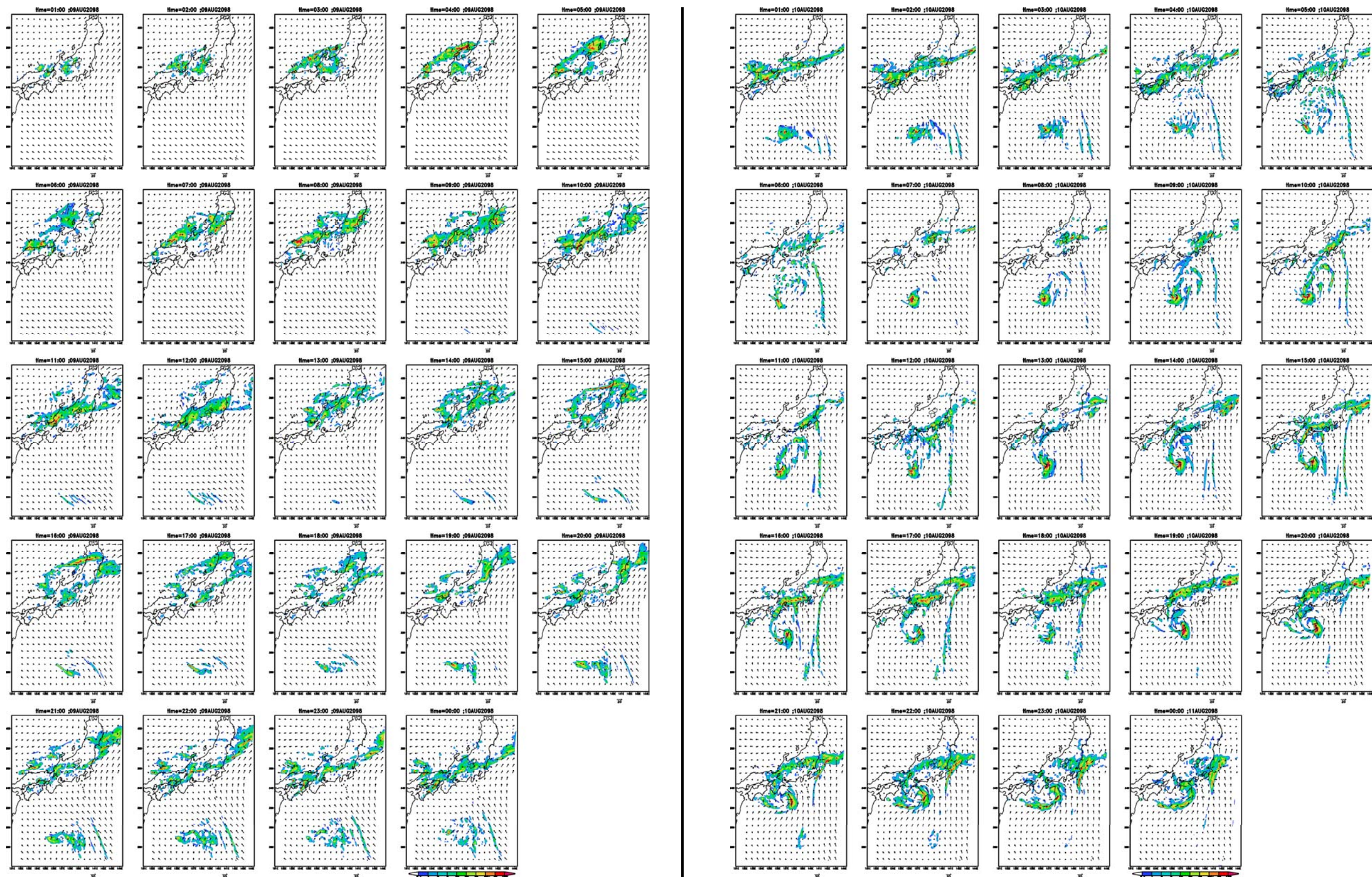
シミュレーションによる流域平均雨量（事例A:RCM20_1990年9月7日～9月11日）

シミュレーション結果の例（予測計算期間）



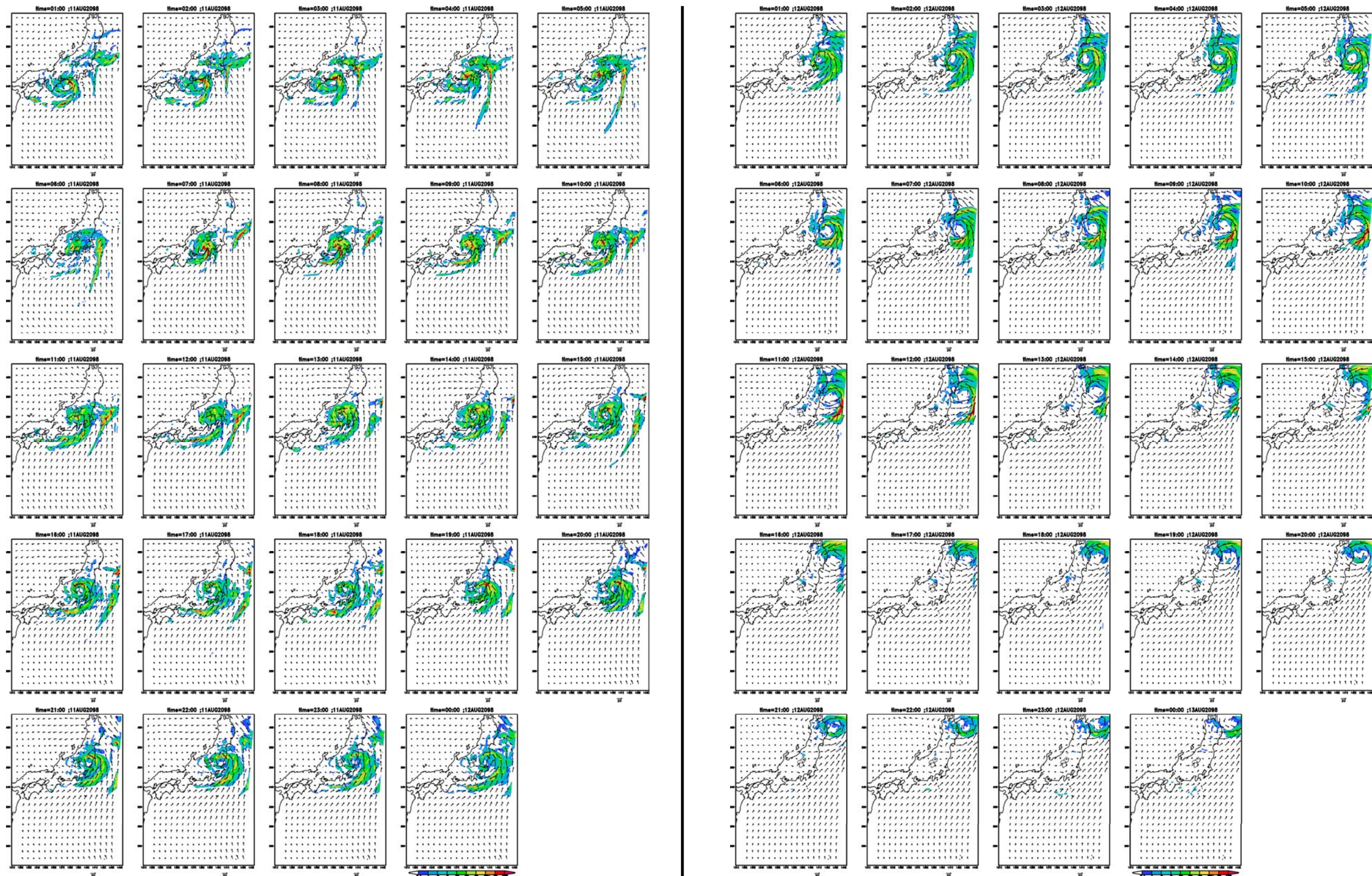
1時間雨量計算値分布図 (事例F:RCM20_2098年8月8日)

シミュレーション結果の例（予測計算期間）



1時間雨量計算値分布図 (事例F:RCM20_2098年8月9日～8月10日)

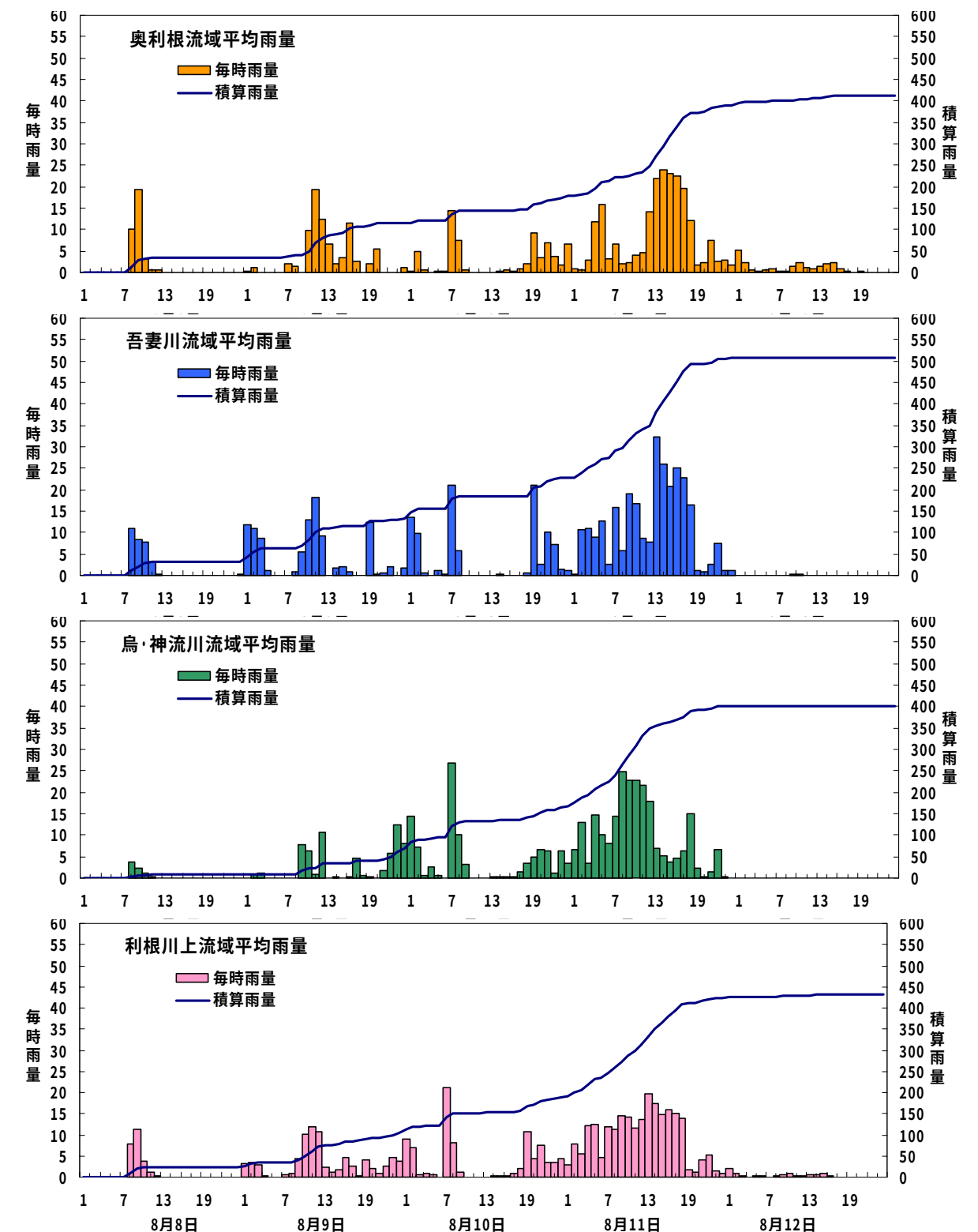
シミュレーション結果の例（予測計算期間）



1時間雨量計算値分布図 (事例F:RCM20_2008年8月11日～8月12日)

シミュレーション結果の例（予測計算期間）

本事例の台風は、流域の南側から東側をゆっくりとした速度で通過した。利根川上流域平均3日間雨量は約400mmと、本調査の10事例の中で最大であった（但しRCM20による概算値約310mmよりも多い）。



シミュレーションによる流域平均雨量（事例F:RCM20_2098年8月8日～12日）

シミュレーション結果の概要

- 全般的に予測期間（100年後）の事例の最大1時間雨量の方が高い傾向が見られた。
- 再現期間、予測期間のいずれにおいても、利根川上流域平均3日間雨量既往最大雨量と同じ規模の事例があることが確認できた。
- 再現計算期間の事例では烏・神流川流域の雨量が相対的に多いが、予測計算期間の事例では各小流域間での雨量の差が小さくなっていることが確認できた。