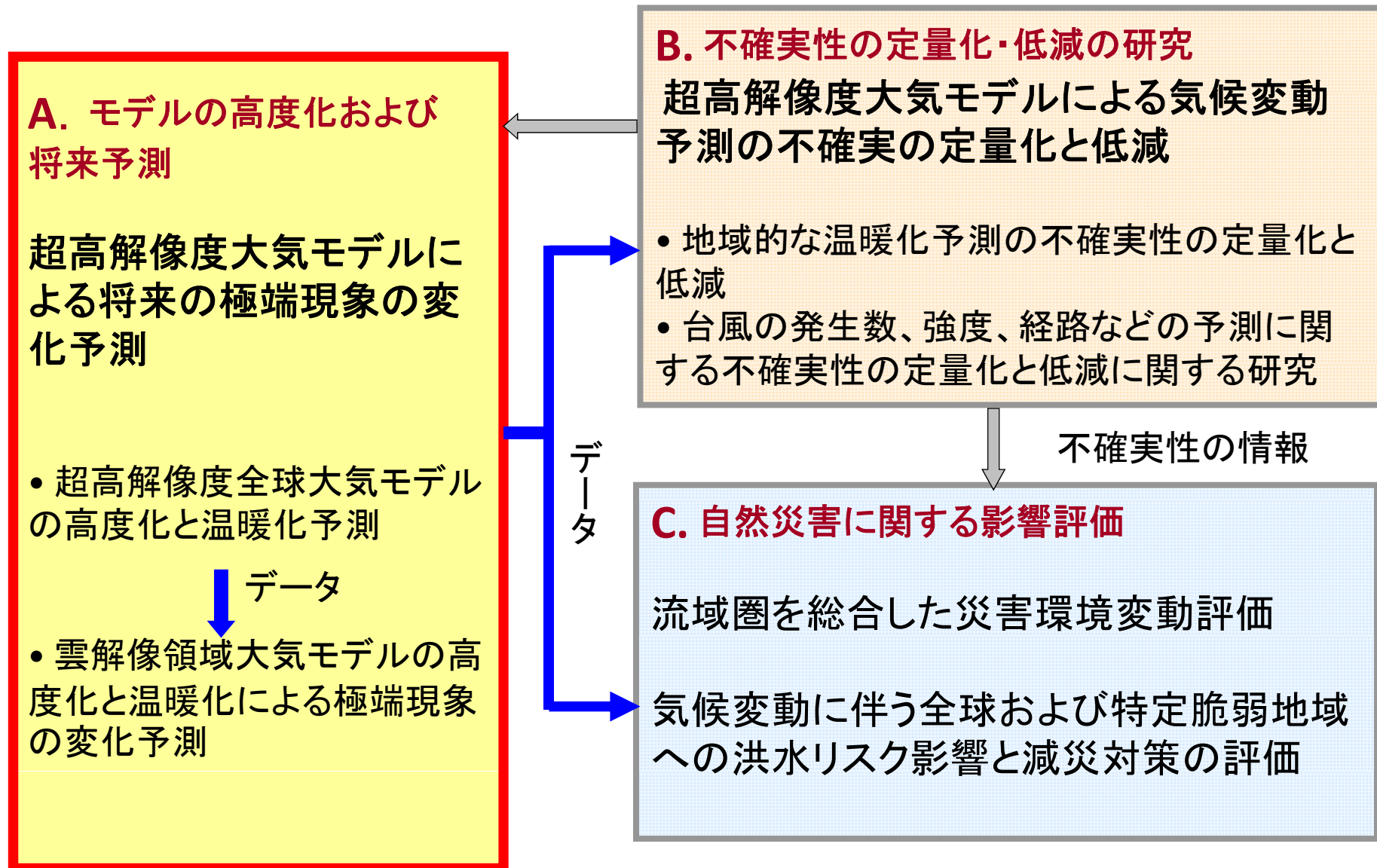


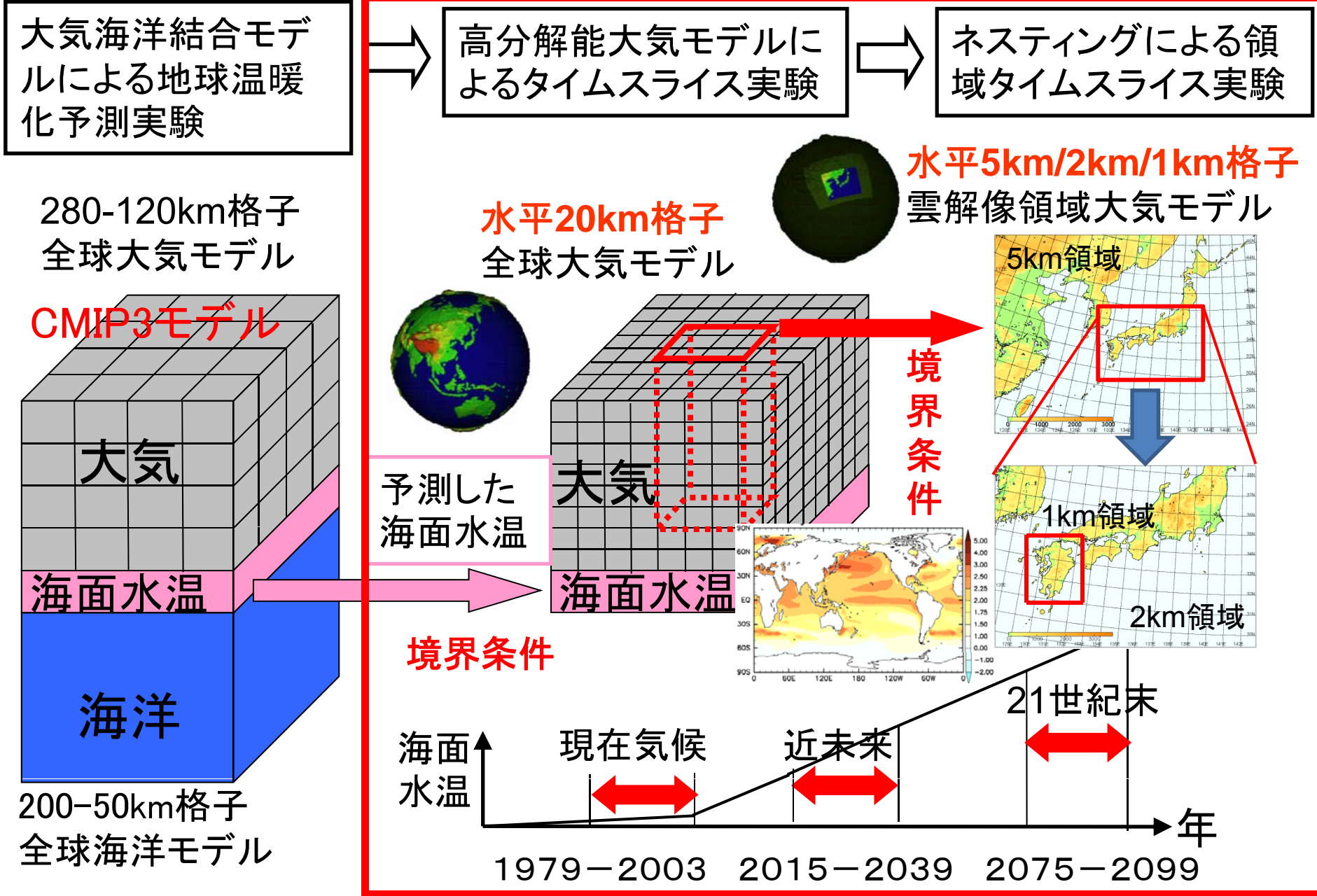
超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測および影響評価に関する研究



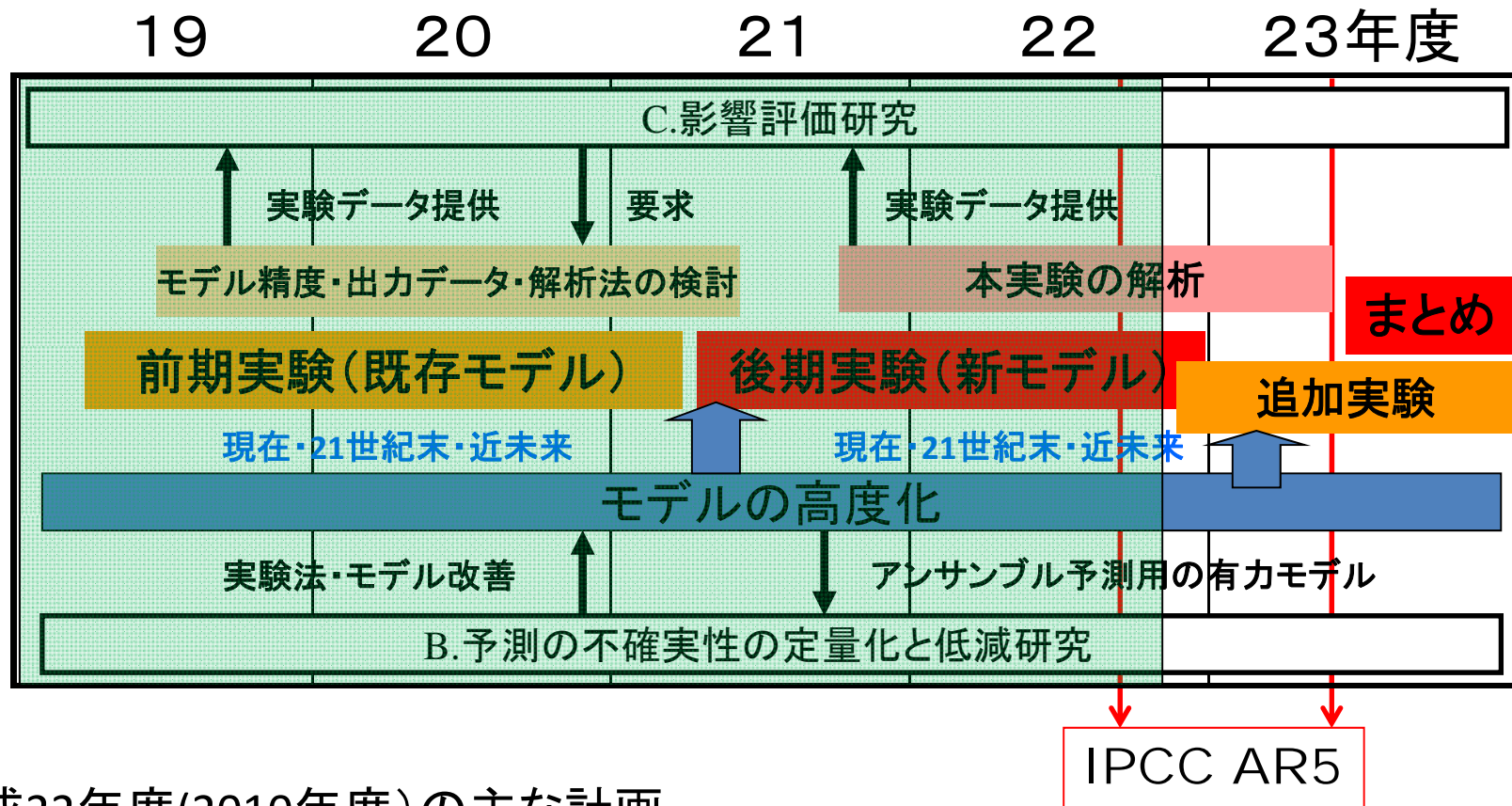


KAKUSHIN

革新プログラム「極端現象予測」



研究実施計画 (2011年2月版)



平成22年度(2010年度)の主な計画

I.
新モデル(後期モデル)による
近未来・21世紀末実験を実施

II.
CMIP5・IPCC および温暖化
影響対策研究等への貢献

後期モデルの仕様

	前期モデル	後期モデル
水平解像度	TL959 (20km)	TL959 (20km)
鉛直解像度	L60 (top 0.1hPa)	L64 (top 0.01hPa)
時間ステップ	6分	10分
積雲対流スキーム	Prognostic AS	吉村積雲
雲スキーム	Smith (1990)	Tiedtke (1993)
層積雲	Kawai (2004)	なし
放射	柴田放射	気象庁放射(2004r1)
重力波抵抗	Iwasaki et al. (1989)	Iwasaki et al. (1989)
上端	Newton緩和	Reyleigh摩擦
海面	気象庁スキーム	気象研スキーム+skin SST
陸面	SIB0109	SIB0109
境界層	MellorYamada Level2	MellorYamada Level2
エアロゾル直接効果	硫酸エアロゾルのみ	5種
間接効果	なし	なし

前期・後期20kmモデルによる25年気候値を数値評価

は、より高い数値評価を示す。

RMSEによる量的評価

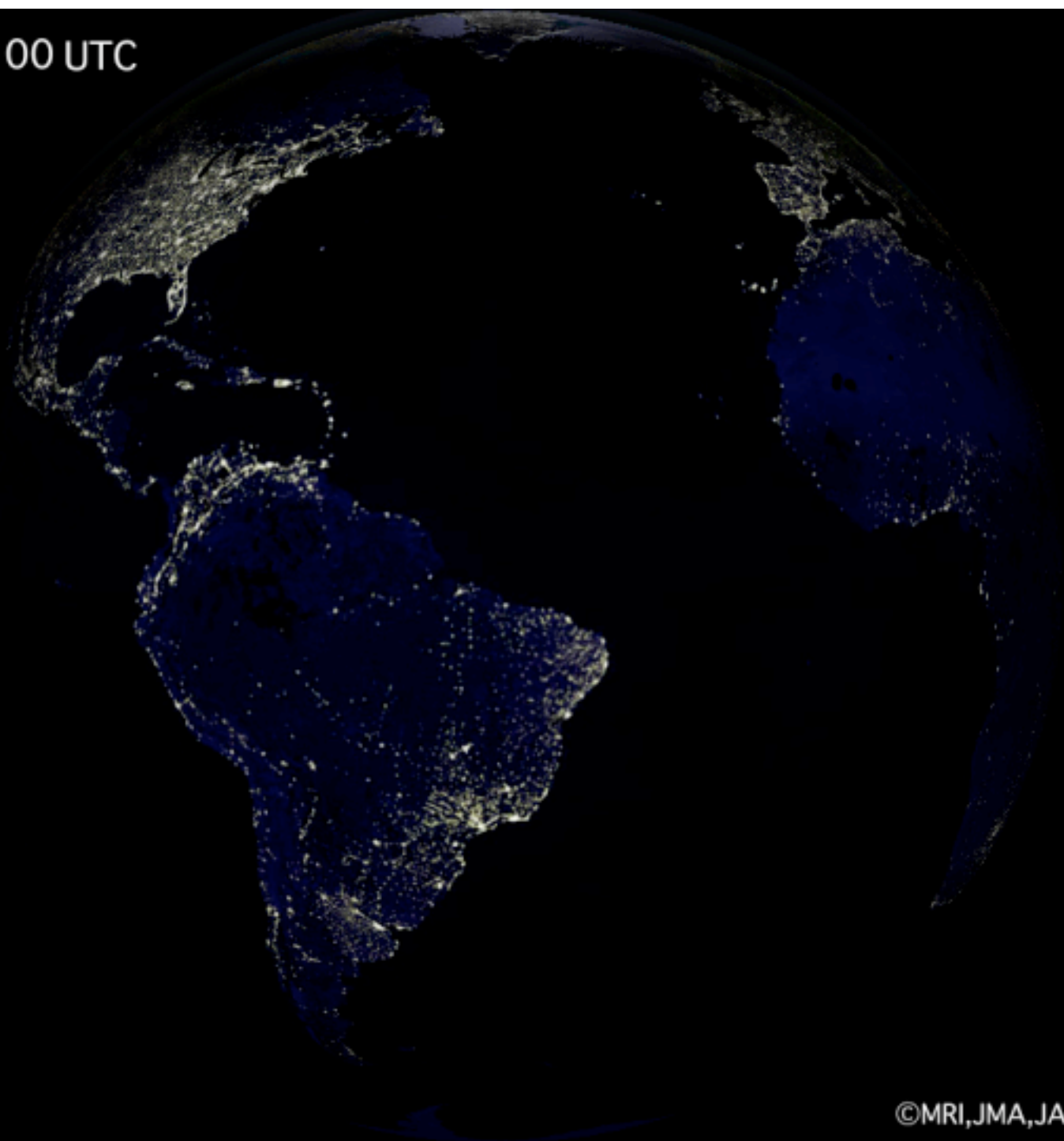
地域	降水量 (CMAP)					
	北西太平洋		西日本		東日本	
	夏	秋	夏	秋	夏	秋
前期モデル 25年	2.94	2.03	1.67	0.43	1.13	0.42
後期モデル 25年	2.30	1.53	0.58	1.06	0.51	1.11

Taylorインデックスによる分布評価

地域	降水量				海面気圧		850 hPa 気温	
	全球	アジア	東アジア	東アジア	東アジア	東アジア	東アジア	東アジア
	年	夏	夏	秋	夏	秋	夏	秋
前期モデル 25年	.78	.44	.31	.55	.79	.91	.97	.99
後期モデル 25年	.82	.57	.52	.62	.91	.95	.93	.99

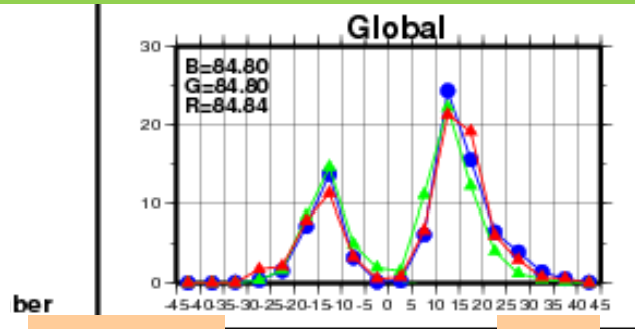
新モデルの優位性を確認

01 Sep 208X 00 UTC



現在気候実験での熱帯低気圧発生分布の比較

熱帯低気圧抽出条件は
 全球年平均発生数が観測に合うように最適化してある



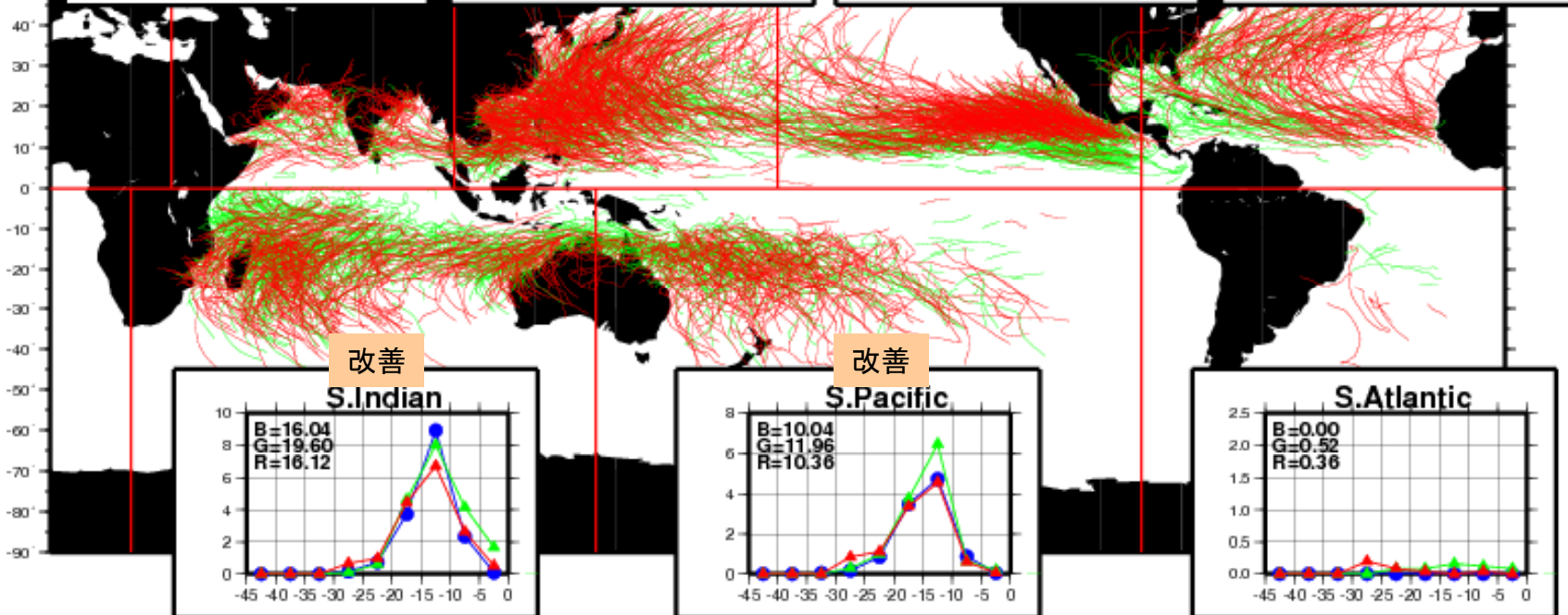
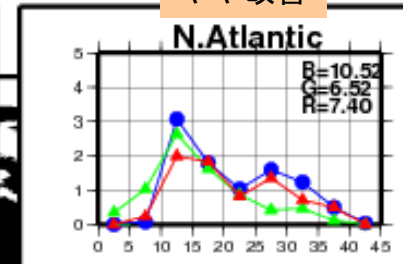
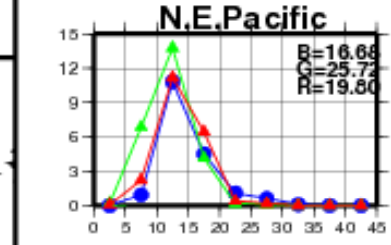
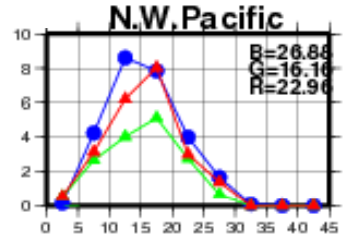
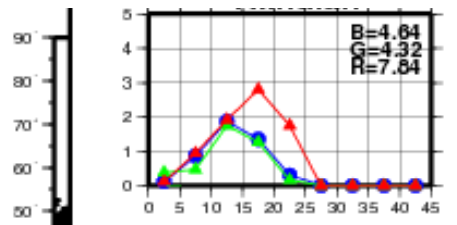
- 青: 観測
- ▲ 緑: 前期モデル(25年)
- ▲ 赤: 後期モデル(25年)

多すぎ

大幅に改善

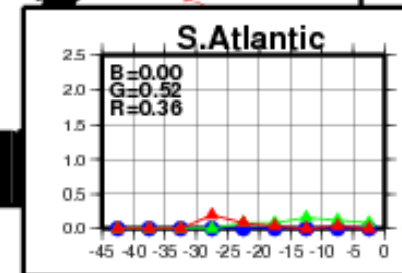
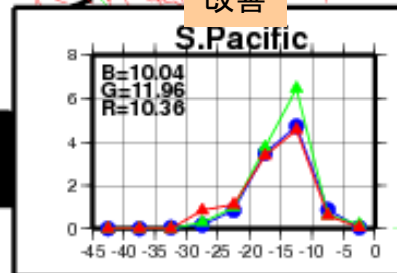
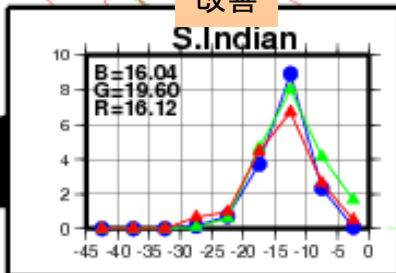
改善

やや改善



改善

改善



熱帯低気圧の将来変化の比較

前期モデル実験と後期モデル実験

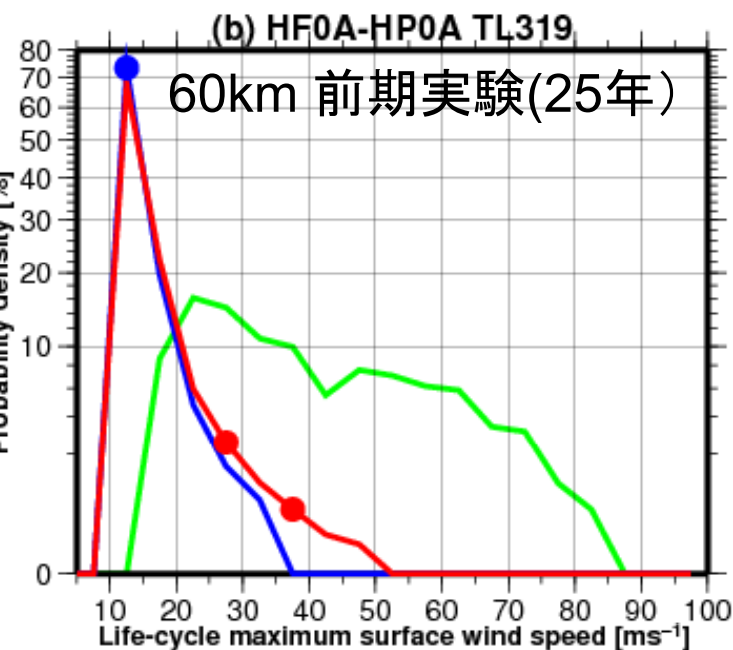
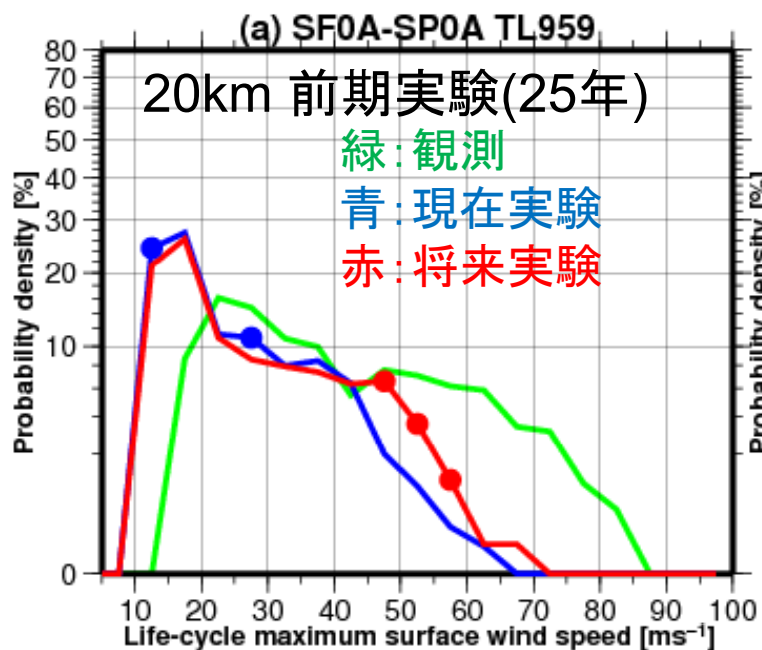
年平均発生数の将来変化(パーセント)
青色はWelchの検定で95%有意

	前期 20km	後期 20km	前期 60km	後期 60km
全球	-15.8	-16.9	-18.8	-25.0
北半球	-15.5	-13.0	-18.9	-24.9
南半球	-16.4	-25.3	-18.5	-25.1
北インド洋	-11.8	-10.6	+18.0	-16.0
北西太平洋	-26.8	-19.0	-11.7	-29.5
北東太平洋	-14.5	-4.4	-30.5	-12.9
北大西洋	+5.6	-21.1	+4.2	-45.4
南インド洋	-4.8	-23.6	-8.9	-25.4
南太平洋	-34.9	-30.4	-33.7	-24.5

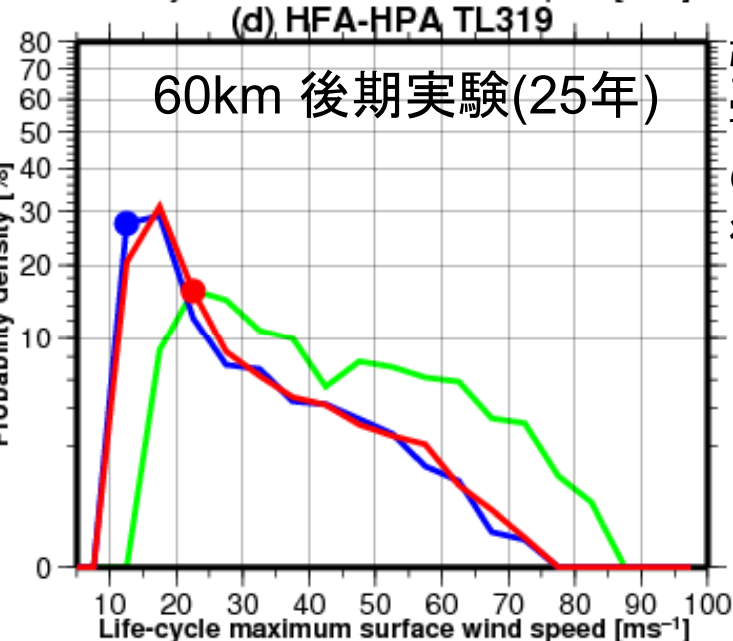
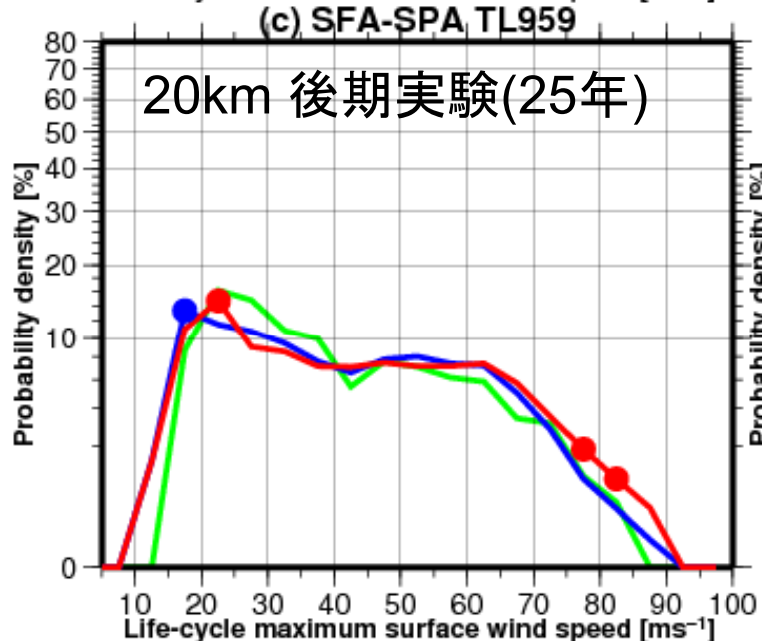
半球スケールでは減る

海盆スケールで前期と後期で異なる

強度別確率密度の将来変化

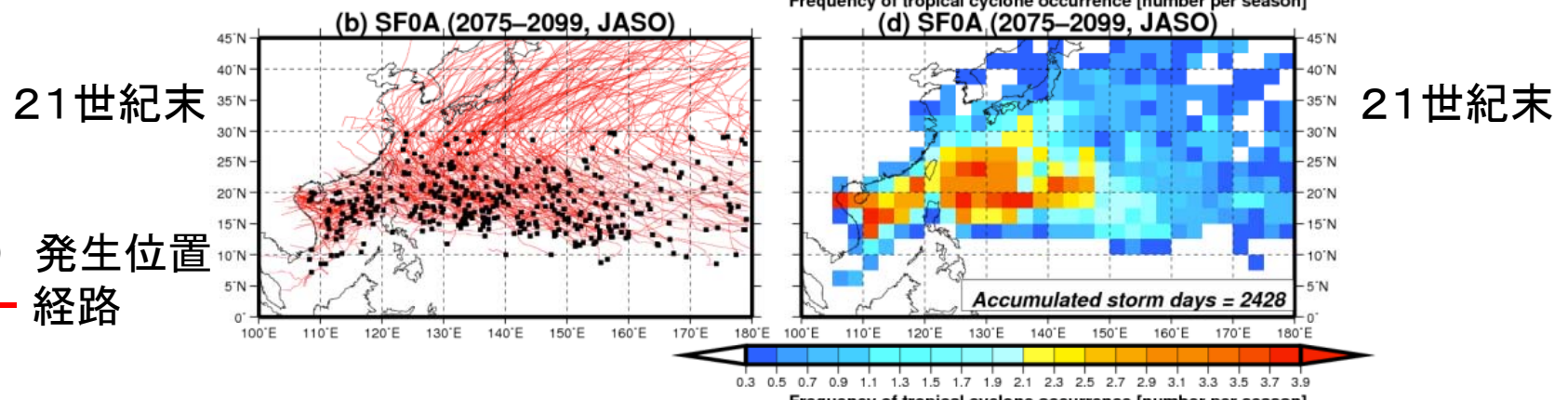
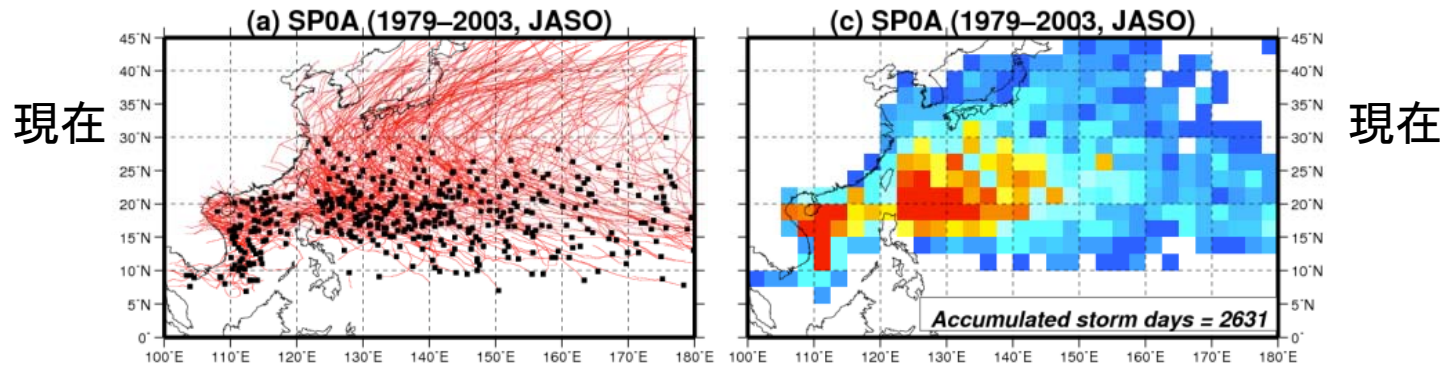


● : 95%有意
に増える
● : 95%有意
に減る
bin widths=5m/s



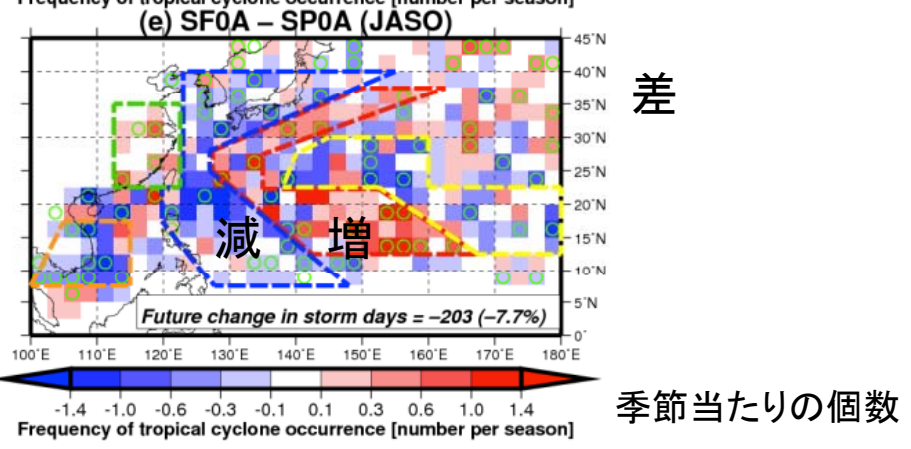
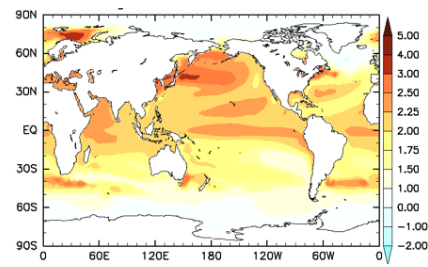
強い熱帯低気圧の割合が増えるのは前期も後期も同じ。

台風存在頻度の将来変化



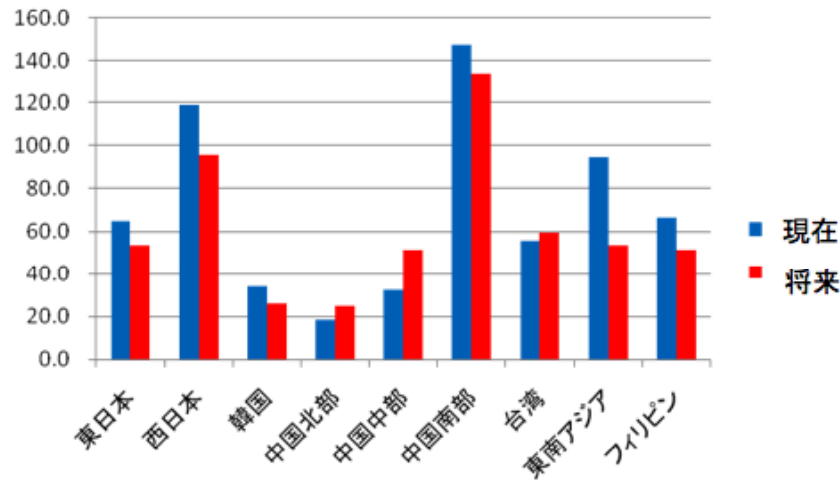
● 発生位置
— 経路

台風の存在頻度は減少
経路は東へ偏る傾向
← 将来の海面水温昇温パターンで説明できる

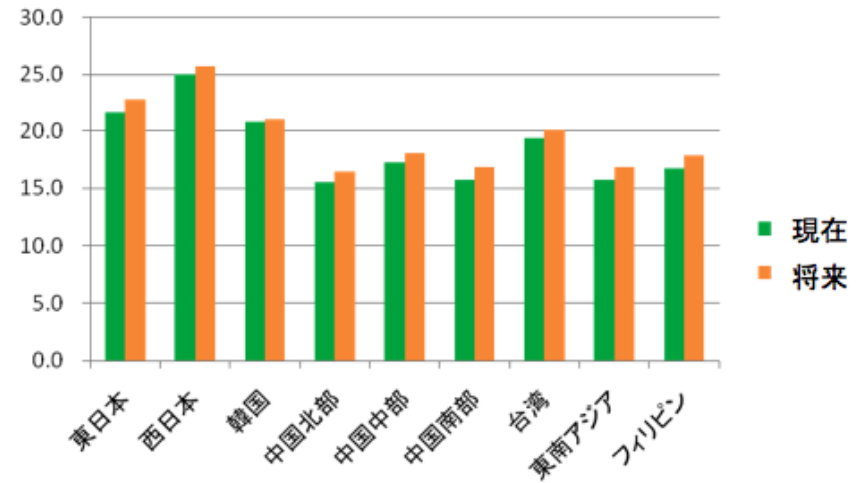


地域毎の台風の変化予測

存在頻度



平均最大風速の変化



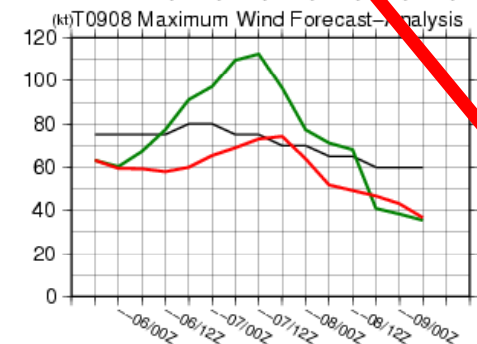
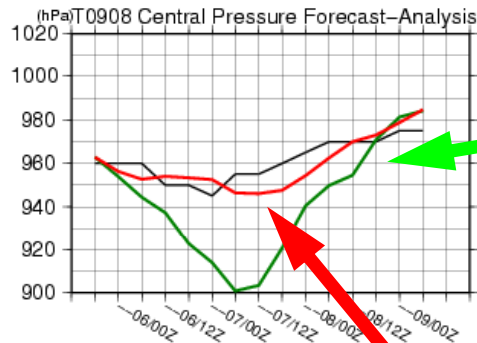
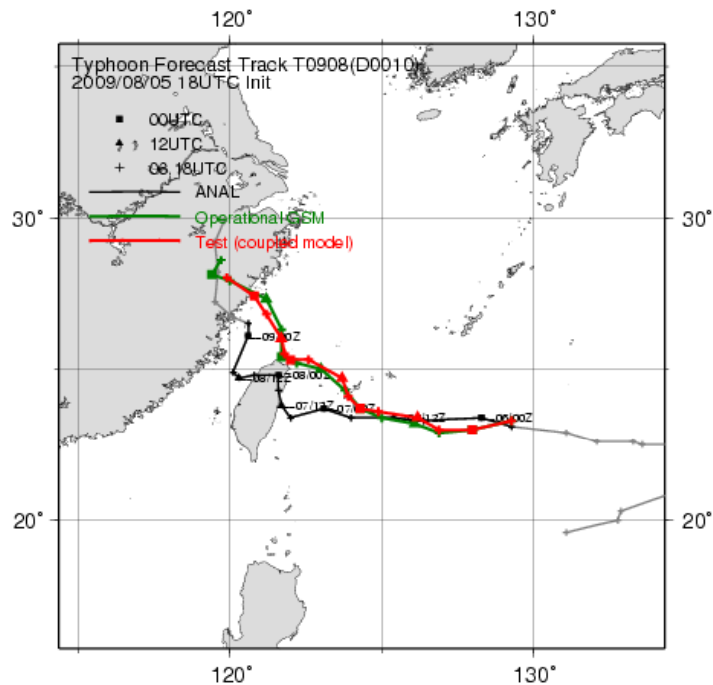
沿岸域への台風接近数は減少する傾向
しかし最大風速で見た台風の強度は増加する

海洋混合層結合モデルの開発

熱帯低気圧の発達－衰弱に重要な海面水温等
海洋表層との相互作用を取り入れる

結合モデル実験 2009年台風8号の強度予測実験例

T0908(D0010) Typhoon Forecast (Track and Intensity) -- 2009/08/05 18UTC --

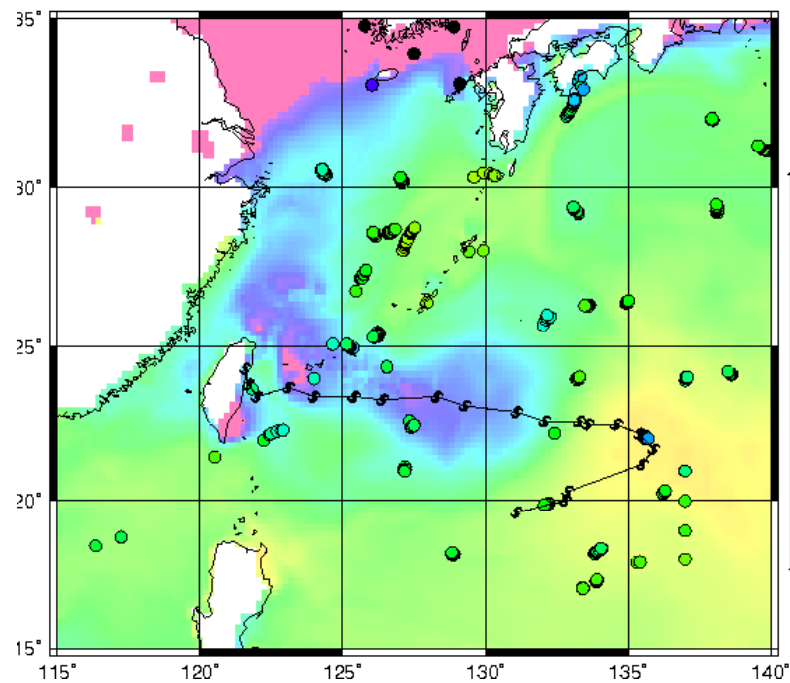


- 現業数値予報モデルは強度を実際より強く予報
- 気象研・海洋モデルを結合し実験
- 台風による海面水温低下を考慮することにより、予報強度が実況に近づいた

海面水温（予測実験と解析・実況の比較）

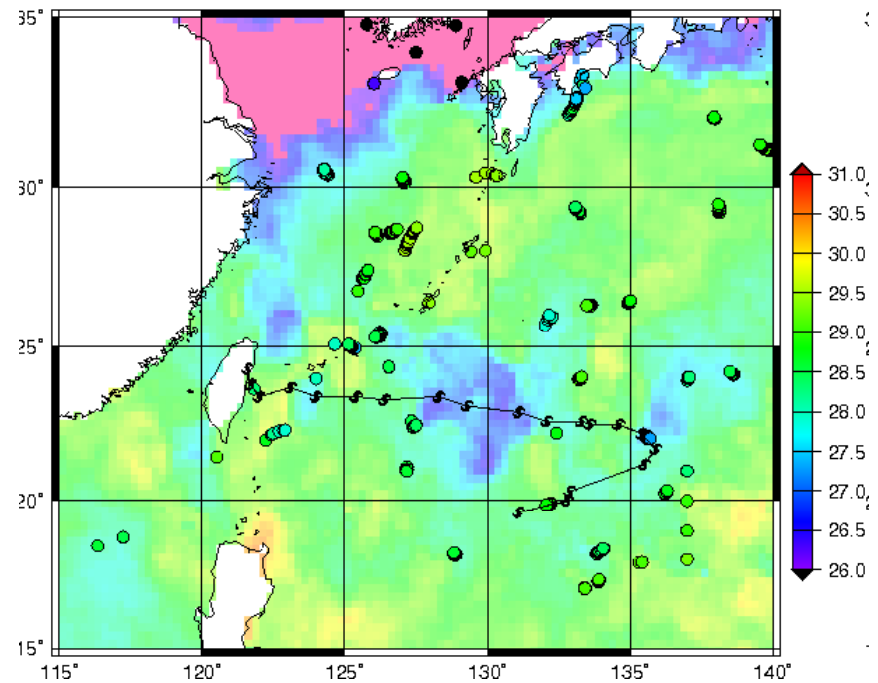
結合モデル予測実験結果

GSM+MRI.COM 2009/08/07



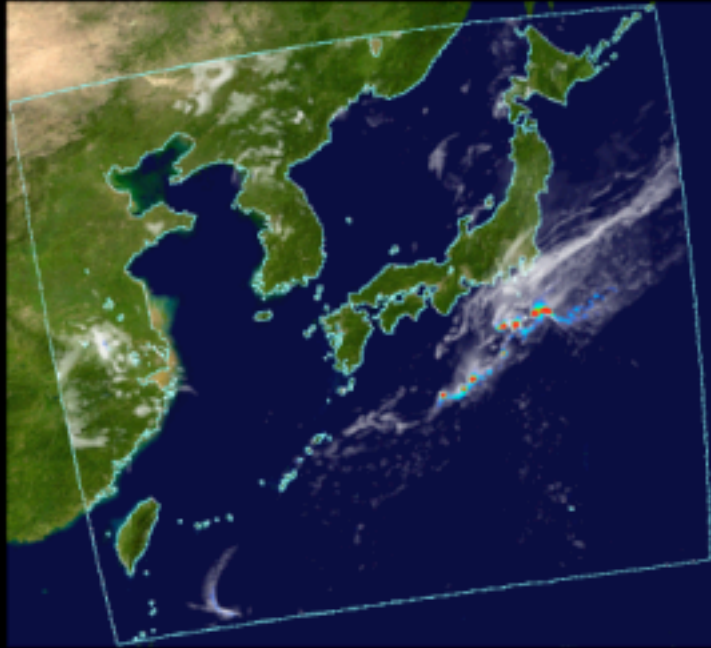
衛星マイクロ波解析

mw_ir_OI 2009/08/07

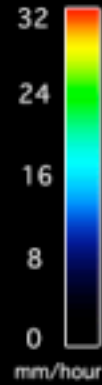
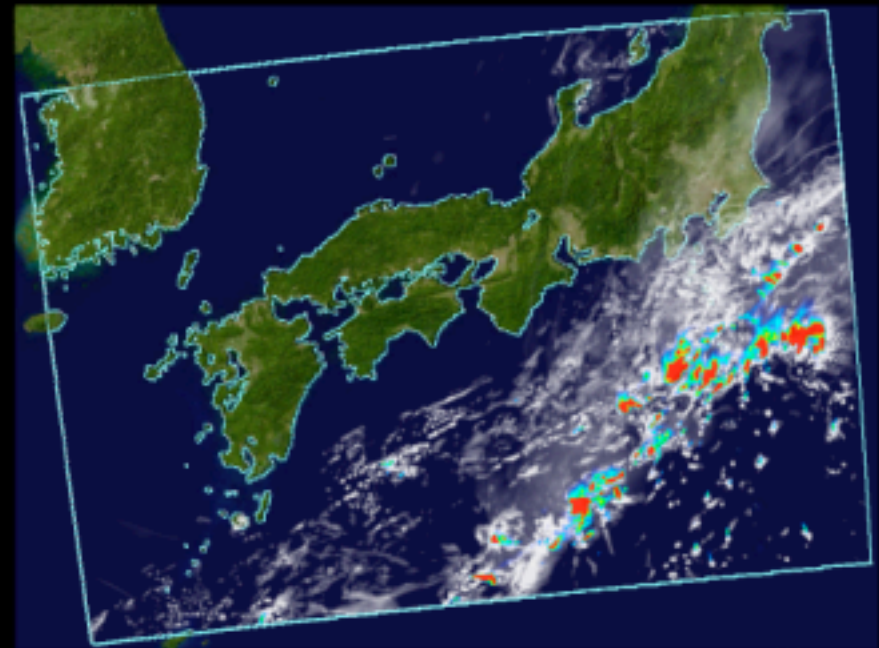


モデル: 0518Z初期値、図は0700Zからの24時間平均

5km Regional Model

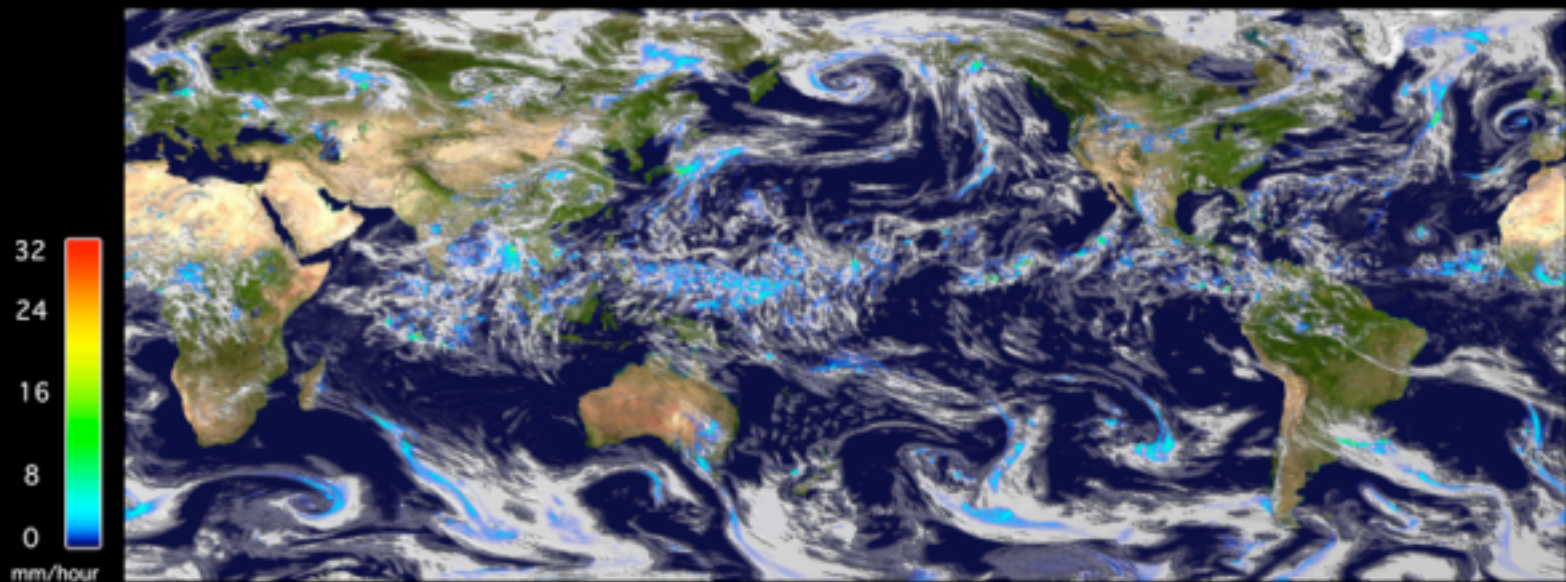


2km Regional Model



20 km Global Model

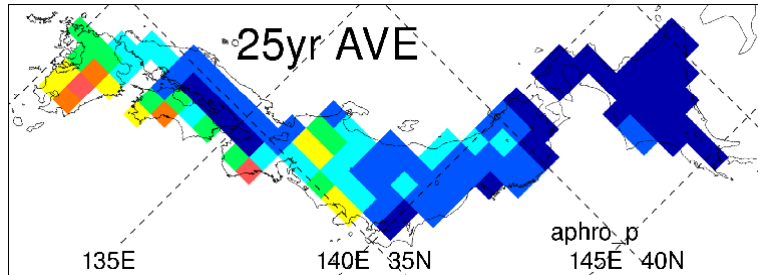
05 Sep
208X
00 UTC



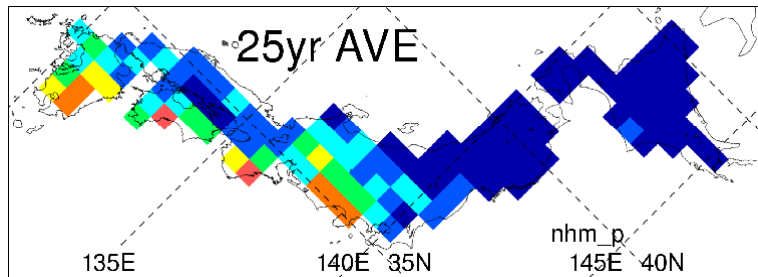
降水特性の比較

降水量の現在気候再現性(25年平均)

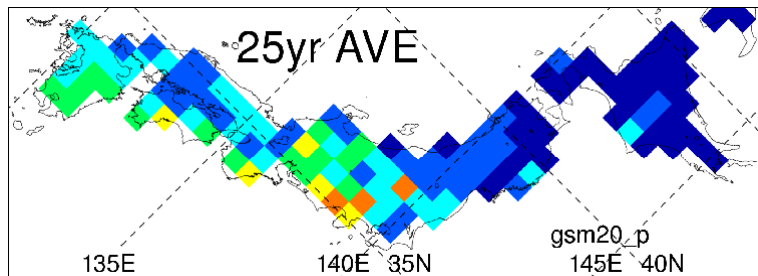
観測(正解)



5km
領域モデル

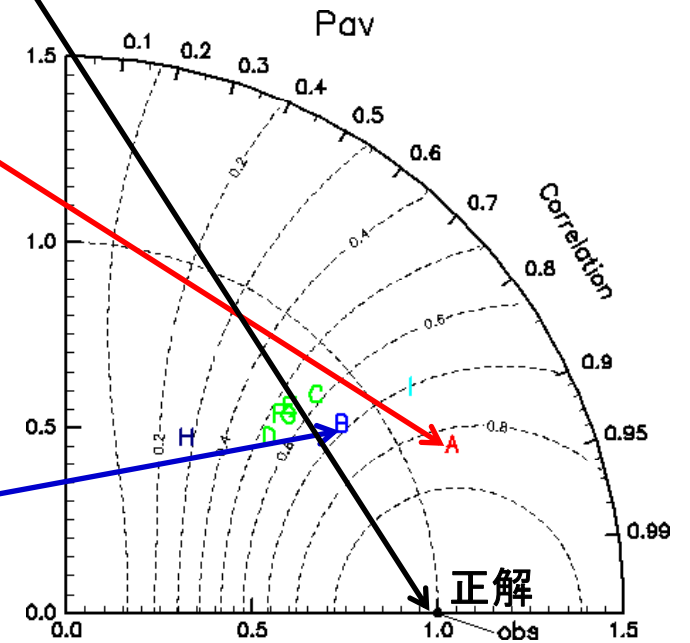


20km
全球モデル



全てのデータを60km
格子にしてから比較

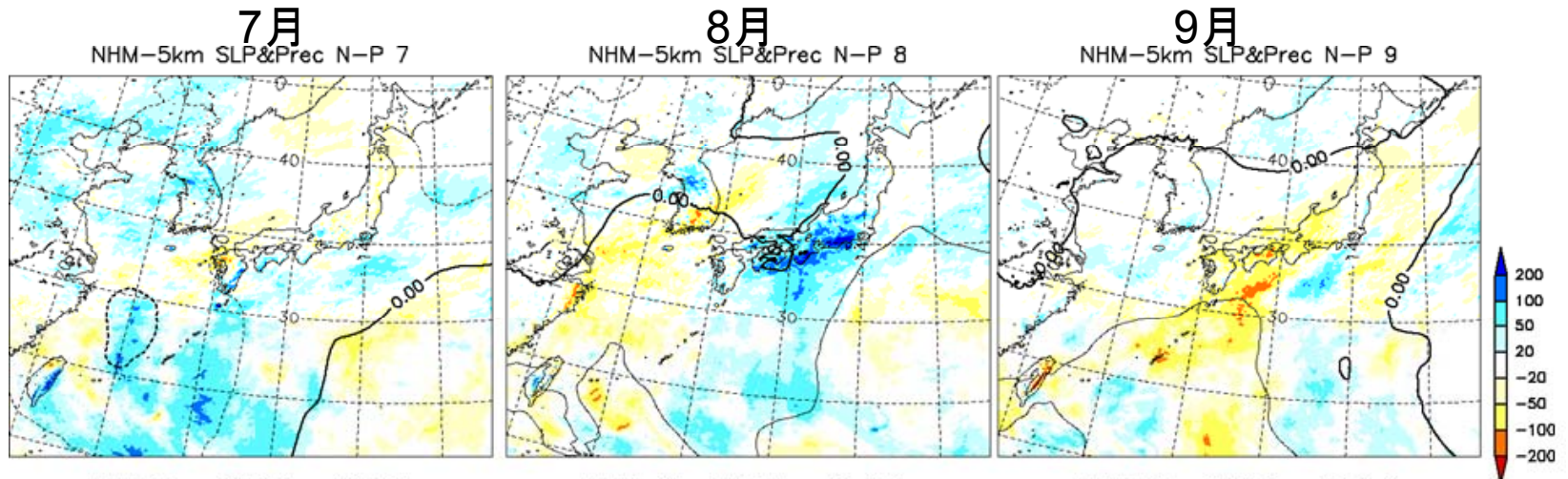
テーラーダイアグラム



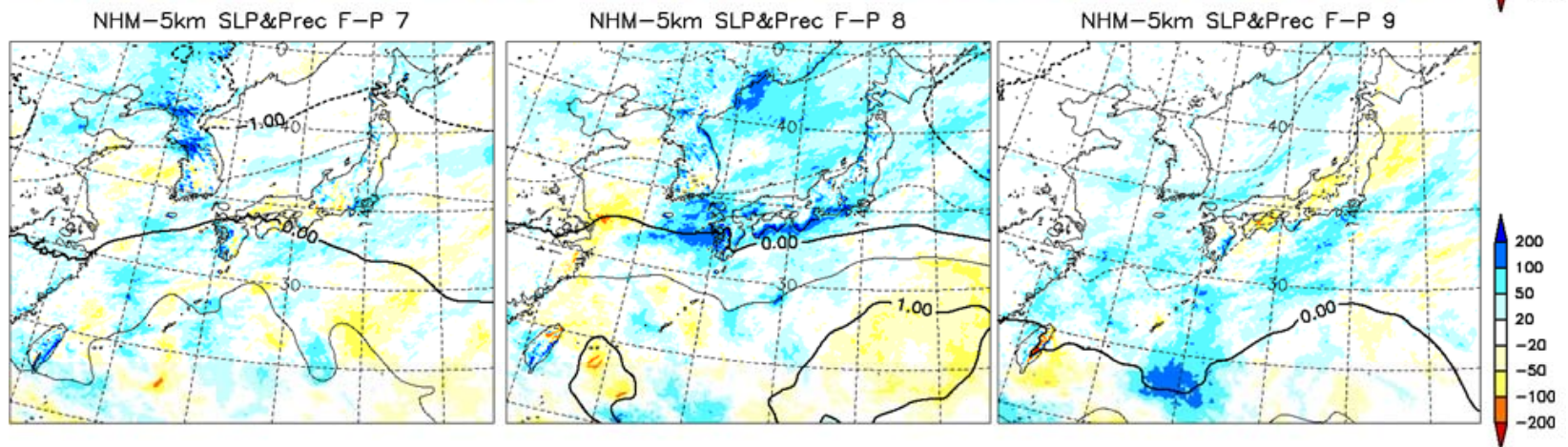
20km全球モデルの現在気候再現性は前期モデルや60kmモデルより良いことを確認
5km領域モデルはさらに20km全球モデルを改善

月降水量の変化(近未来・21世紀末ー現在)

近未来
の変化

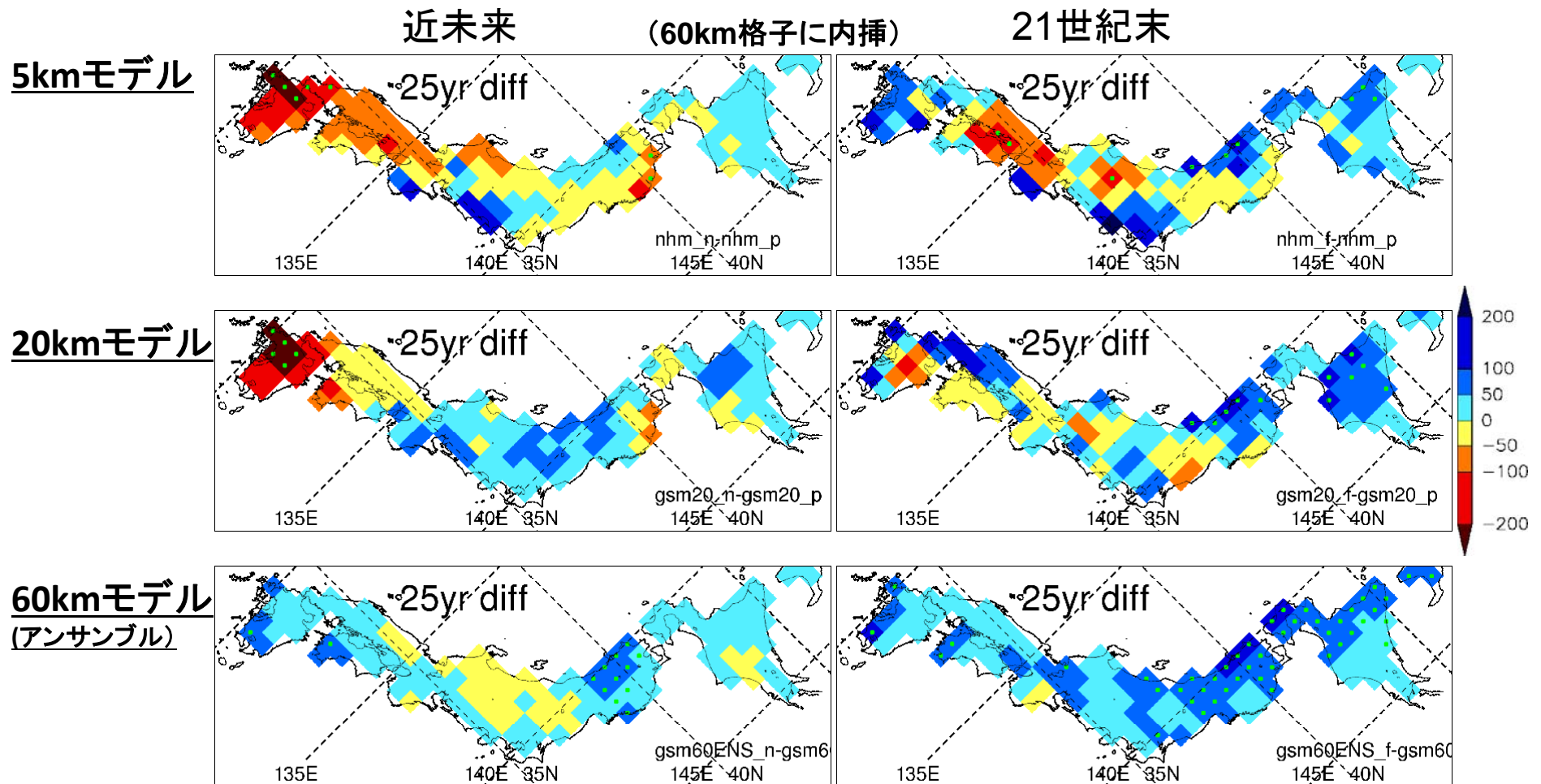


21世紀末
の変化



- ・8月の降水量は近未来、21世紀末共に日本の南岸で200mm/月以上の増加。
- ・9月の降水量は近未来気候で西日本を中心に50mm/月以上の減少。
21世紀末気候は、南岸などで増加しているところも見られる。

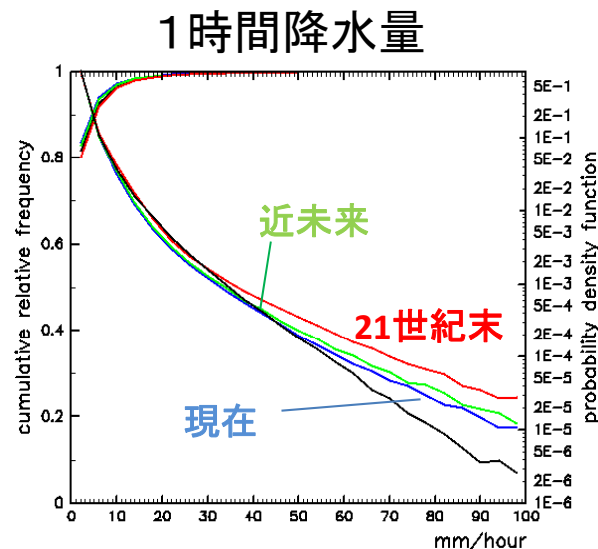
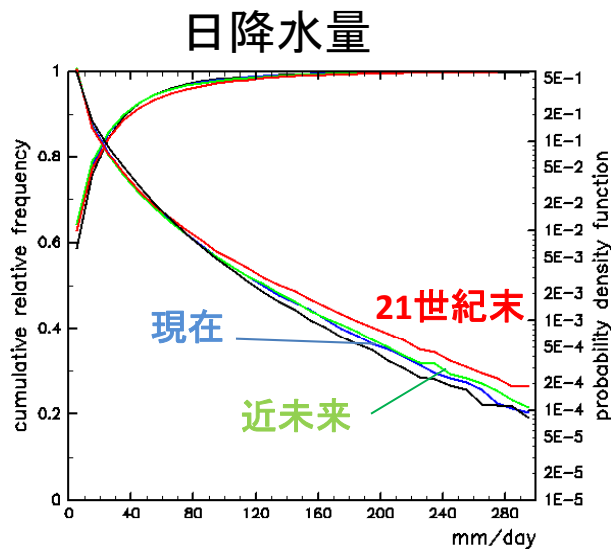
6-10月の降水量の変化(25年平均)



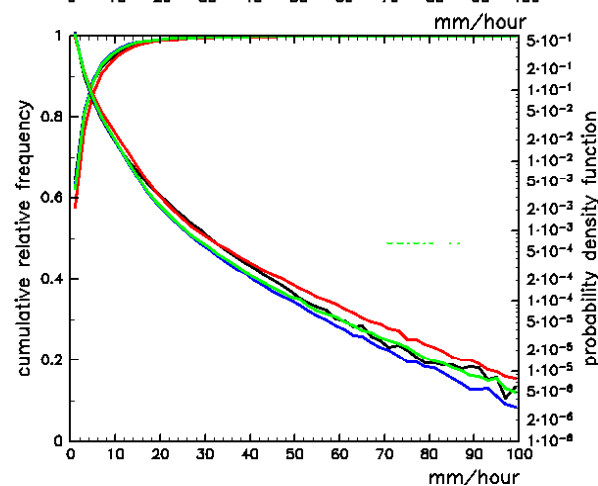
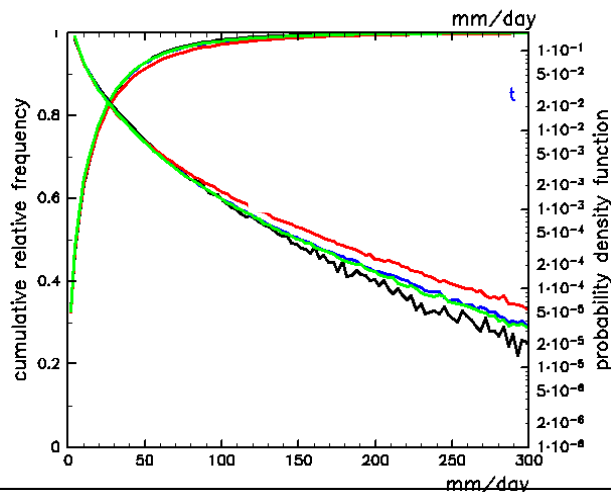
5kmモデルは20kmモデルの結果をよくダウンスケーリングしているが異なる点もある。60km全球モデルによるアンサンブル実験と20km全球モデルと異なるところもあるので注意深く検討する必要がある。

領域5kmモデルによる降水強度頻度分布

後期実験



前期実験



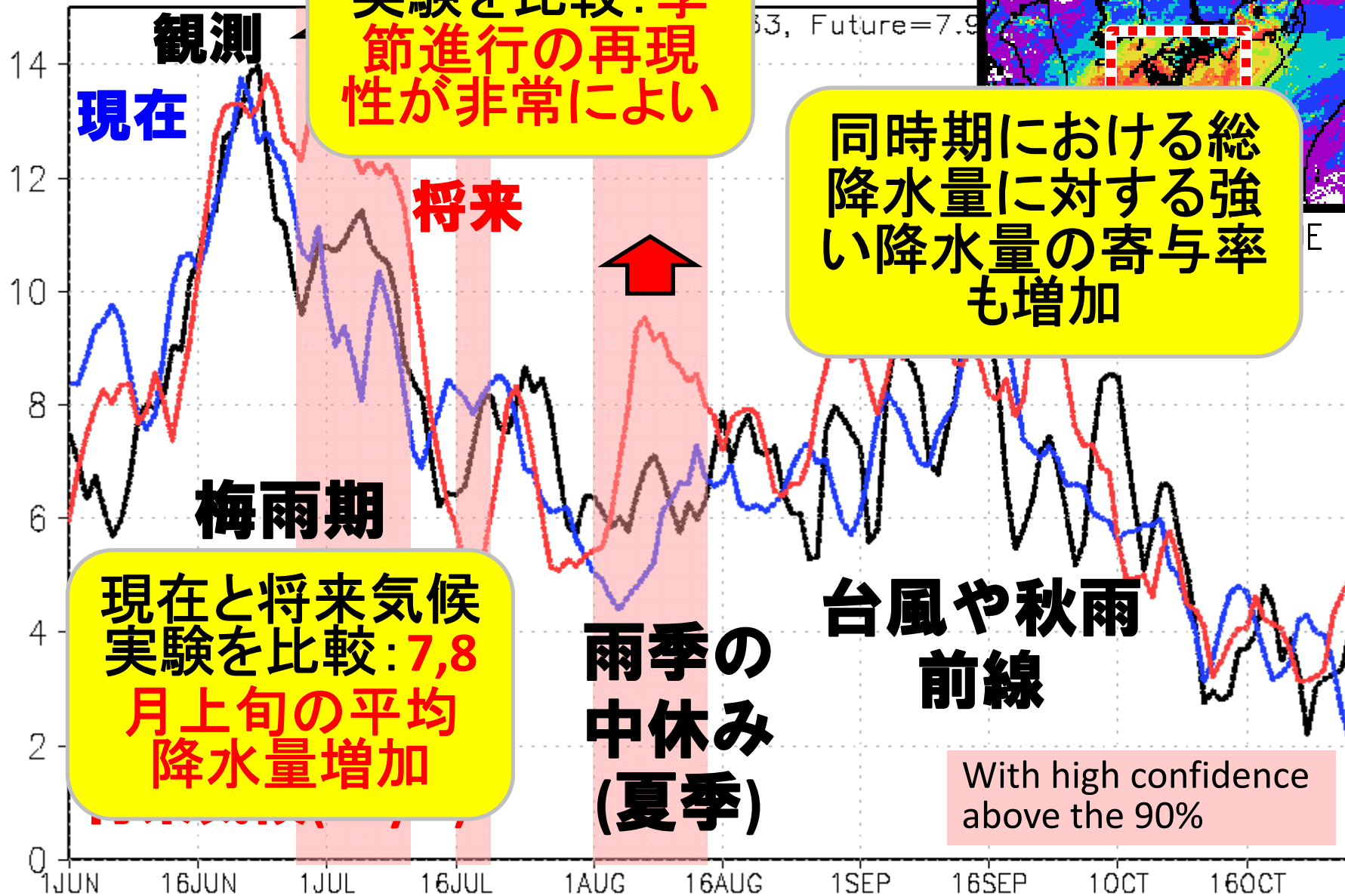
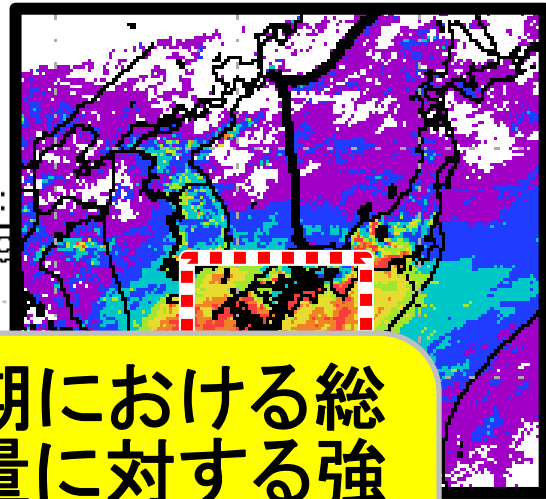
近未来: 日降水量はやや増加するが、変化は小さい
1時間降水量はやや増加するが、不確実性が高い可能性

21世紀末: 日降水量、1時間降水量ともに強い降水の頻度が増加

梅雨の解析

強雨増加と梅雨前線の変質

右赤枠内の領域平均降水 量の季節



観測と現在気候
実験を比較: 季
節進行の再現
性が非常によい

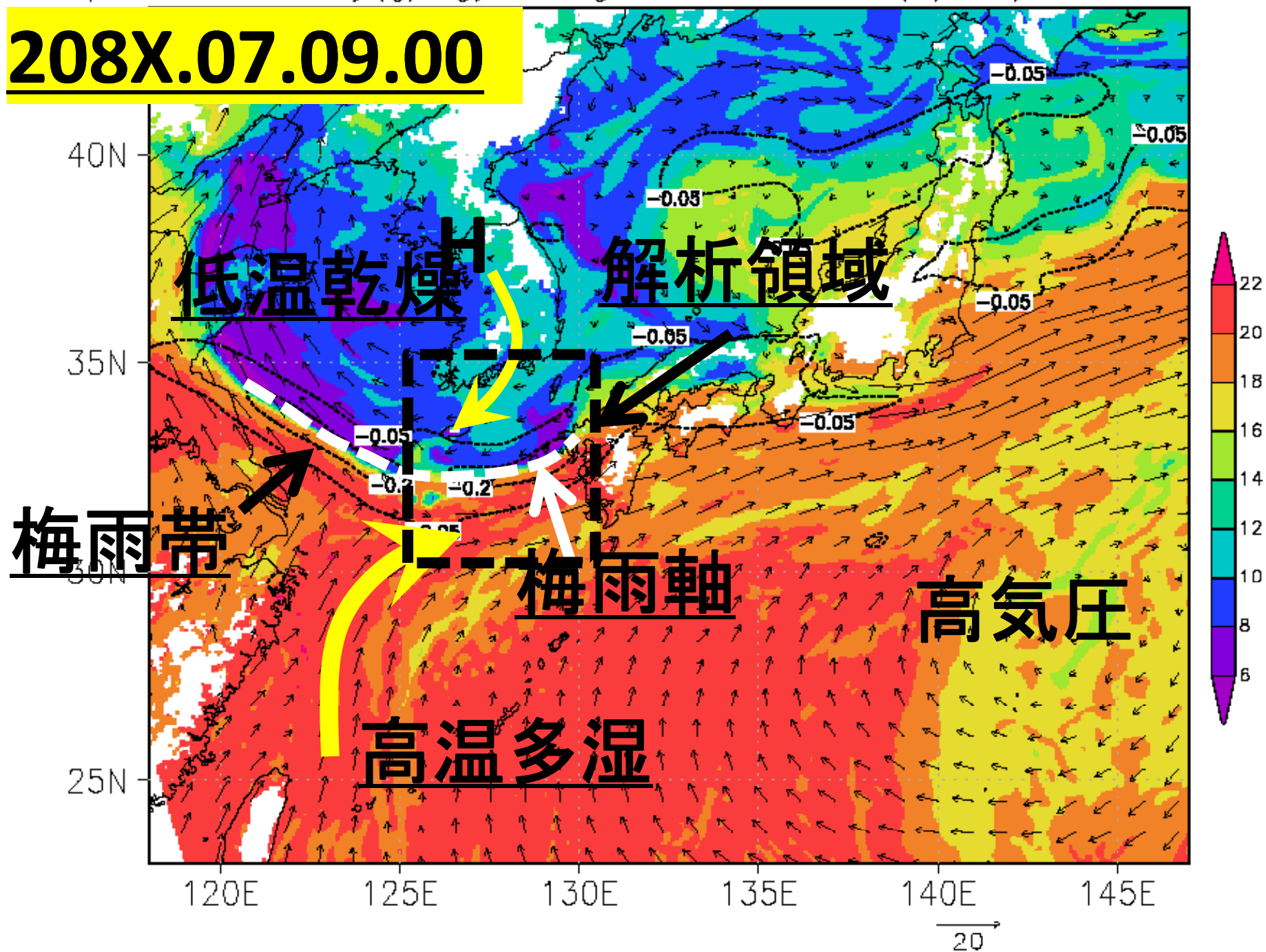
同時期における総
降水量に対する強
い降水量の寄与率
も増加

現在と将来気候
実験を比較: 7,8
月上旬の平均
降水量増加

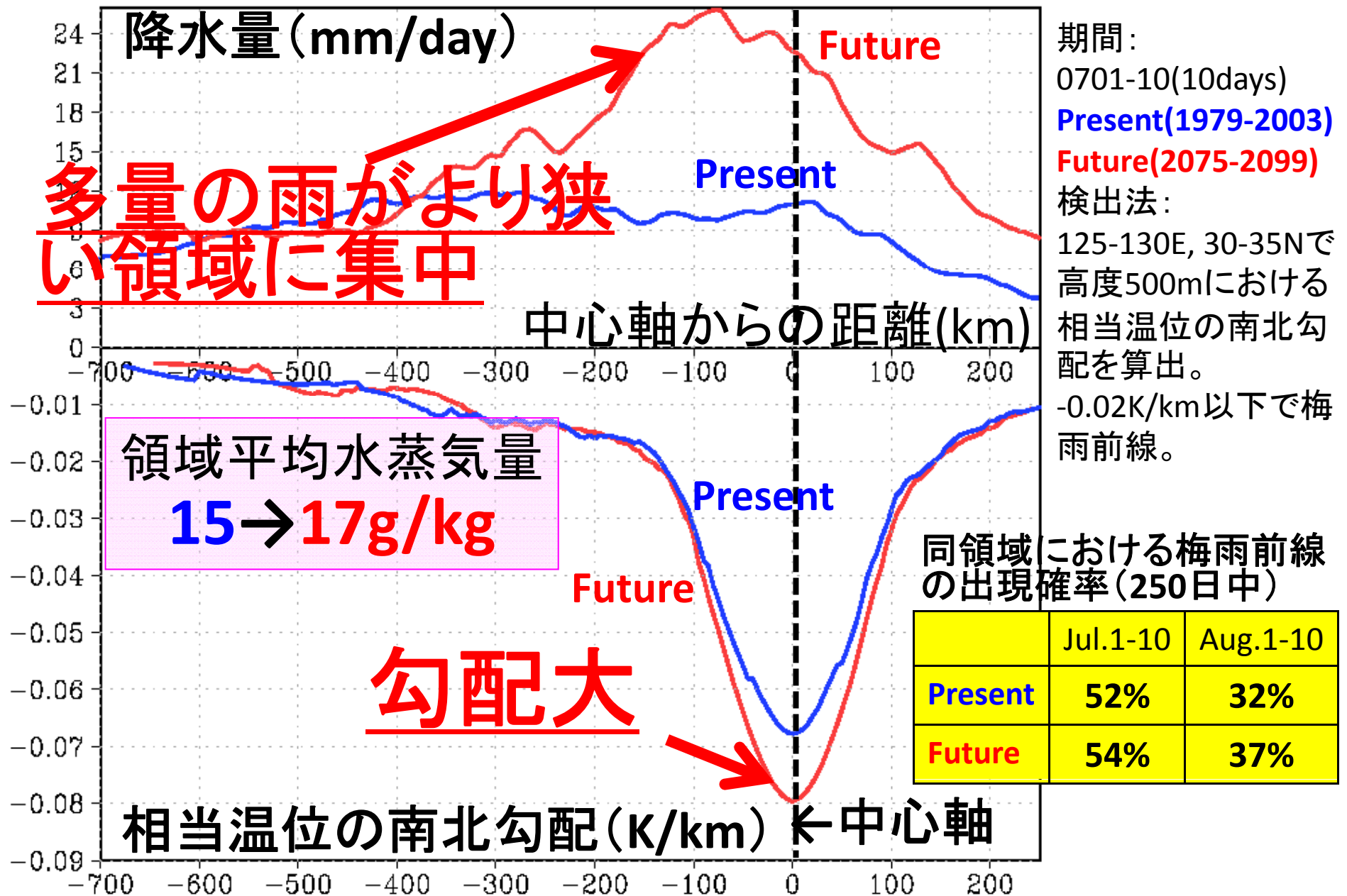
雨季の中休み
(夏季)

Specific humidity(g/kg), SN gradient of EPT (K/km) at z=500m

208X.07.09.00



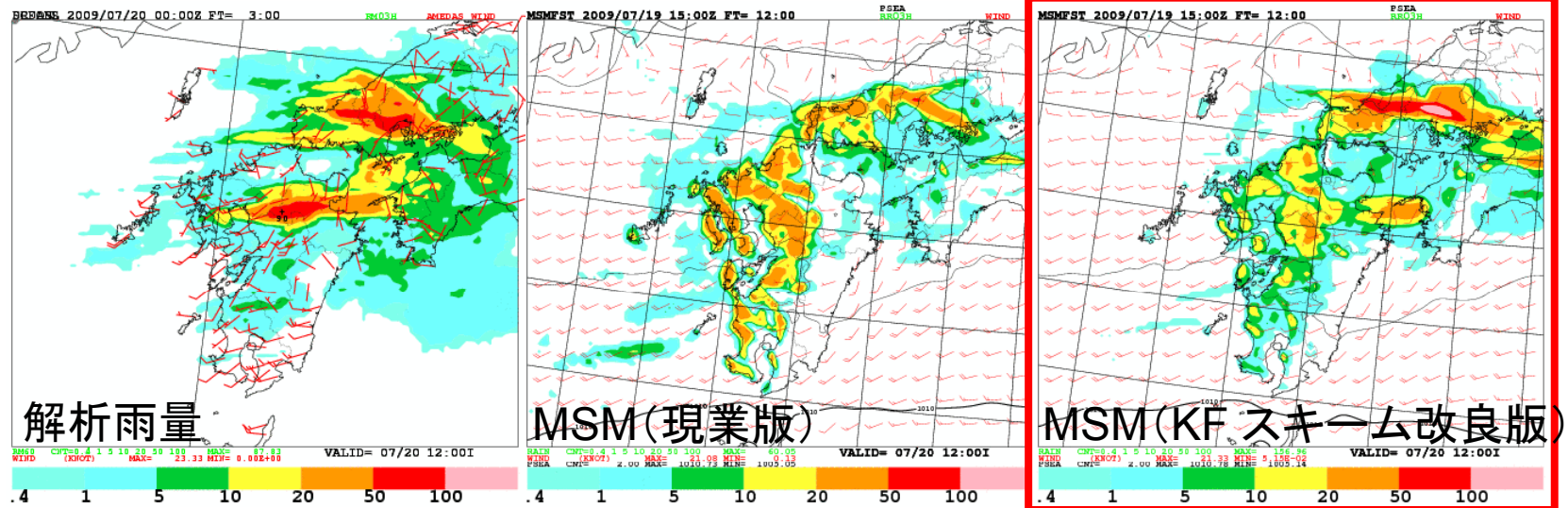
7月上旬の九州付近の梅雨前線の合成断面



MSM(現業版5km-NHM)のKFスキームの変更

- KFスキームの混合率の変更(2010年11月に気象庁で現業化)
 - 雲底高度(LCL)が低い場合は混合率を大きくしてサブグリッドスケールの対流による加熱と加湿が卓越する高度を低くする
 - 梅雨期の地形に張り付く降水を軽減 → 梅雨期の降水予報スコアを改善
 - 弱い降水の減少と強い降水の増加
- 今後の課題
 - 革新後期実験(5km-NHM)の方法との比較
 - SCMによるKFスキームの再評価

2009年7月20日12JSTに対する前3時間積算降水量[mm/3h]

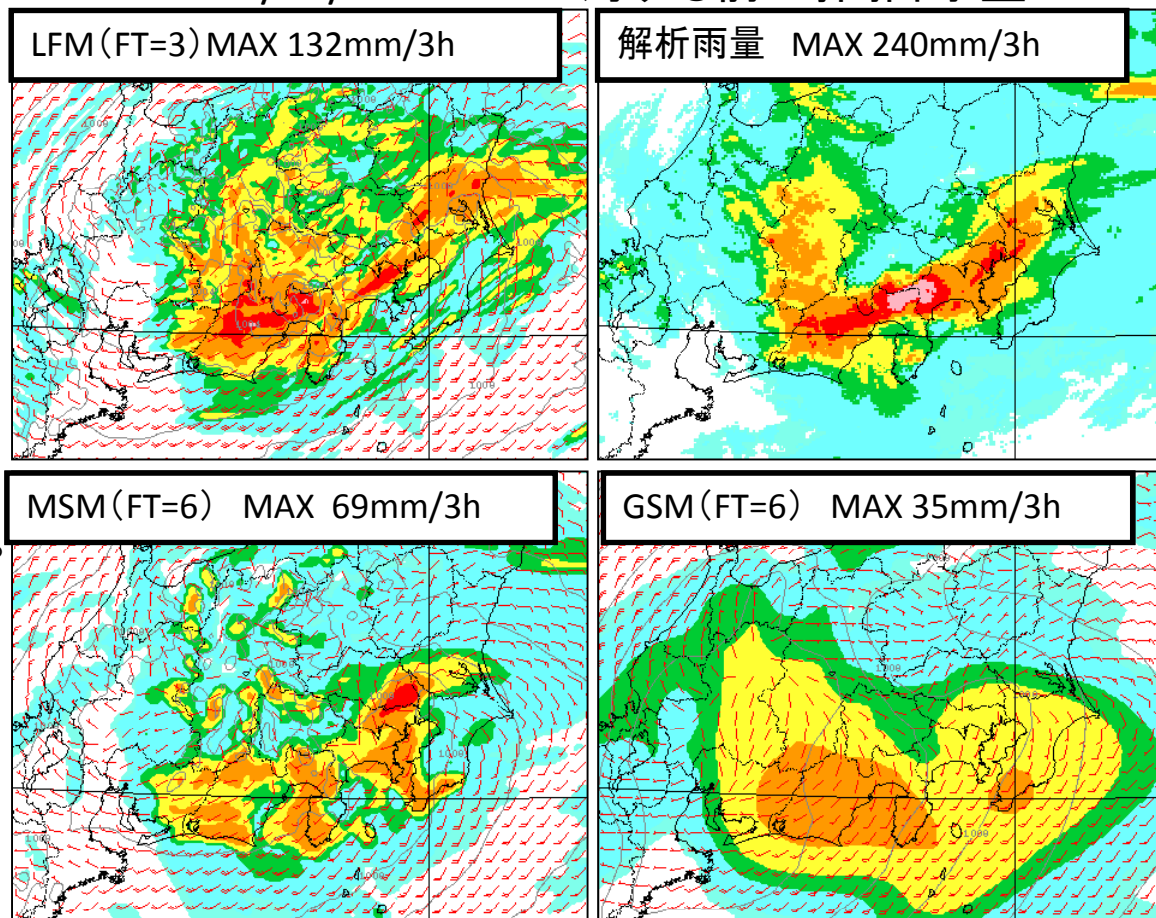


局地モデル(LFM=現業版2km-NHM)の開発

- 局地モデル(LFM)の開発
 - 2013年気象庁で運用開始
 - 予定仕様
 - 水平解像度2km, 鉛直60層
 - 1日24回、9時間予報
- LFMの降水予報特性
 - 最大降水強度のポテンシャルを予測する上でMSMより優れる。
 - 一方で空振りも多く、降水が過剰に集中する傾向がある。
- 今後の課題
 - 予報特性の調査と革新領域2km実験との比較
 - 降水の過剰な集中の改善

2010年 台風第9号の事例

2010/09/08 06UTCに対する前3時間降水量



文部科学省 21世紀気候変動予測革新プログラム 平成22年度研究成果報告会
「超高解像度大気モデルによる将来の極端現象の変化予測および影響評価に関する研究」

「気候変動に伴う河川管理等への影響評価」

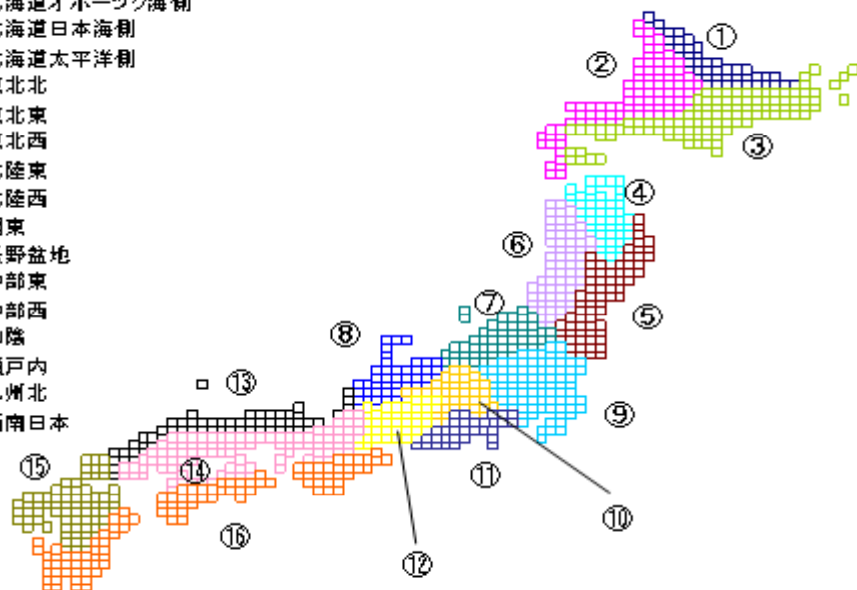
国土技術政策総合研究所グループ

報告：河川研究部 流域管理研究官 藤田光一

研究チーム(河川研究部)

藤田光一・服部敦・菊森佳幹・野口賢二・土屋修一

- ① 北海道オホーツク海側
- ② 北海道日本海側
- ③ 北海道太平洋側
- ④ 東北北
- ⑤ 東北東
- ⑥ 東北西
- ⑦ 北陸東
- ⑧ 北陸西
- ⑨ 関東
- ⑩ 長野盆地
- ⑪ 中部東
- ⑫ 中部西
- ⑬ 山陰
- ⑭ 瀬戸内
- ⑮ 九州北
- ⑯ 西南日本



■ 地域区分の設定

地域内の各格子点での生起確率分布の同一性を確保しつつ、できるだけ広い（格子点の多い）地域に分割
 → 治水計画で対象となる低頻度豪雨の統計分析の信頼性を高める。

■ 地域内データの独立性評価

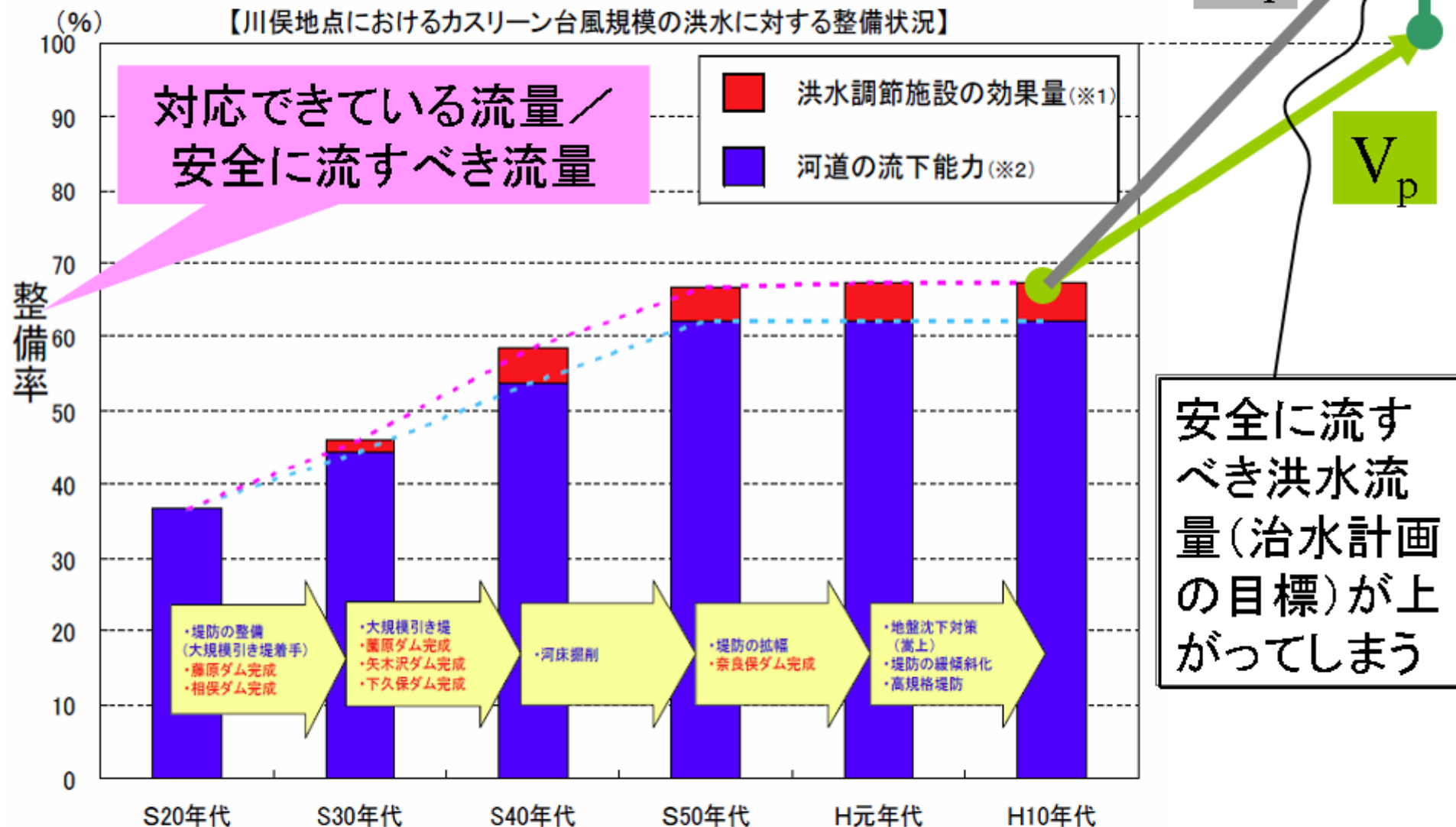
地域内格子点数 × 計算年数(25年)で確率分布を算出することの前提
 → 「互いに独立」との仮説が棄却されない格子点組み合わせで、生起確率分布を算出
 → 地域区分は、地形特性も考慮し、細分化に向け、精査中

$$\frac{r_f}{r_p} = \alpha_i(D_r)$$

r_f : 将来の降雨量
 r_p : 現在の降雨量
 添え字 i : 地域ブロック
 D_r : 降雨継続時間

河川管理に与える影響を概括的に把握してみる
 → 気候変動予測結果の“翻訳”

整備状況 利根川における治水事業の効果(川俣地点:群馬県明和町)



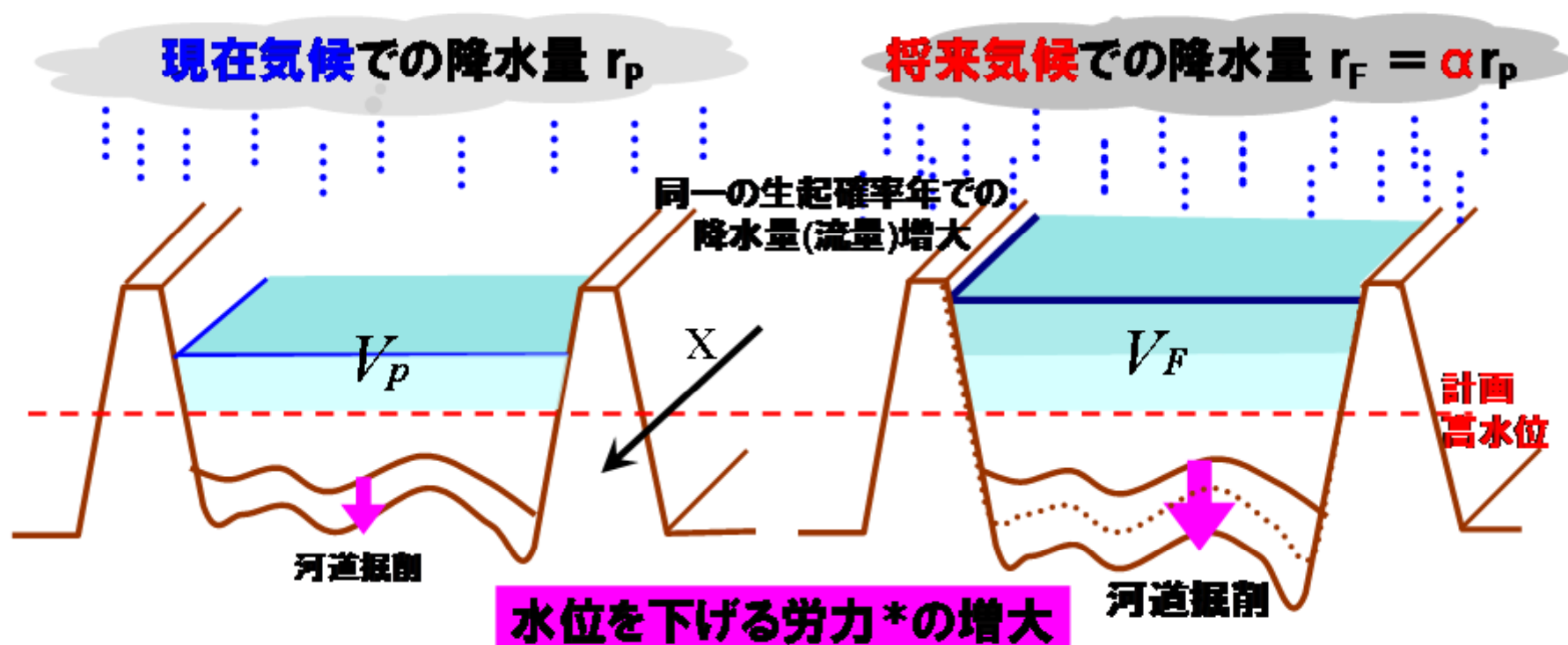
※1 洪水調節施設の効果量は、利根川の長期的な治水施設の整備目標である200年に1回の頻度で発生する洪水時における現況の洪水調節施設の全効果量と全洪水調節容量の比率により、各年代において完成している洪水調節容量から算出。(「200年に1回の頻度で発生する洪水」が、30年の間に発生する確率は14%)

※2 河道の流下能力は現況河道の流下能力と流下断面積の比率により、各年代の河道の流下断面積から算出

整備労力指標 V の定義

$$V = \int_{\text{管理区間}} Bh dx$$

整備労力増大率 V_F/V_P

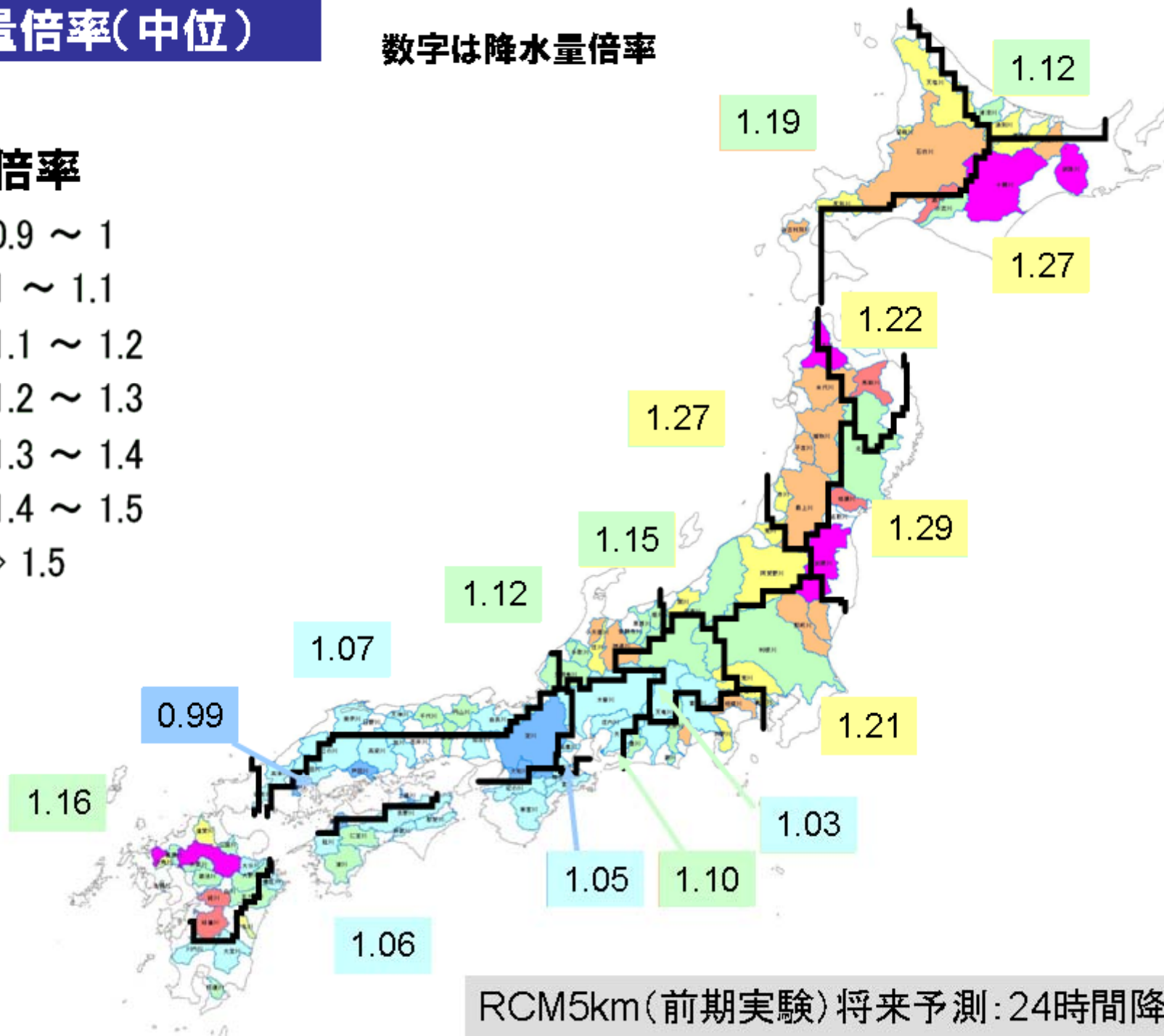


*)このイメージ図では河道掘削の大きさとして労力を表記 → 引堤・ダムなど流量調節施設に置き換え可能

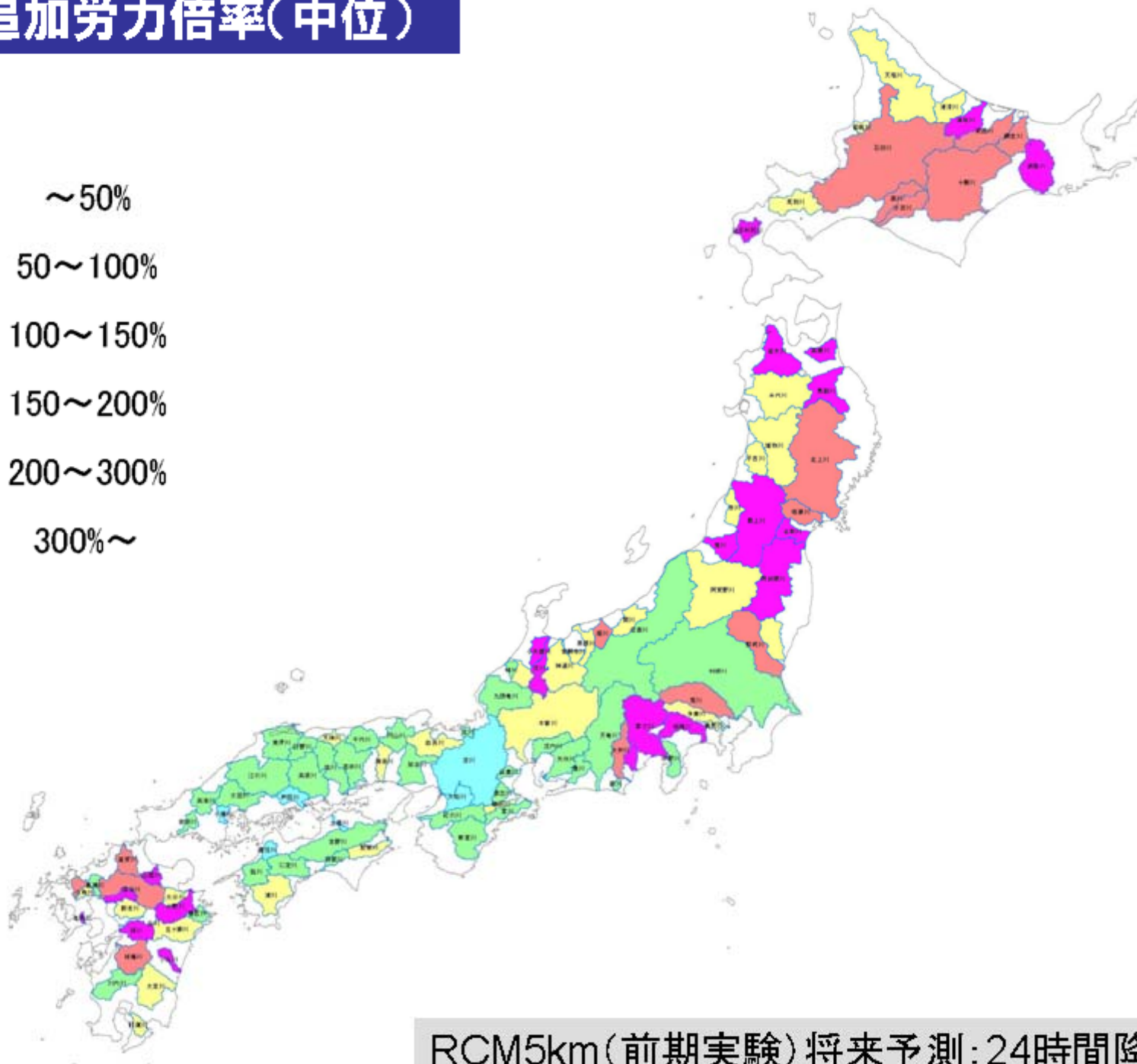
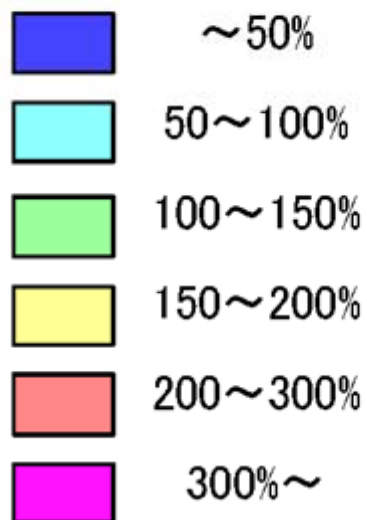
整備労力増大率は、「気候変動適応を全てハード整備によって行う」ことを意図したのではない。治水施策に及ぼす気候変動影響を手っ取り早く把握する一次指標として活用。

流量倍率(中位)

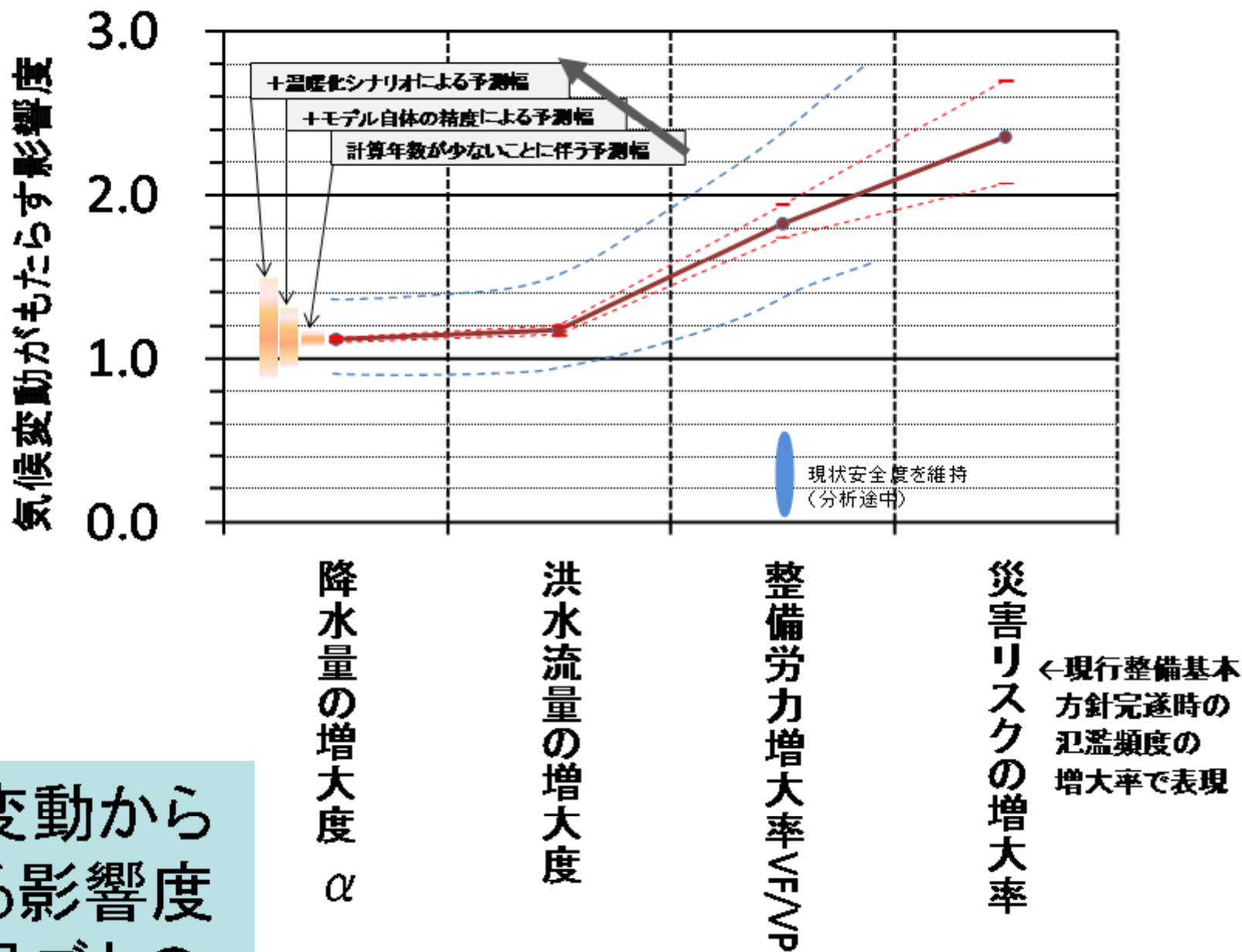
数字は降水量倍率



V_f / V_p 追加勞力倍率(中位)

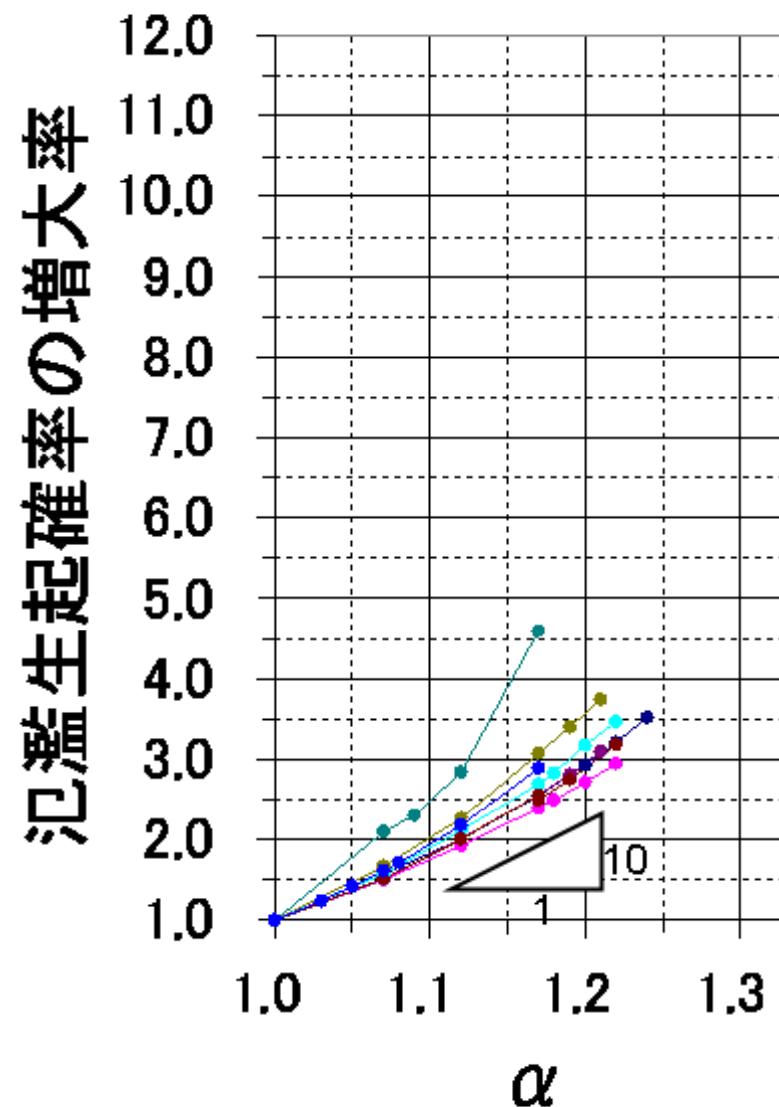
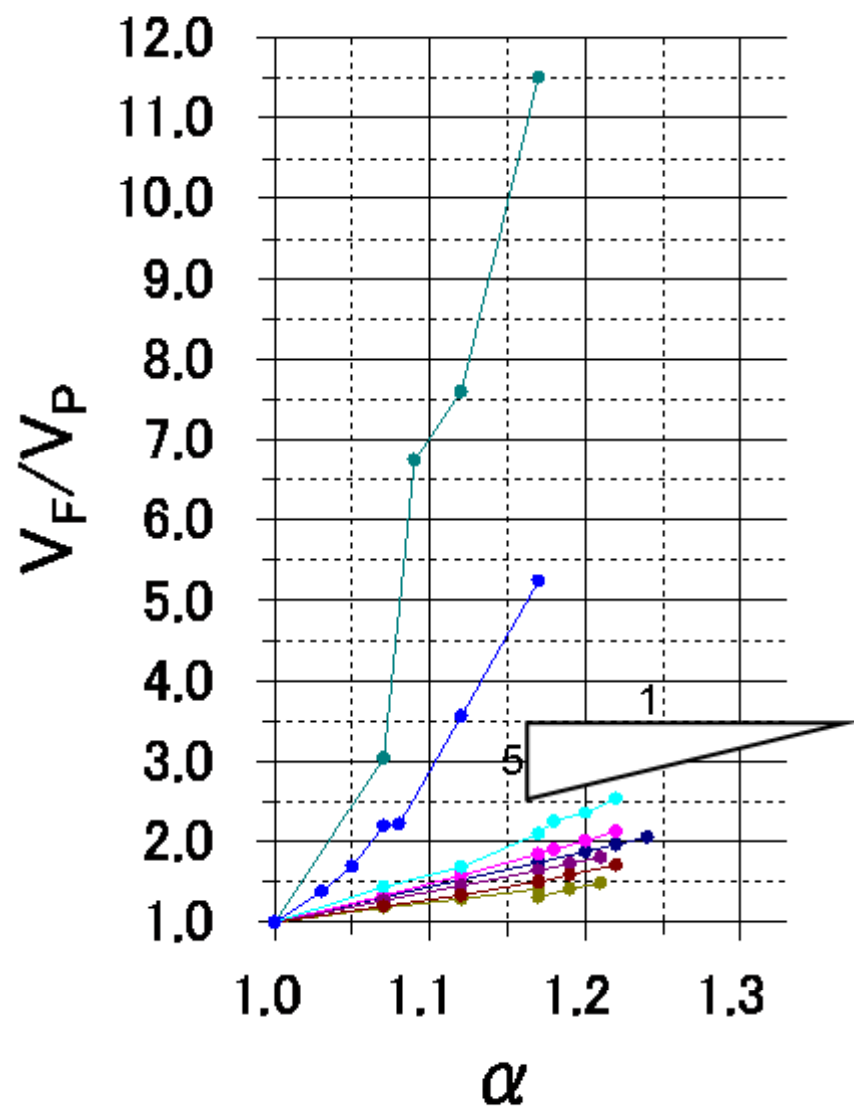


RCM5km(前期実験)将来予測:24時間降雨



気候変動から受ける影響度の項目ごとの違いの試算例

- ・RCM5km前期、24時間降雨
- ・全国一級水系の計算値の単純平均



水系ごとの $\alpha \sim V_F/V_P$ 関係、 $\alpha \sim$ 氾濫生起確率増大率 関係
 — 関東ブロックの河川の計算例 —

治水施策に関わる気候変動影響の特性

- 豪雨量増大が1~2割程度としても、その影響は、治水施策に関わる指標には増幅して現れる→相当大きな施策へのインパクトを想定せざるを得ない:たとえば、「必要整備労力**倍増**、リスク**3倍増**」

豪雨量の予測誤差をたとえば2%以内にできるか?!

- 豪雨量変化の予測値には、一定の不確実性あるいは考慮すべき幅が残る→治水施策に関わる指標については、その幅がさらに増幅
- 1)治水への影響度が全体としては大きい、2) 影響予測自体に相当大きな幅を持つ、を両方考慮しながら施策検討を行わなくてはならない状況。

◆豪雨増大への対応に関する議論の方向性

- 投入する整備労力の増強：たとえば倍増
- 投入整備労力の増強によらないと
 - 効率の増強：たとえば、同じ労力で成果2倍
 - 他力の組み込み：たとえば、労力の半分を他力で
 - 投入整備労力を再配分？（治水進捗速度が減速？）

- 水害リスク(災害の起こり方)のコントロール(緩和、靱性の付与)というアプローチの強化
 - このアプローチは、効果が有意かつ妥当で、かつ必要労力が小さいこと(実現可能性十分)が前提になるが、本当か？
 - 災害の起こり方制御の目標の決め方→“質的”受忍限度をどのように決めるか？

“後悔しない戦略”の具体化

いずれにしても「1点の目標しか見ない検討」は意味が薄くなる