

# 暑いだけじゃない 地球温暖化



世界のモデルが予測する東アジアと日本の雨

東京大学大気海洋研究所 高菺 縁



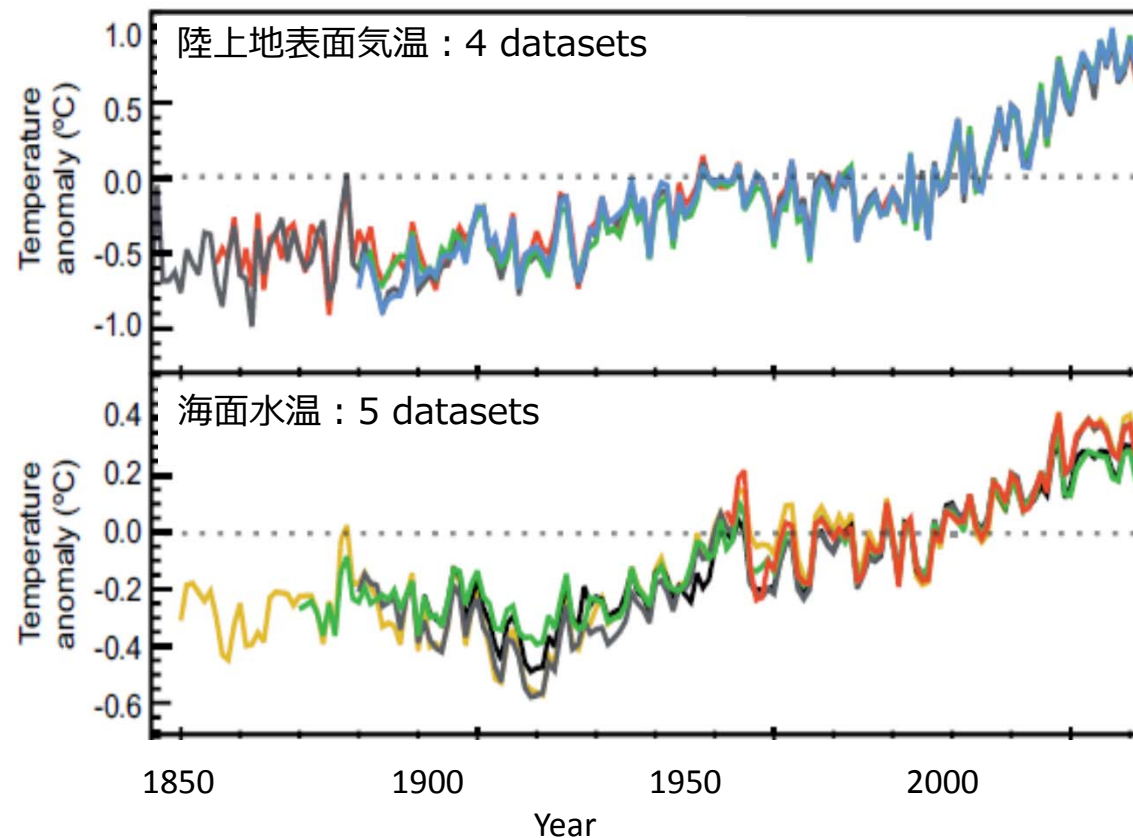
2015/10/23

環境省推進費 成果発表会

1

# 地球温暖化は 私たちの生活にどう影響するか？

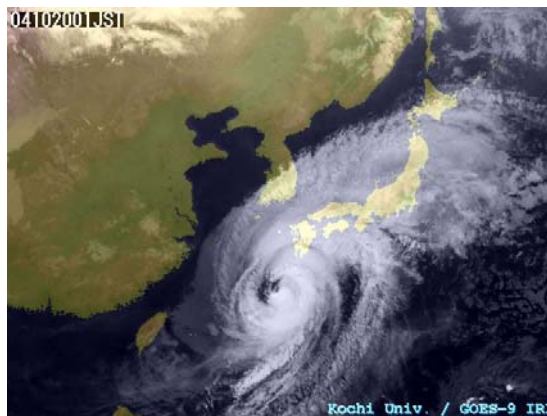
19世紀末から全球平均気温は**確かに上昇**  
(IPCC AR5：気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書2013)



# 降水の異変？

- 降水現象（台風、低気圧、梅雨、豪雨、豪雪など）の強度や発生域の変化は社会生活に大きく影響
- タイの洪水(2011年11月)のように、アジアの様々な地域の気候変化が日本の社会・経済に直接的な影響

工場が浸水する、部品が届かない、輸出がとまるなど、トヨタ・ホンダ・日産・いすゞ・三菱・マツダなどで影響が大きかった。精密機器業界にも影響は大きく、キャノン・ニコンなどで生産を止めた。（いであ株式会社連載エッセイ 吉野正敏より抜粋）

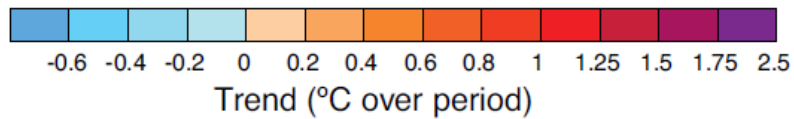
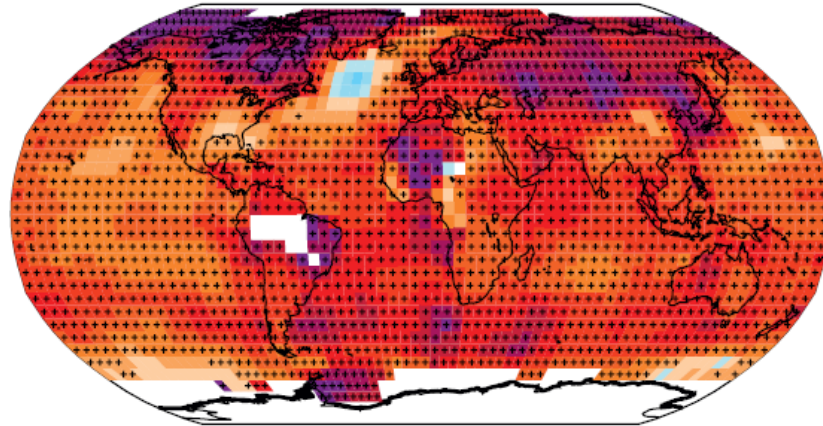


# 20世紀に観測された気温と降水の変化

IPCC AR5 WGI 2013

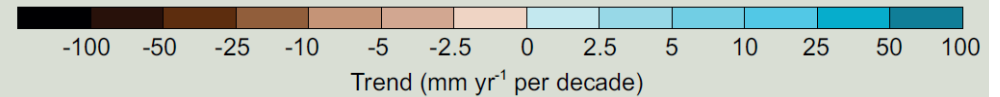
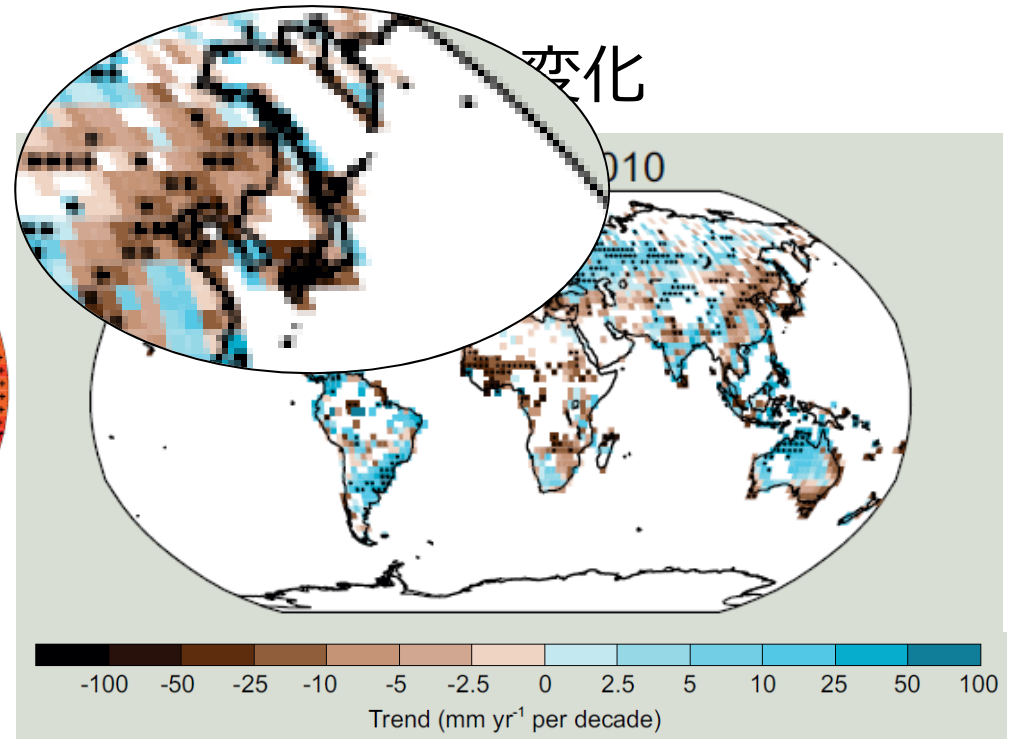
## 気温の変化

GISS 1901-2012



## 降水の変化

2010



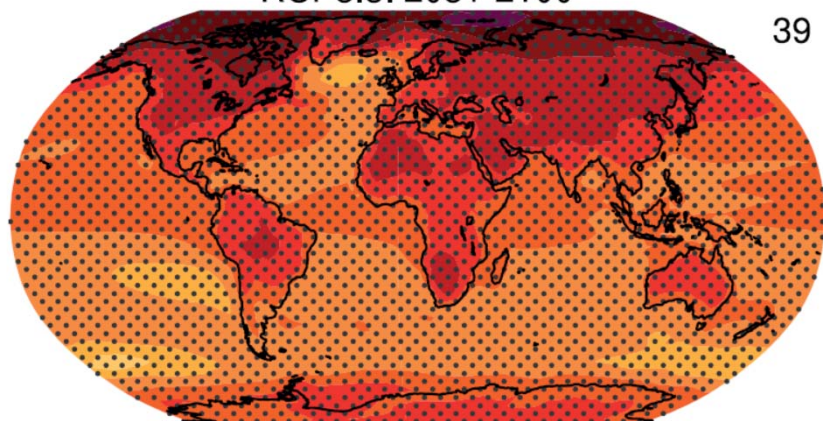
降水は地域差のある複雑な変化をする

# 気候モデルによる21世紀末の将来予測

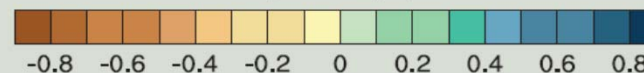
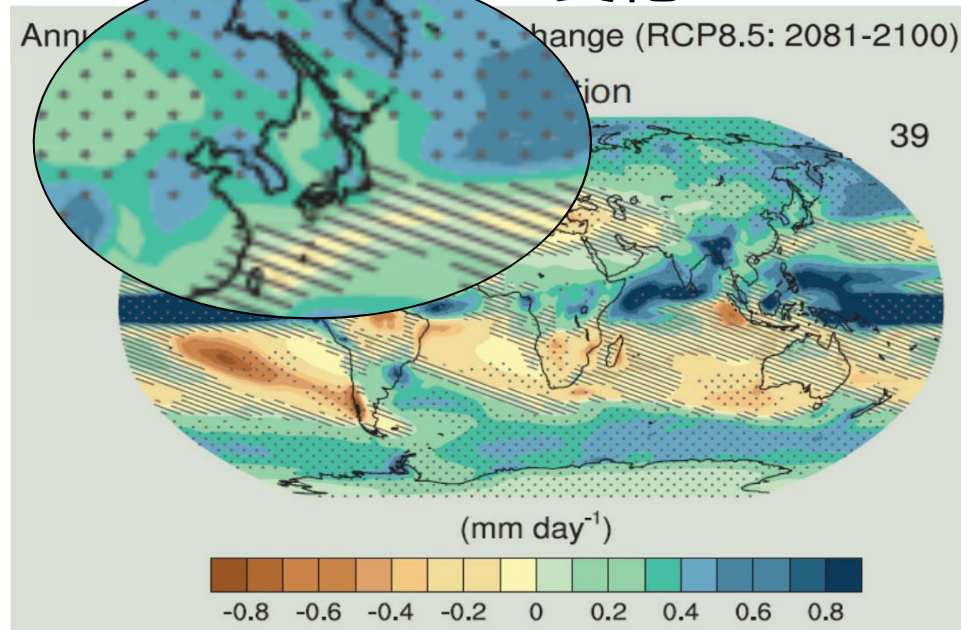
IPCC AR5 WGI 2013

## 気温の変化

Annual mean surface air temperature change  
RCP8.5: 2081-2100



## 降水の変化



アジア域の気候（特に降水の）将来変化についての知見はまだ不十分

# プロジェクトの紹介

環境研究総合推進費2A-1201 : H24-H26年度

「CMIP5マルチモデルデータを用いたアジア域気候の将来変化予測に関する研究」

**目的**：世界の気候モデルによる現在気候再現実験、将来気候予測実験のデータを用い、温暖化した将来、アジア域の気候（特にアジア域の降水）が、いかに変化するかについて調べる

## Future Earth

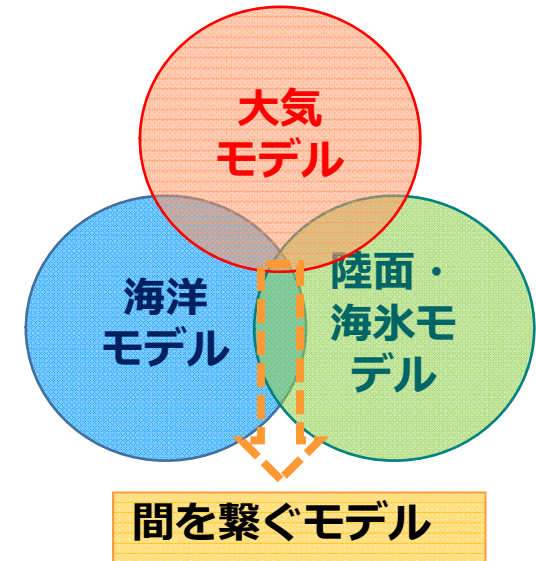
社会が地球規模の環境変化によって引き起こされる危険に対峙し、**持続可能な世界への移行の機会を的確に掴むため、必要となる知見を社会に提供すること**



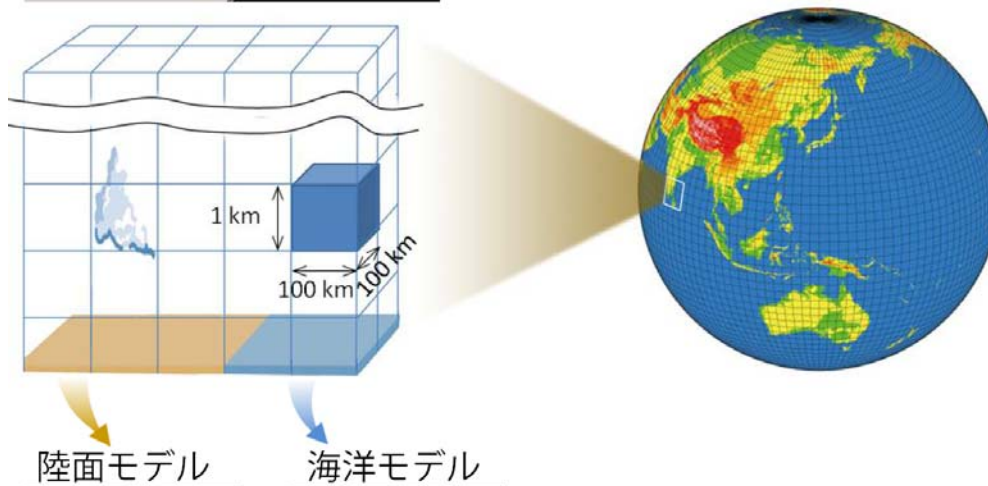
FEの精神とも呼応するのね

# 将来気候を予測する手段：気候モデル

- 数値モデル：気温、風、湿度、降水量、海水温、海流、土壌水分などの「今の時間」の状態と物理法則に基づいて、「次の時間」の状態を表現する。
- 大気モデルではひとつの格子（サイコロ）は、 $100\text{km} \times 100\text{km} \times 1\text{km}$  程度の大きさ。「次の時間」は10分程度。

























































大気モデルの格子イメージ



# 第5次結合モデル相互比較計画 CMIP5

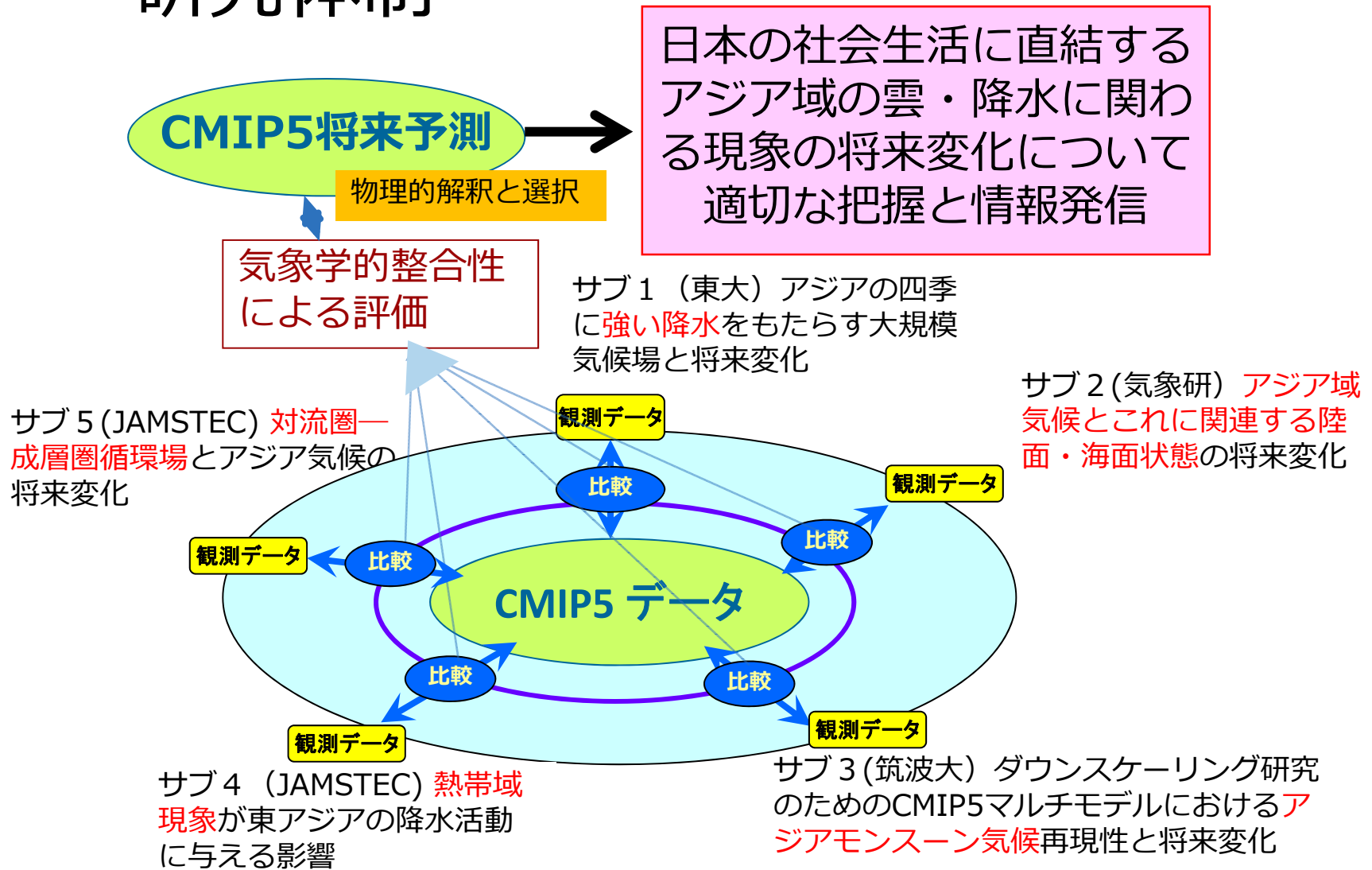
IPCC AR5 (2013) :

科学的根拠として世界の50個以上の気候モデルによる実験結果を利用  
 CMIP5: この実験データを集約して相互比較する計画

	ACCESS1.0		CESM1 (WACCM)		GFDL-CM2.1		HadGEM2-AO		MPI-ESM-LR
	ACCESS1.3		CESM1 (FASTCHEM)		GFDL-CM3		HadGEM2-CC		MPI-ESM-MR
	BCC-CSM1.1		CMCC-CESM		GFDL-ESM2G		HadGEM2-ES		MPI-ESM-P
	BCC-CSM1.1(m)		CMCC-CM		GFDL-ESM2M		INM-CM4		MRI-AGCM3.2H
	BNU-ESM		CMCC-CMS		GFDL-HIRAM-C180		PSL-CM5A-LR		MRI-AGCM3.2S
	CanCM4		CNRM-CM5		GFDL-HIRAM-C360		IPSL-CM5A-MR		MRI-CGCM3
	CanESM2		CSIRO-Mk3.6.0		GISS-E2-H		IPSL-CM5B-LR		MRI-ESM1
	CCSM4		EC-EARTH		GISS-E2-H-CC		MIROC4h		NCEP-CFSv2
	CESM1(BGC)		FGOALS-g2		GISS-E2-R		MIROC5		NorESM1-M
	CESM1(CAM5)		FGOALS-s2		GISS-E2-R-CC		MIROC-ESM		NorESM1-ME
	CESM1 (CAM5.1.FV2)		FIO-ESM v1.0		HadCM3		MIROC-ESM-CHEM		



# 研究体制



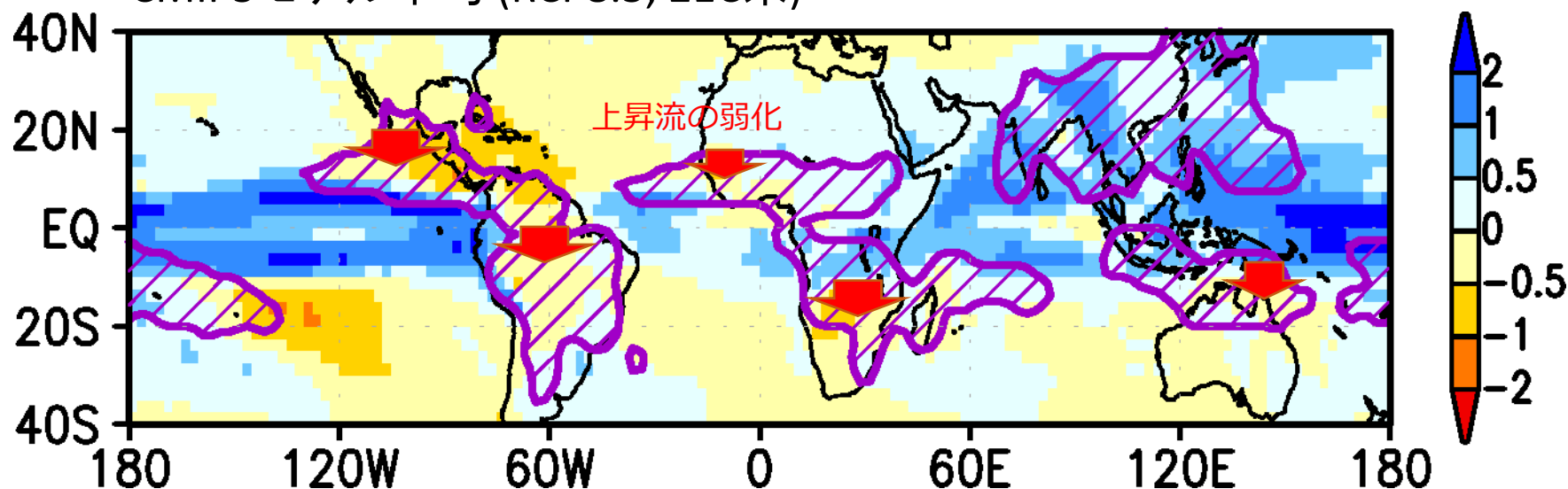
# モンスーンの変化：増加するアジアの雨

Endo and Kitoh (2014)

紫斜線：雨季乾季の雨量差で定義したモンスーン域

色は雨量の将来変化 (mm/day)：青は増加、黄～赤は減少

CMIP5モデル平均 (RCP8.5, 21C末)

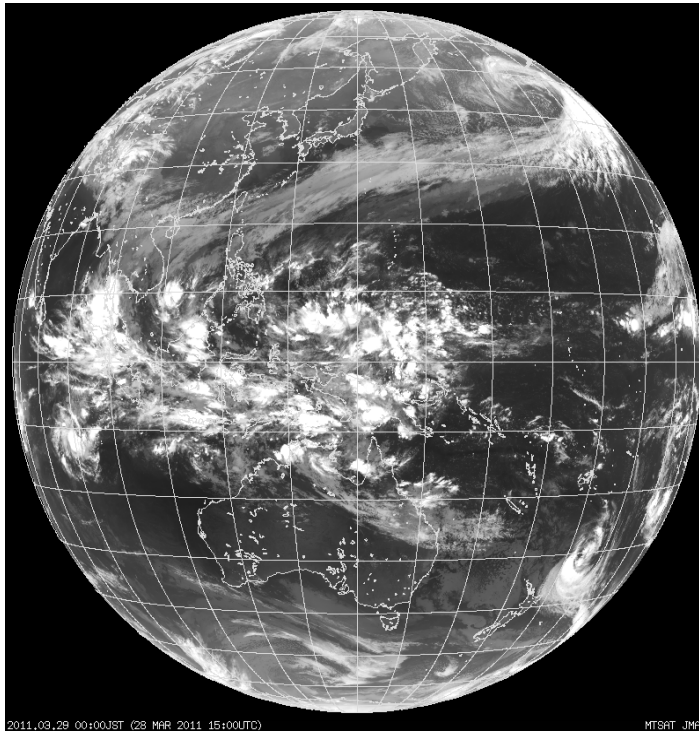


- 降水量は水蒸気量の変化と大循環の変化で決まる
- アジアモンスーン域は将来の雨量増加

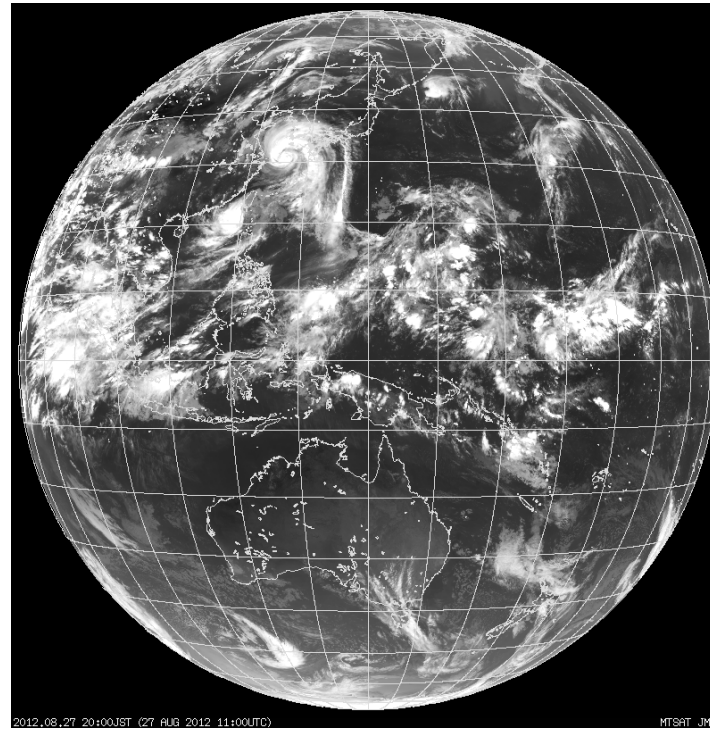
パンフレットp.15-16です

# 日本域：秋から春は温帯の雲、真夏は熱帯の雲

2011.3.28

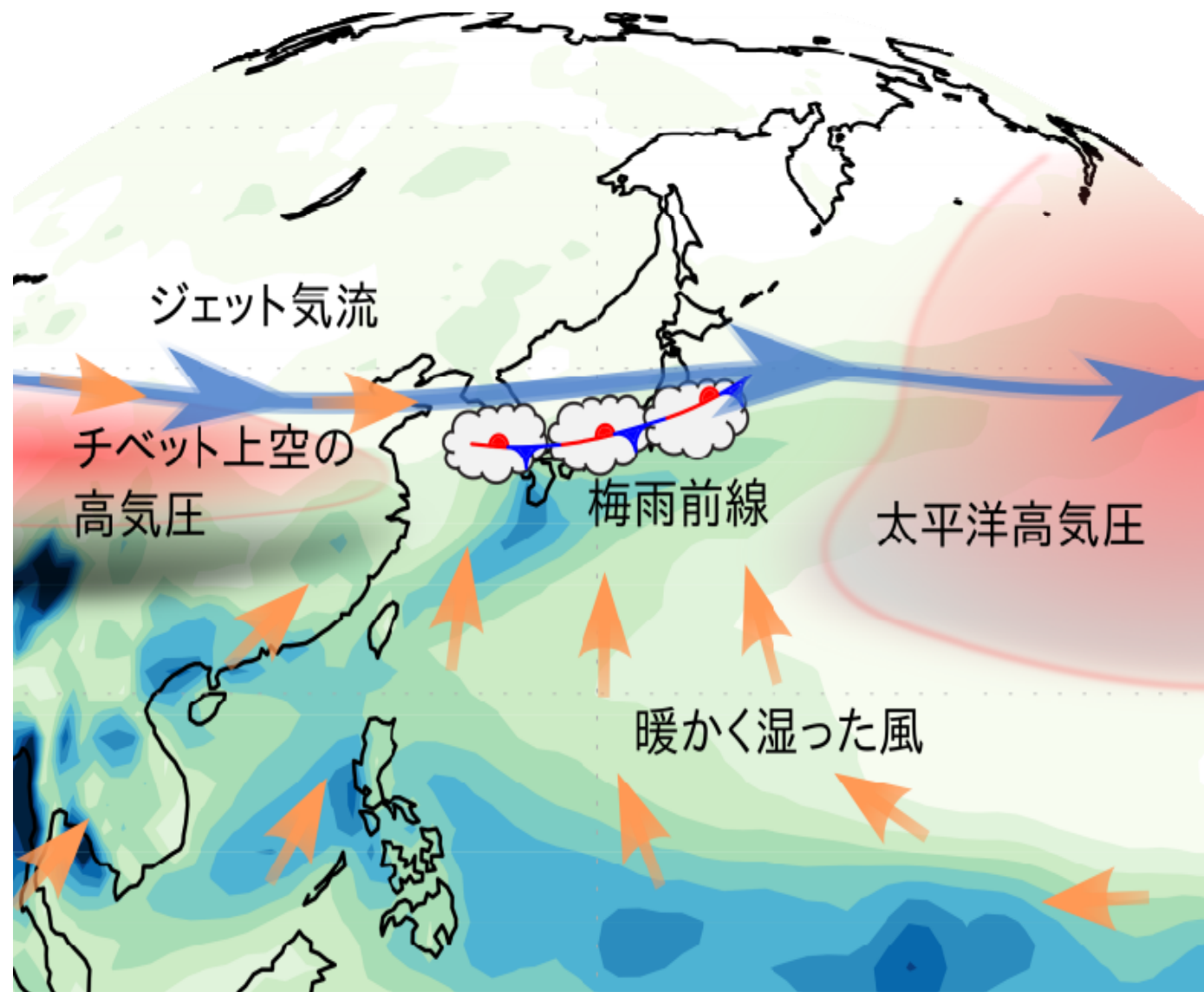


2012.8.27



梅雨前線、秋雨前線：温帯と熱帯との境目

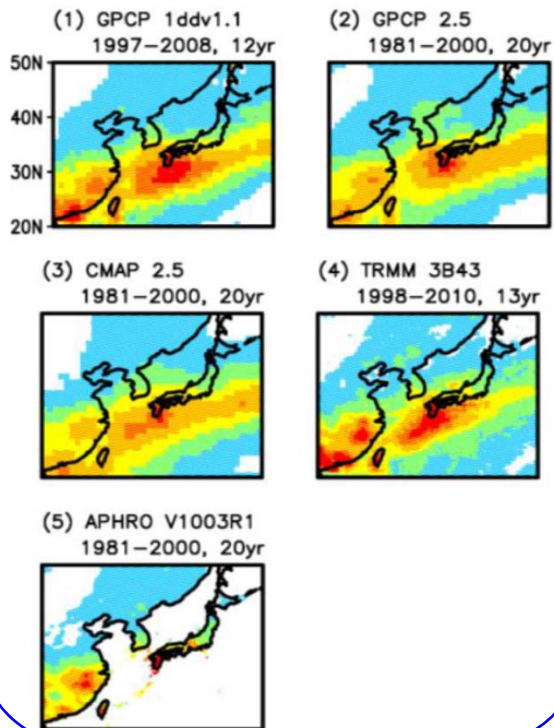
# 梅雨



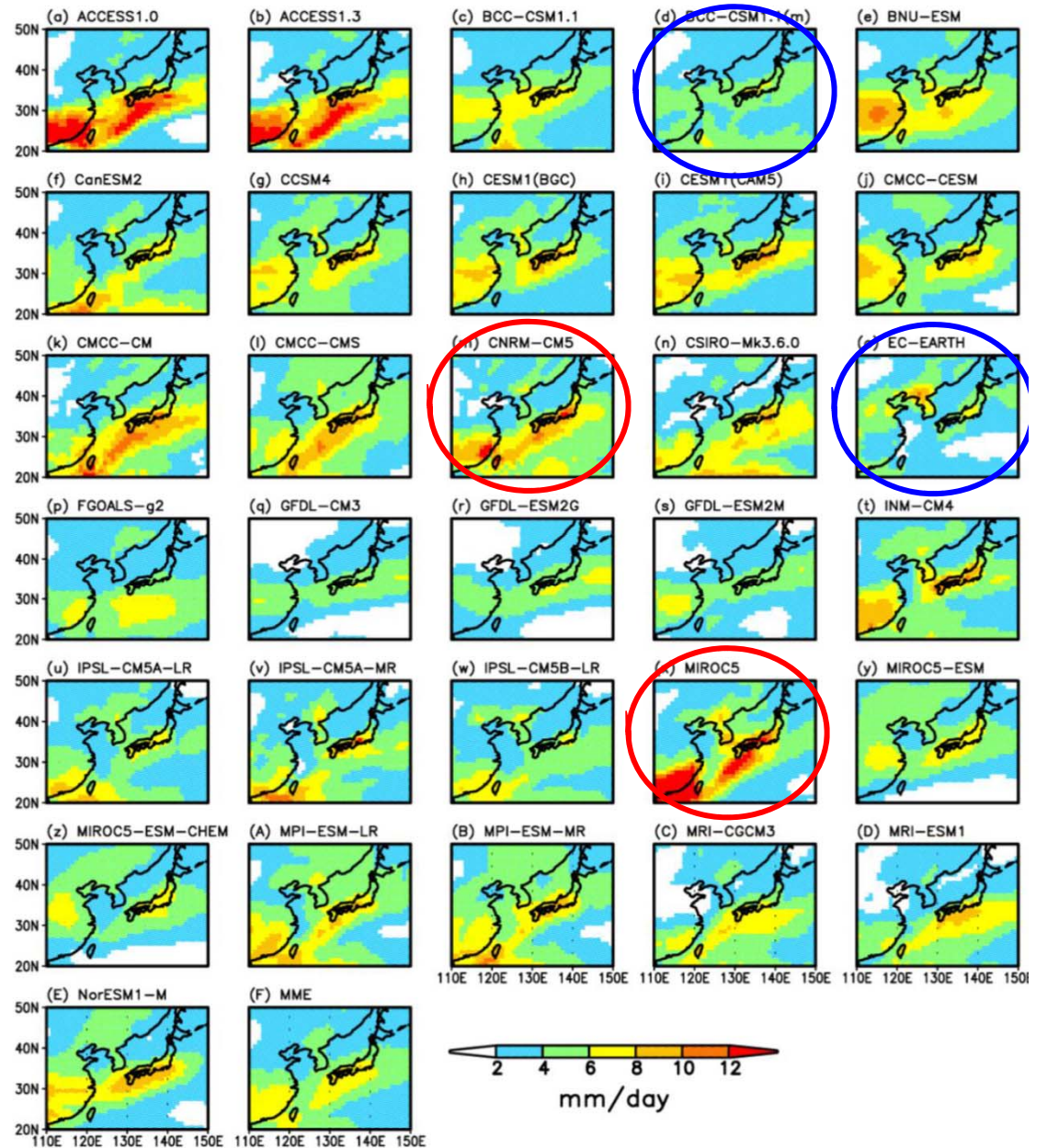
# CMIP5モデルによる6月の日本付近の雨の再現

Kusunoki 他 2015, J.Climate

## 観測

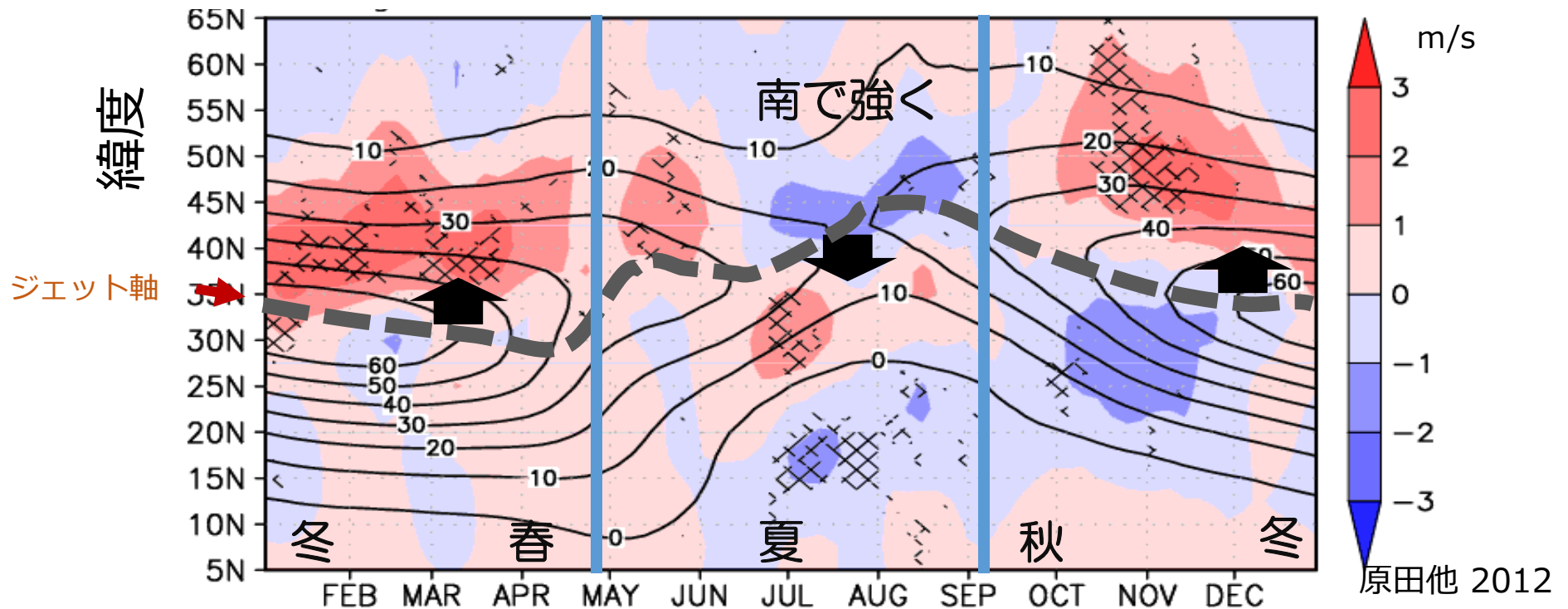


## CMIP5



# 日本上空の偏西風の季節進行と将来変化

CMIP5 RCP4.5 上位9モデル平均 東西風200hPa 120E-150E  
(2081-2100) - (1981-2000)

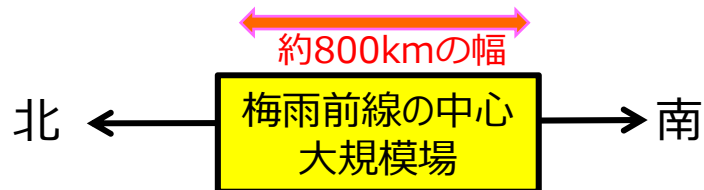
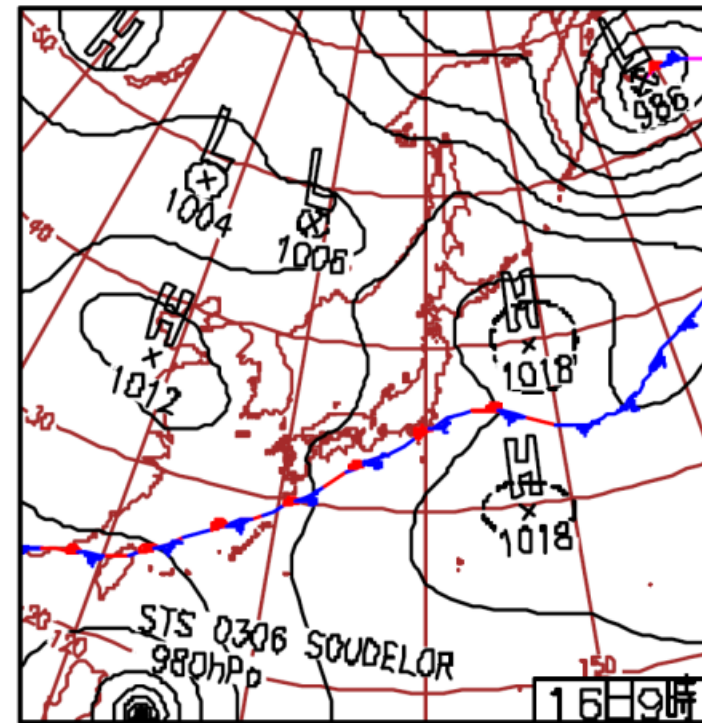
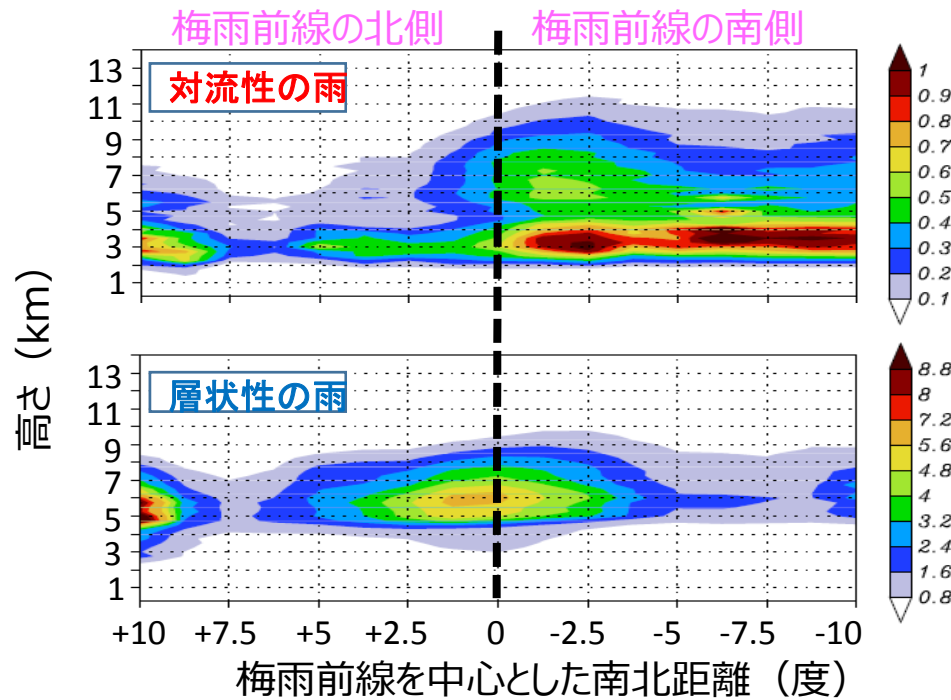


⇒ 夏にジェット軸の南下＝梅雨明けが遅くなる

# 梅雨の降雨帯:北と南の雨の違い

雨の高さの頻度分布 衛星搭載降雨レーダ (TRMM PR)

Yokoyama 他 2014

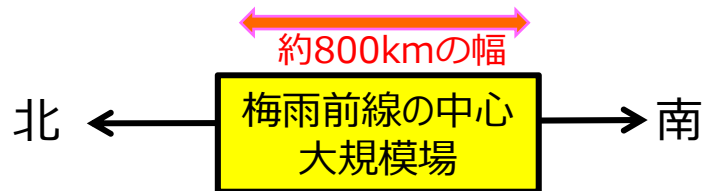
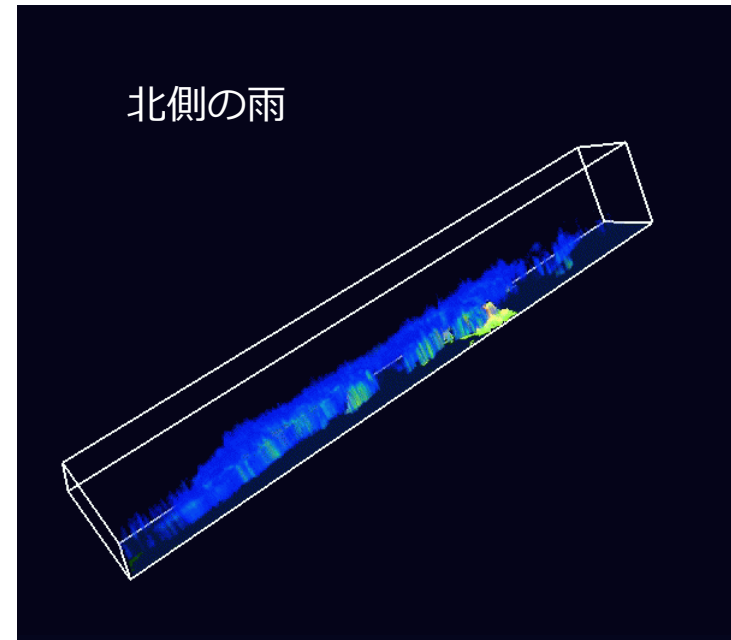
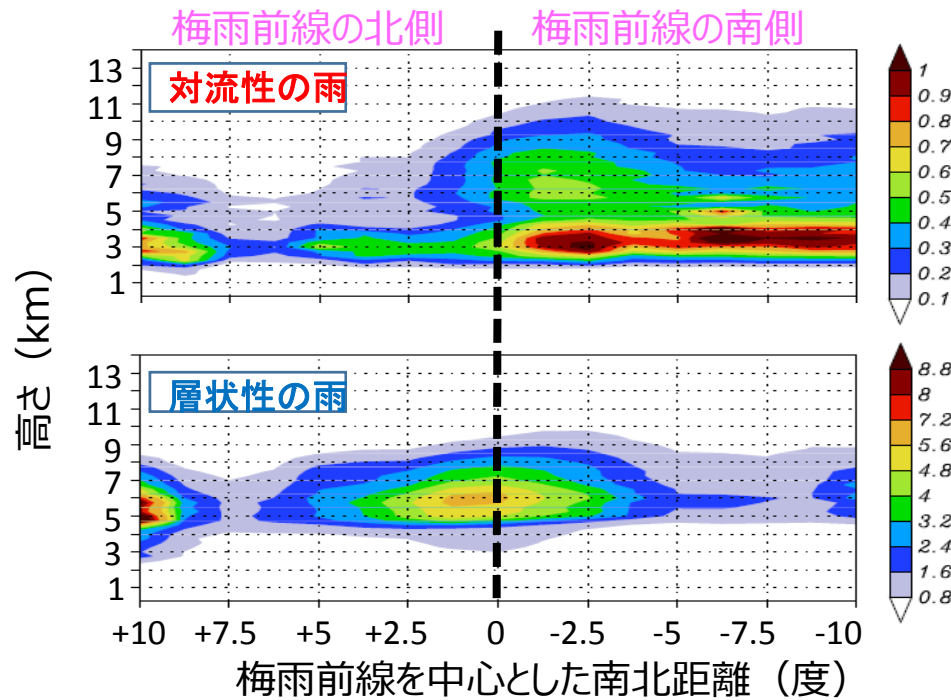


梅雨前線の南側に入ると、急に高い対流の雨  
→前線の位置の僅かなずれが降雨の急変に繋がる

# 梅雨の降雨帯:北と南の雨の違い

雨の高さの頻度分布 衛星搭載降雨レーダ (TRMM PR)

Yokoyama 他 2014



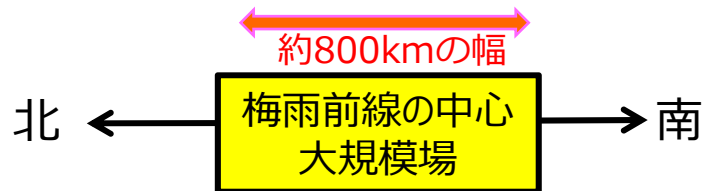
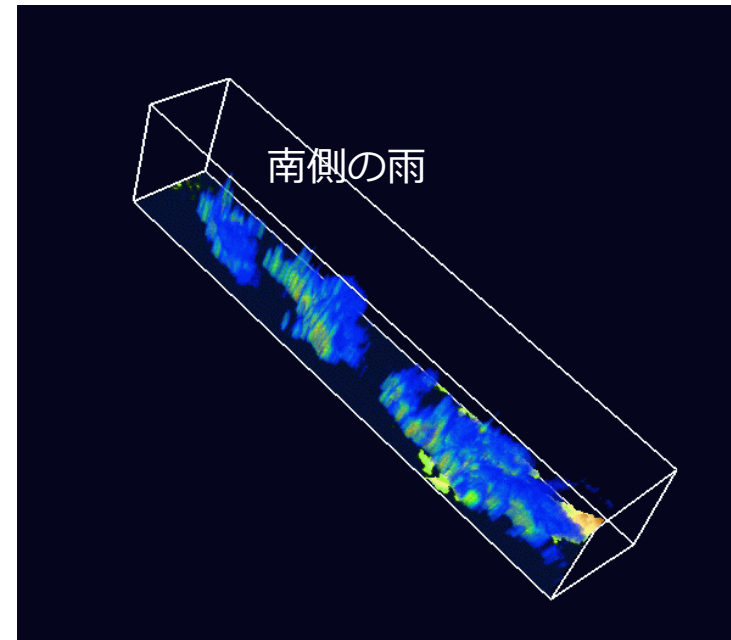
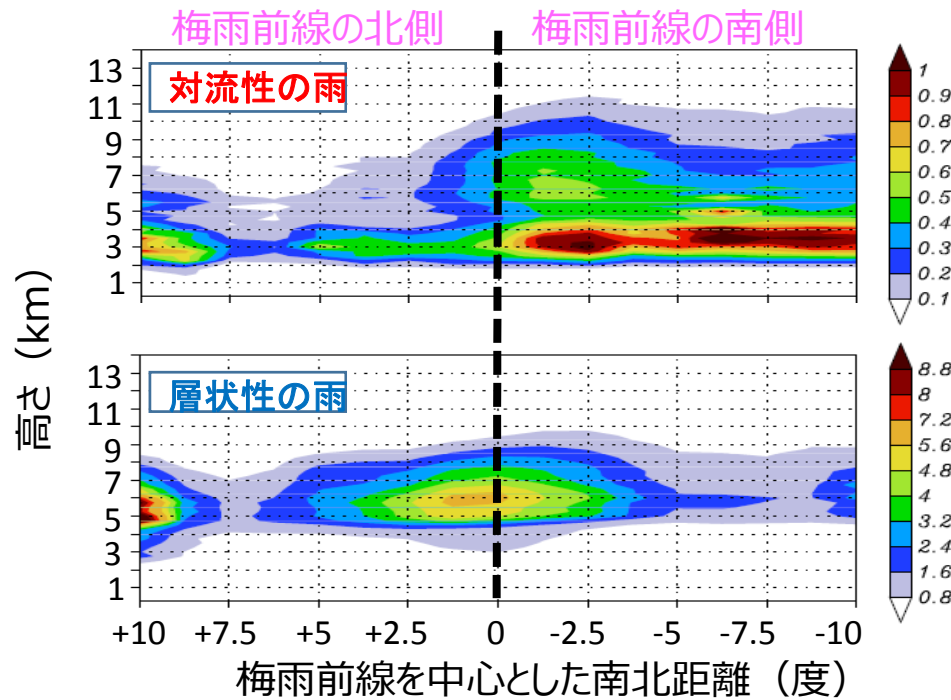
梅雨前線の南側に入ると、急に高い対流の雨  
→前線の位置の僅かなずれが降雨の急変に繋がる



# 梅雨の降雨帯:北と南の雨の違い

雨の高さの頻度分布 衛星搭載降雨レーダ (TRMM PR)

Yokoyama 他 2014

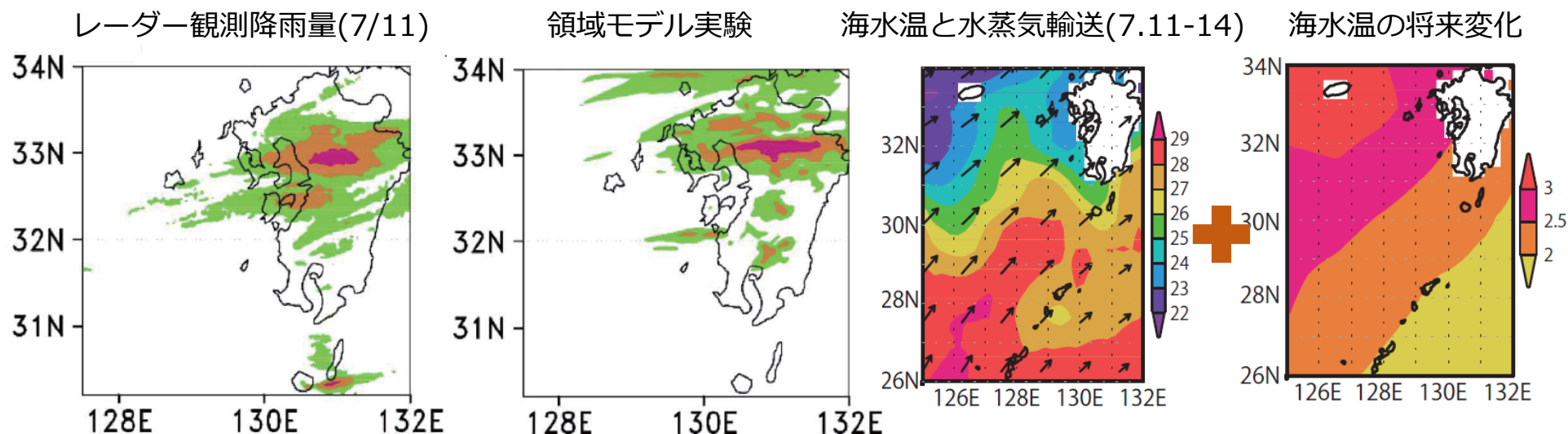


梅雨前線の南側に入ると、急に高い対流の雨  
→前線の位置の僅かなずれが降雨の急変に繋がる

# 梅雨末期の集中豪雨と海水温上昇

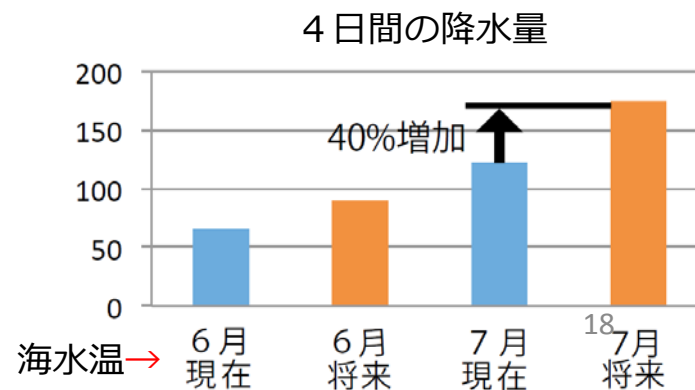
九州北部豪雨（2012年7月11-14日）の領域モデルシミュレーション

Manda et al. 2014, NatureCom

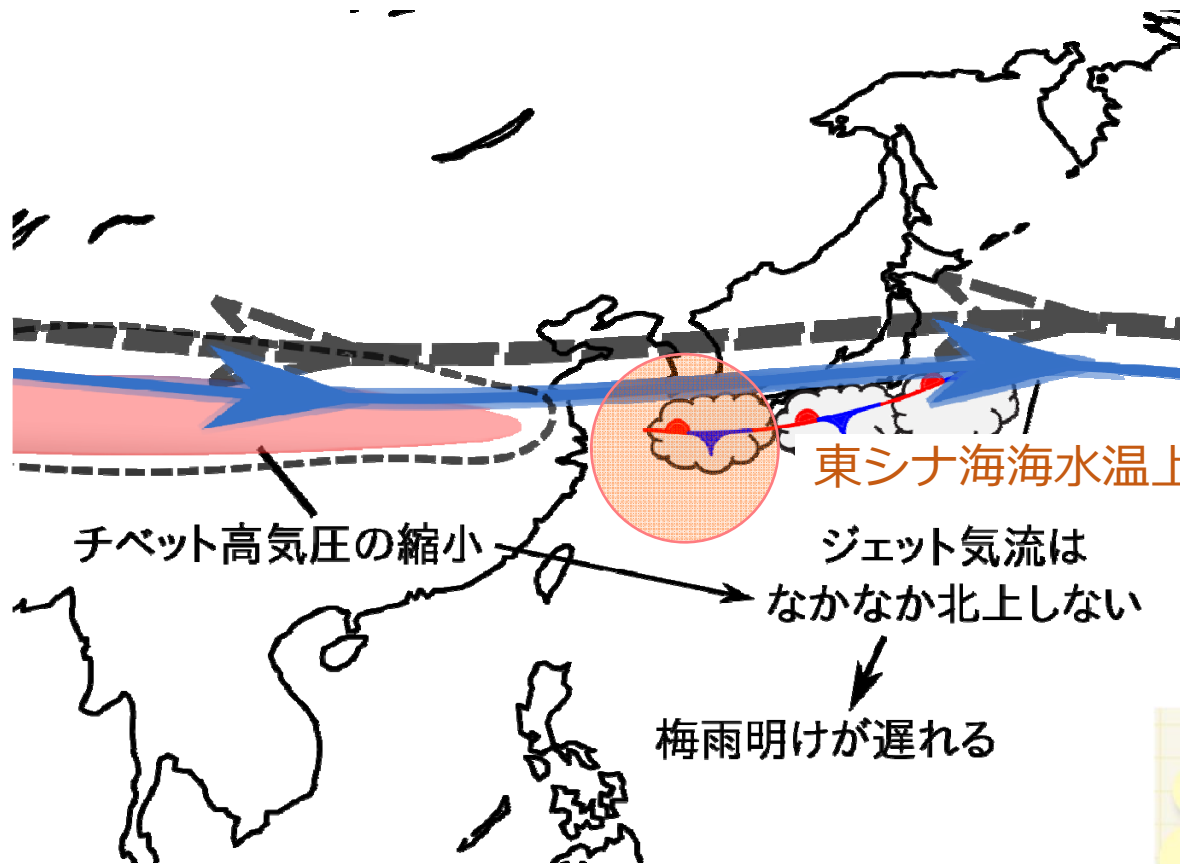


海水温を上昇させた領域モデル実験

→ 同じ気象パターンでも海水温が上がると豪雨が激甚化！



# 梅雨の変化：明けの遅れと豪雨の激甚化



ジェット気流の再現性のよい気候モデルの選択

豪雨を再現する領域モデル実験

東シナ海海水温上昇→豪雨の激甚化

ジェット気流はなかなか北上しない

梅雨明けが遅れる

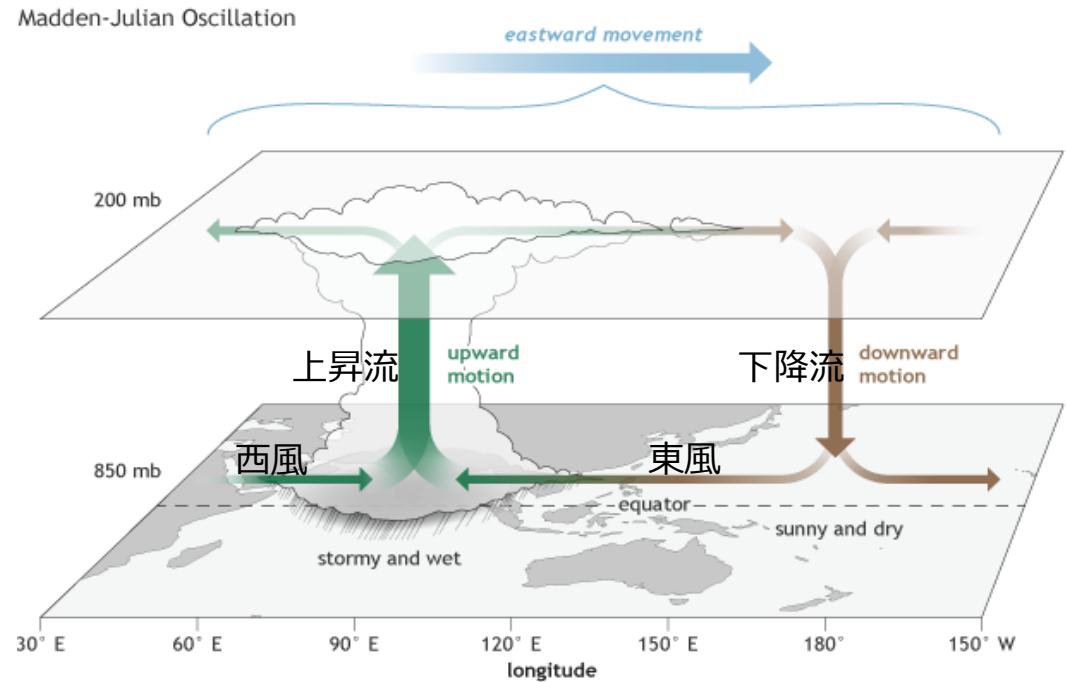
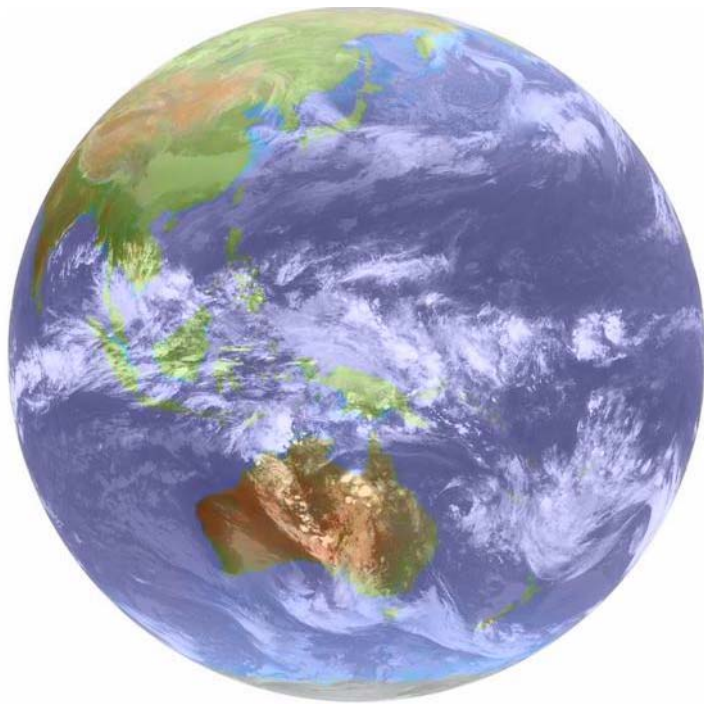
温暖化すると  
梅雨が長くなりそうね。  
雨の降り方にも注意が必要ね。

p.7-10を見てね

遠くの気候が変化すると？  
(遠隔効果)

# 熱帯の対流活動：マデン・ジュリアン振動 (MJO)

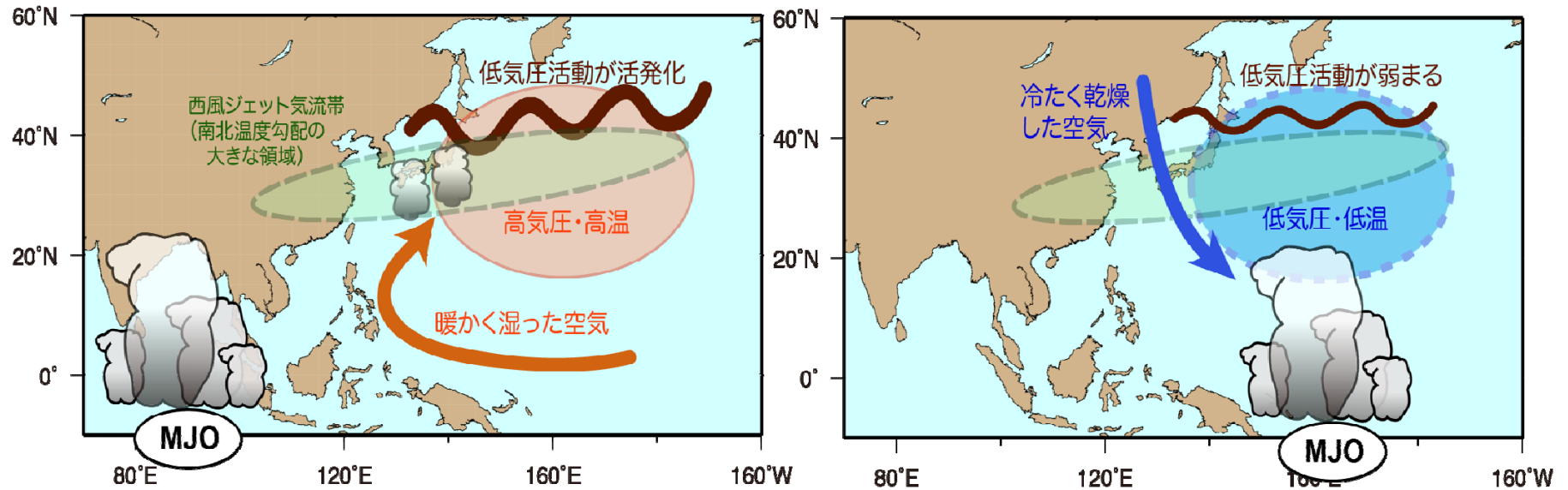
赤道域の積雲対流、大規模な風の循環、気圧などが数千km~1万kmのスケールで比較的一定の関係を保ち、一日に約500kmの速度で東に移動する



<https://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/what-mjo-and-why-do-we-care>

# MJOが北半球中緯度の冬季の低気圧活動に及ぼす影響

Takahashi and Shirooka 2014



東アジア～北西太平洋の**温帯低気圧**活動

- MJOが熱帯インド洋で活発な時は**活発**。
- MJOが西太平洋で活発な時は**不活発**。

将来変化：MJOは東インド洋～西太平洋で活発化  
→**温帯低気圧への熱帯の影響が強化**

MJOのモデル再現の難しさ → **不確実性は大きい**

# 研究成果の概要

アジア域の降水に係る様々な現象の将来変化予測

政策策定者・市民への発信



夏

冬

観測的発見

気候モデルへのフィードバック

気候モデルの成層圏表現の重要性

アジア域降水再現性  
CMIP5で3より改善

気候モデルのユーラシア雲不足→アジアの夏降雨過大

大規模赤道雲群(MJO)の温帯低気圧への遠隔影響の増加

冬の気温の日々変動幅の増幅

アジアモンスーンの将来の雨量増加・集中

暖冬傾向

台風経路は東よりに

成層圏に温暖化シグナルを発見

海面水温上昇→雨増加

梅雨前線付近で急な雨特性変化

梅雨明けの遅れ

梅雨前線の将来の雨量増加

気候モデルの積雲対流表現の重要性

熱帯循環の弱化

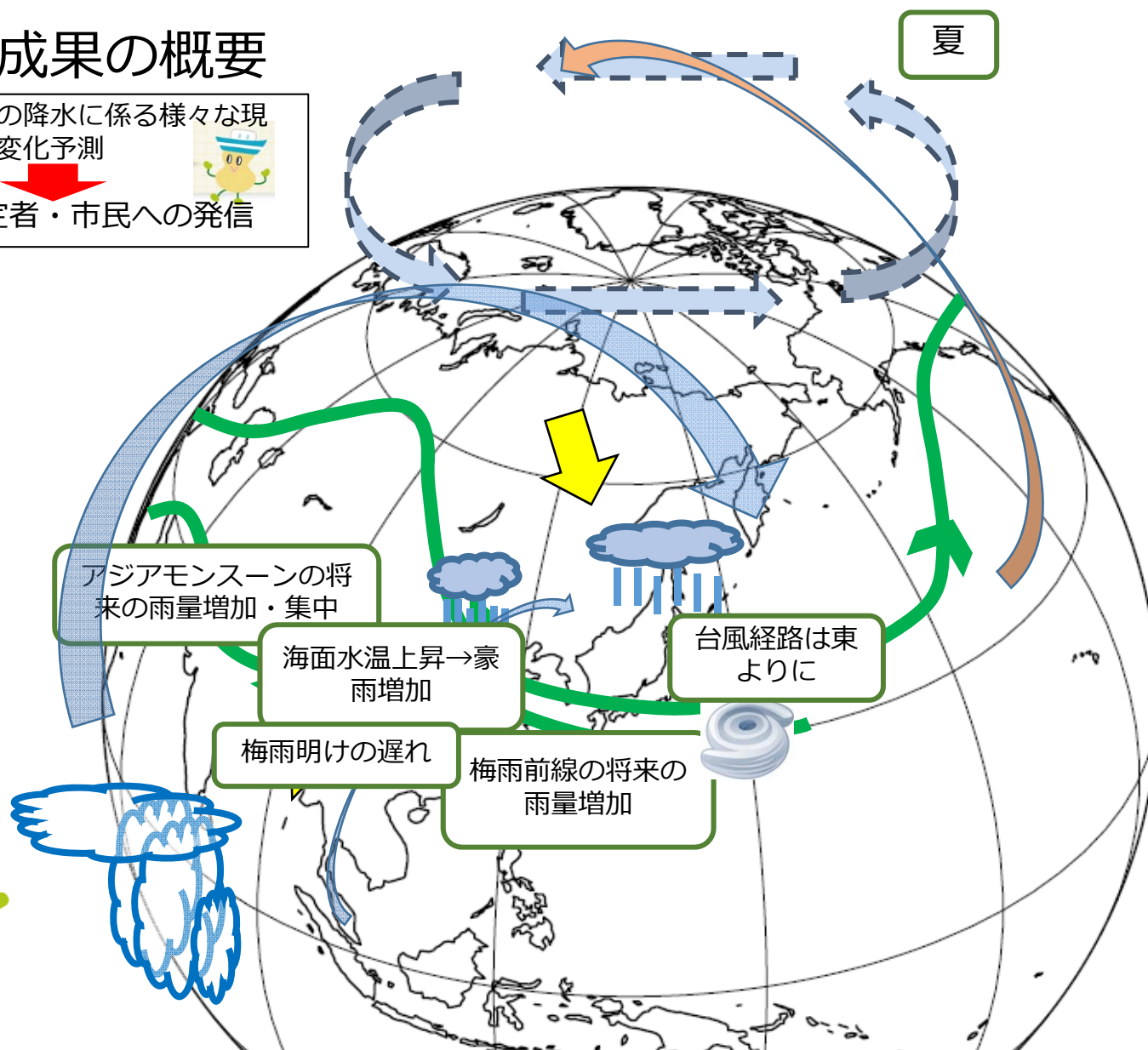


# 研究成果の概要

アジア域の降水に係る様々な現象の将来変化予測



政策策定者・市民への発信





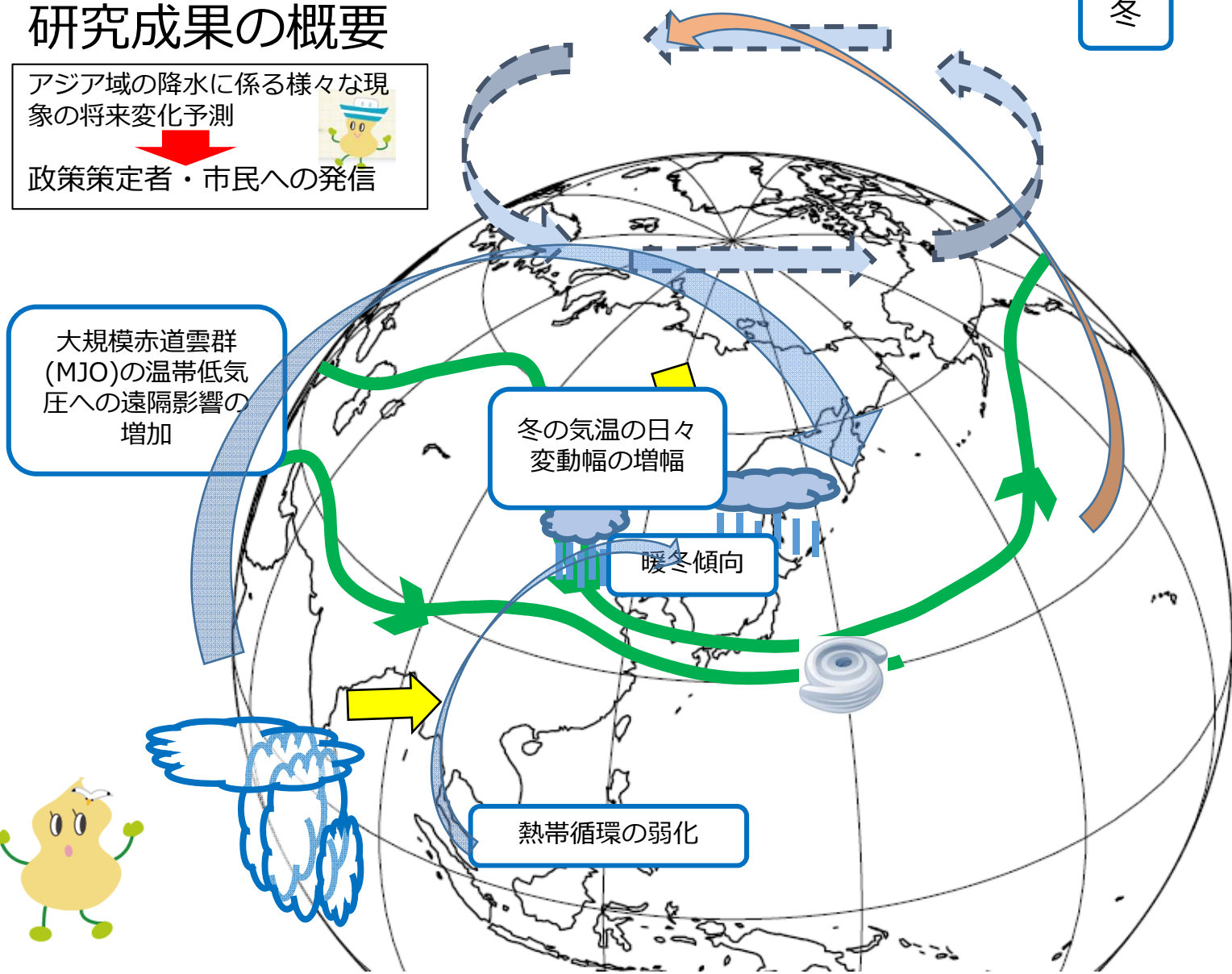
# 研究成果の概要

アジア域の降水に係る様々な現象の将来変化予測



政策策定者・市民への発信

冬

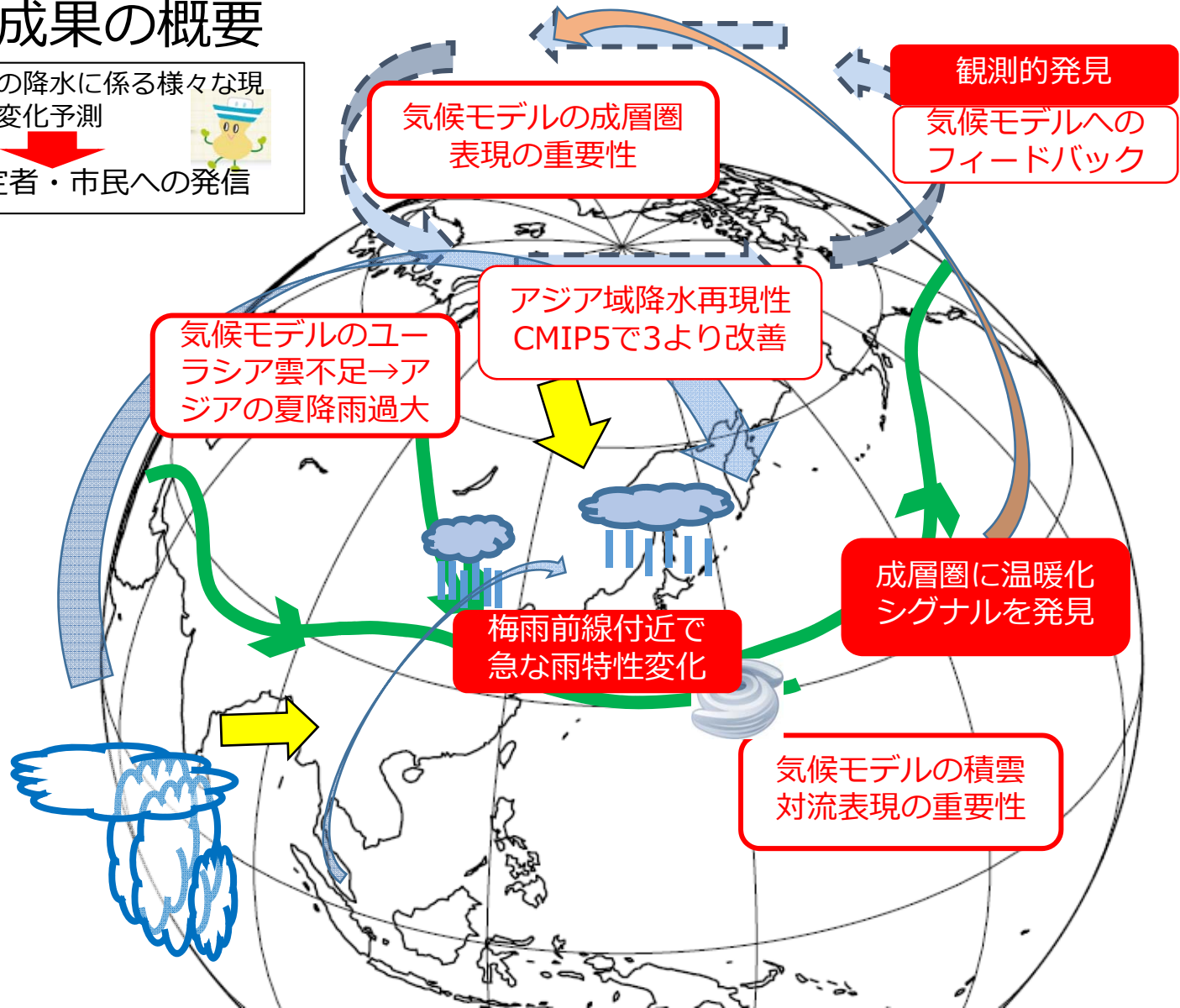
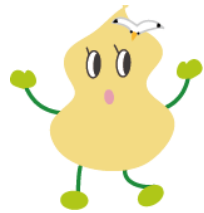


# 研究成果の概要

アジア域の降水に係る様々な現象の将来変化予測



政策策定者・市民への発信



# まとめ： 環境政策への貢献

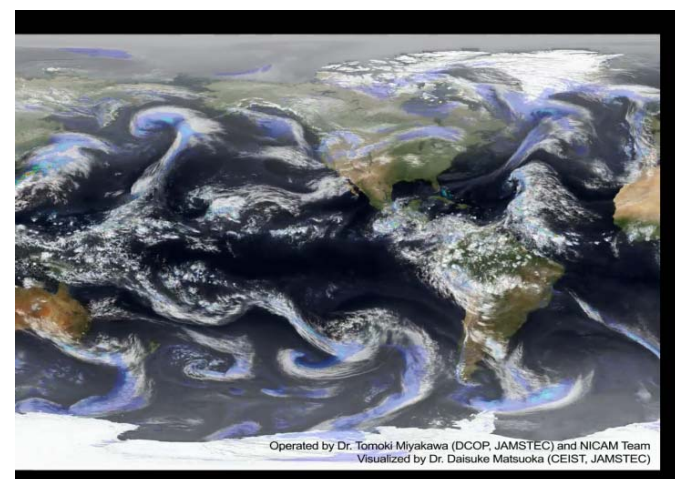
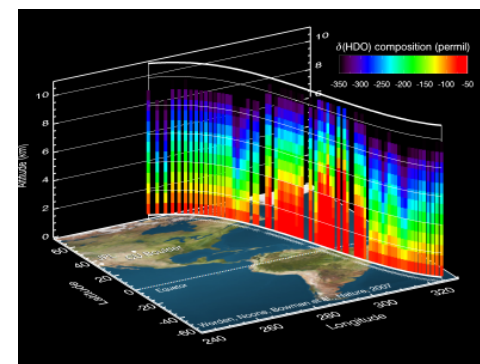
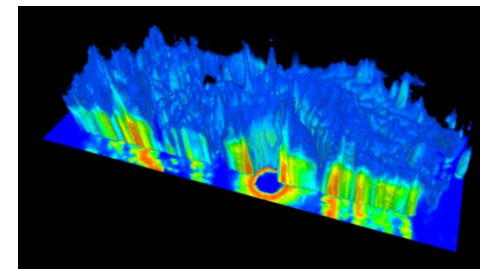
- 最新のデータを用いた科学的な研究に基づき、地球温暖化に伴ってアジア域の降水や気象がいかに変化するかについて具体的な知見の多くを得た。
  - アジアモンスーン域の雨の増加の可能性、雨への備えの必要性について
  - 日本域の雨の様相の急激な変化の可能性について
  - 日本周辺の海水温上昇に伴う豪雨季節の変化の可能性について
  - 温暖化に伴う日本域の海面水位上昇について
  - 温暖化時の台風の発生と経路の変化について
  - 熱帯気象が温帯低気圧活動に与える遠隔影響の増幅について
- 成層圏で初めて観測的に地球温暖化の証拠を見つけ、オゾンホール回復に関する示唆を得た。（Nature掲載）
- 一般講演、新聞報道、パンフレット作成配布などを通じ、温暖化に伴う生活環境変化の可能性について国民の理解の促進のための活動を行った。
- 当グループによるIPCC AR 5 引用論文17本（査読付国際誌論文33件）
- 以上の成果は「科学的理解を元に持続可能な世界への移行のために必要となる知見を社会に提供すること」に貢献する。

# 現在の取り組み

- 気候モデル：大規模な循環の予測  
→降水変化のいくつかの側面は表現可能
- 豪雨など：雲・雨のメカニズムの理解が必要

新規課題「地球温暖化に伴う気候変動と日本・東アジア域の降水現象の変化に関する研究」

- ✓気候モデル+気象観測や最新の衛星観測などの現実データ、雲や雨を詳細に表現する雲解像モデル
- ✓豪雨などの降水現象と気候との関係の理解と将来への備え。





ご清聴ありがとうございました