

東南アジアにおける

気候変動

GCMによるアウトプット



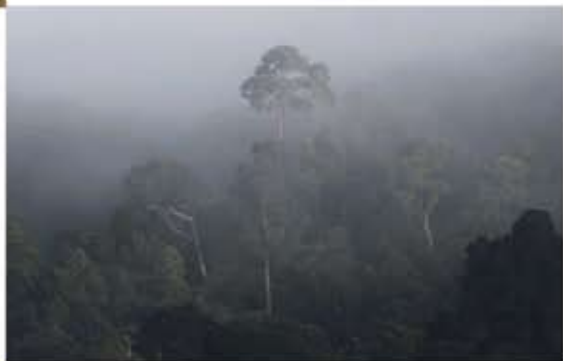
ベトナム/棚田



ラオス/メコン川



カンボジア/熱帯雨林に埋まる古代遺跡



インドネシア/ボルネオの熱帯雨林



インドネシア/ジャワ島の雲海

1. 概要

1.1 気候変動予測および適応の必要性

平成26年10月のIPCC第40回総会で、IPCC 第5次評価報告書（AR5）の統合報告書が公開された。改めて将来の気候変動リスクに対する対応が重要であり、緩和策、適応策の両方が重要であることが示された。AR5のために、多数の気候変動予測モデルによる予測データ（CMIP5）が使用されており、定量的な予測と不確実性の評価を行うための重要な情報源となっている。

国際的な取り組みを受けて各国が行う気候変動予測、影響評価、適応においても、予測データに基づく定量的な評価の重要性が高まっている。そのために、上記のCMIP5データをダウンスケーリングして用いたり、独自に予測データを構築したりしている。

気候変動は様々な分野に影響を与え、影響が生じる確かさや時間スケールも異なっている。その中で適切な適応戦略を作成するためには、定量的な予測データに基づき、それを適切に処理・解釈してリスク評価、コストベネフィット評価を行うことが重要となっている。

1.2 全球気候変動予測データの概要と位置付け

データの概要

環境省は気象庁の協力のもと、日本国内の影響評価および適応策の策定を目的として気候変動予測データセットを作成した。データセットは全球モデル出力と地域モデル出力の2種類からなる。全球モデル出力（以降ではGCMデータと呼ぶ）は、地球全体を対象とする約60kmの水平解像度を持った大気モデルによる計算結果である。計算期間は現在気候20年間、将来気候20年間（21世紀末）である。

データセットの最大の特徴は、多数のケースによる計算結果が利用できるという点である。現在気候3ケース、将来気候は排出シナリオに応じてRCP2.6、4.5、6.0で各3ケース、RCP8.5では9ケースと合計21ケースの予測計算を行っている。同じシナリオで多数のケースを実施している理由は、将来の海面水温のパターンや、気候変動予測モデルの計算手法（積雲対流スキームと呼ばれる）に関する不確実性を考慮するためである。

データの位置付け

データを作成した主な目的は日本国内の気候変動適応計画を策定するための影響評価であるが、GCMデータについては世界全体を対象とした予測計算結果であり、基本的にはどの国でも使用可能である。

本GCMデータは、既存の気候変動予測結果と比較して以下のような特徴がある。

- CMIP5の全球モデル出力と比較して、解像度が高いという特徴がある。解像度を高めている目的は、地形性の気象現象や、台風をはじめとする熱帯域の現象の再現性を高めることである。
- CMIP5は多機関のモデル出力を利用できるのに対して、本データセットは単一モデルによる予測結果であるが、不確実性を考慮して多数のケースを計算しており、本データのみで不確実性の評価が一定程度可能である。

2. 東南アジアの気候変動および気候変動影響の概観

以下では、インドネシア¹、ベトナム²、ラオス³、カンボジア⁴において作成されている各種レポートをもとに、気候条件、観測されている気候変動および影響を概観する。

2.1 インドネシアにおける気候変動および気候変動影響

気候条件

世界最大の群島国であるインドネシアは、海岸線は81,000km、島数は13,667におよび、気候変動に脆弱な国とされている。極端な気候現象としてエルニーニョ/ラニーニャがあり、エルニーニョが発生した年は干ばつ、ラニーニャが発生した年は大雨、洪水のリスクに曝される。

観測されている気候変動

インドネシアの観測データが少ないので正確な推計が難しいが、20世紀の地上気温上昇は1℃を超えていないとされる。また、年降水量の変化は、スマトラ島では降水量が増加しているが、その他の地域では減少しているところも見られ、均質でないと分かっている。

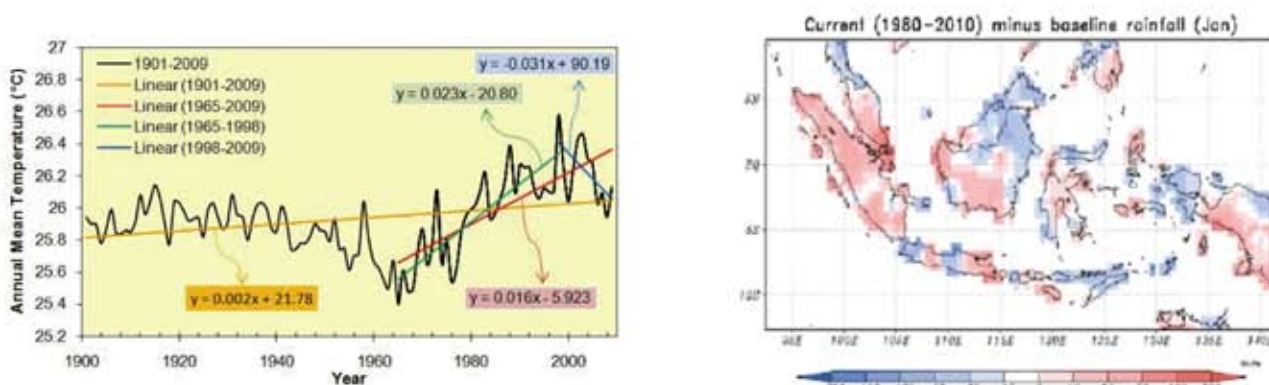


図1：インドネシアにおける平均気温の年々変化（左）および降水量の変化（右）
(National Action Plan for Climate Change Adaptation, 2013, p.4-5)

気候変動による影響

- **農業への影響**：エルニーニョの長期の乾季により、作物に大きな被害をもたらす。
- **水資源への影響**：水供給に余裕を持たない自治体が現状の14%から、2025年に19%、2050年に31%に増加すると予測されている（SRES B1シナリオ）。
- **沿岸域・海洋への影響**：エルニーニョによるサンゴの白化現象や、海面上昇や高波による沿岸浸食の影響等が懸念されている。
- **健康への影響**：極端な気象現象により、生物媒介の病気の増加や、デング熱・マラリア・下痢等の流行などが懸念されている。

1 インドネシアに関する記述は以下の文献を参考としている。

"National Action Plan for Climate Change Adaptation (RAN-API): Synthesis Report," Ministry of Environment (2010).

"Indonesia Second National Communication Under The UNFCCC," Republic of Indonesia (2013)

2 ベトナムに関する記述は以下の文献を参考としている。"National Strategy on Climate Change," Government of Vietnam (2011).

"Vietnam's Second National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change," Ministry of Natural Resources and Environment (2010)

3 ラオスに関する記述は以下の文献を参考としている。

"The Second National Communication on Climate Change: Submitted to The UNFCCC," Laos PDR (2013)

4 カンボジアに関する記述は以下の文献を参考としている。"Cambodia's Initial National Communication," Ministry of Environment (2002)

2.2. ベトナムにおける気候変動および気候変動影響

気候条件

ベトナムは南北に広がる国土と長い海岸線を持ち、気象の変動や気候の変化の深刻なリスクに曝されている。こうした脆弱性のために、干ばつ、洪水、暴風雨等による影響を緩和する対策が講じられてきた。

1960年以降の過去50年間に於いてホンダウの海洋観測所では約20 cmの海面上昇が観測された。

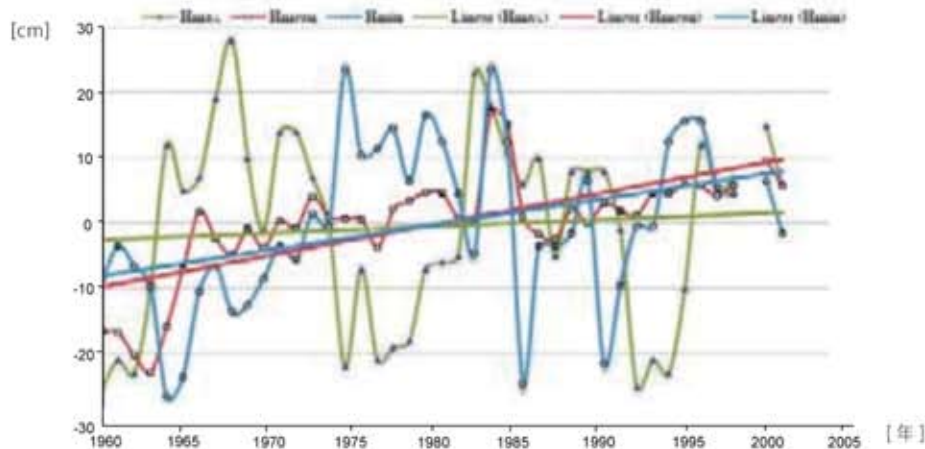


図2：ホンダウの海洋観測所における海面上昇 (Vietnam's Second National Communication, 2010, p.60)

観測されている気候変動

過去50年間で平均気温が0.5~0.7℃上昇し、海面上昇は20cmに達した。エルニーニョやラニーニャが深刻な被害をもたらしている。洪水、土砂崩れ、干ばつ等の自然災害により、2001~2010年の10年間で9500人の死者数と年GDPの1.5%の損失を被ったとしている。

- **農業への影響**：農地が狭く、低地の沿岸部に多いため、海面上昇による塩水の侵入による作物被害が懸念される。
- **水資源への影響**：気候変動による干ばつ増加による、水質劣化、水不足の影響が懸念されている。
- **水産養殖への影響**：暴風雨、海面上昇等が頻発に発生することによる水産養殖への影響が懸念されている。また、水温上昇に伴う疫病の発生等も懸念されている。

2.3. ラオスにおける気候変動および気候変動影響

気候変動による影響

ラオスでは、過去40年において平均気温が毎年0.05℃上昇した。降雨パターンも、雨季と乾季それぞれの総雨量の差が大きくなった。洪水が最も頻繁に発生している災害であり、デング熱、コレラ、下痢等の疫病の原因となっている。

2.4. カンボジアにおける気候変動および気候変動影響

気候変動による影響

モンスーン気候であり、雨季（5~10月）と乾季（11~4月）がある。周囲を山で囲まれているため、台風等で深刻な被害が出ることは少ない。しかし、気候変動で洪水の頻度が増すことで、特にメコン川流域での主要農産物であるコメへの影響が懸念されている。

3. 東南アジアにおける気候変動予測

GCMデータをもとに、東南アジア域における気温および降水量の将来変化について出力した。

3.1 気温の予測

図3に、東南アジアの広域についての気温変化量を示す。いずれのシナリオ、いずれのケースにおいても気温が上昇する傾向にある。気温上昇量については、地域的な傾向の差が少なく、概ね一様に上昇している。

図4に、インドネシア、ベトナム、カンボジア、ラオスの各国における平均気温の変化を示す。各ケースでの2080～2100年の年々の変化を集計した気温変化幅を示している。いずれのシナリオでも気温は明確に上昇する傾向にある。最も排出量の大きいRCP8.5シナリオでは、気温上昇量の幅は3～5℃程度である（同データでの全球地上平均気温の上昇量は3.5～4℃程度）。

3.2 降水量の予測

図5に東南アジアの広域についての年間の降水量変化を示す。変化を現在気候に対する割合で表現している。気温の場合と異なり、降水量が増加する地域と減少する地域の両方があり、不確実性の高い地域（網掛けの無い地域）も多い。

図6に、インドネシア、ベトナム、カンボジア、ラオスの各国における降水量変化を示す。各ケースでの2080～2100年の年々の変化を集計した降水量変化を示している。いずれのシナリオでも不確実性が大きい、ラオスを除く3カ国においては、RCP8.5シナリオでは増加傾向にある。

図7にRCP8.5シナリオでの季節別の変化傾向を示す。季節によって、増加・減少傾向が逆転する傾向が見られる。

3.3 参考：現在気候の再現性

気候モデルの妥当性を確認するため、現在気候における平均気温および降水量について観測データとの比較を行った（図8）。気温、降水量ともに東南アジア地域内の相対的な傾向は概ね良く再現されているが、局所的には違いが生じている。



ベトナム/水田風景

Southeast Asia

GCMによるアウトプット

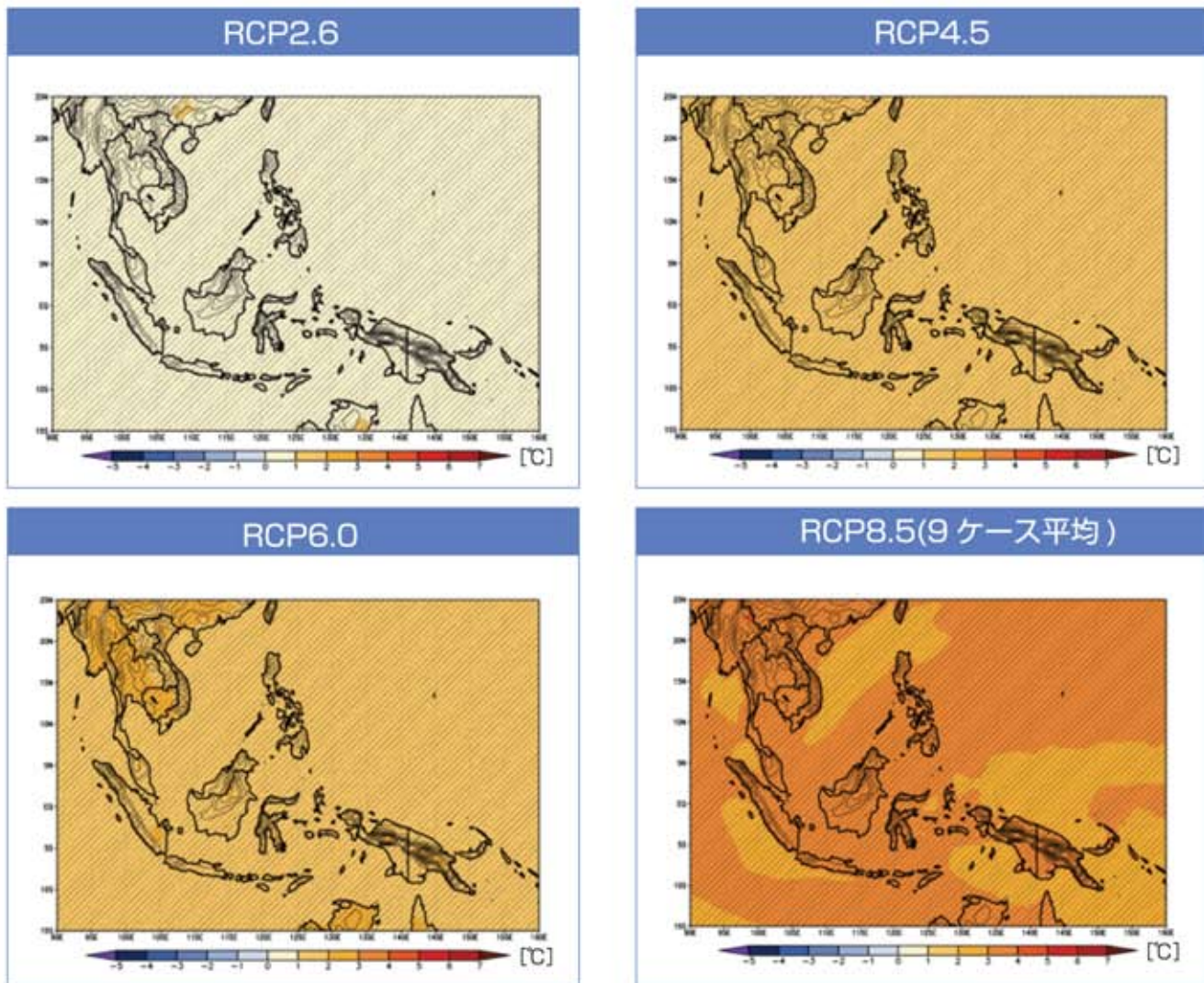


図3：RCPの各シナリオにおける東南アジア地域の年平均気温変化量（℃）：将来気候（2080～2100年）と現在気候（1984～2004年）の差分を示す。カラーは3ケース（2.6, 4.5, 6.0）および9ケース（8.5）の平均値を示し、網掛けは全ケースで将来変化の符号が一致する地域（確信度の高い地域）を示す。参考のため気候モデルの地形を等高線により表示（モデル化された地形であり、実際の地形とは若干異なる）。

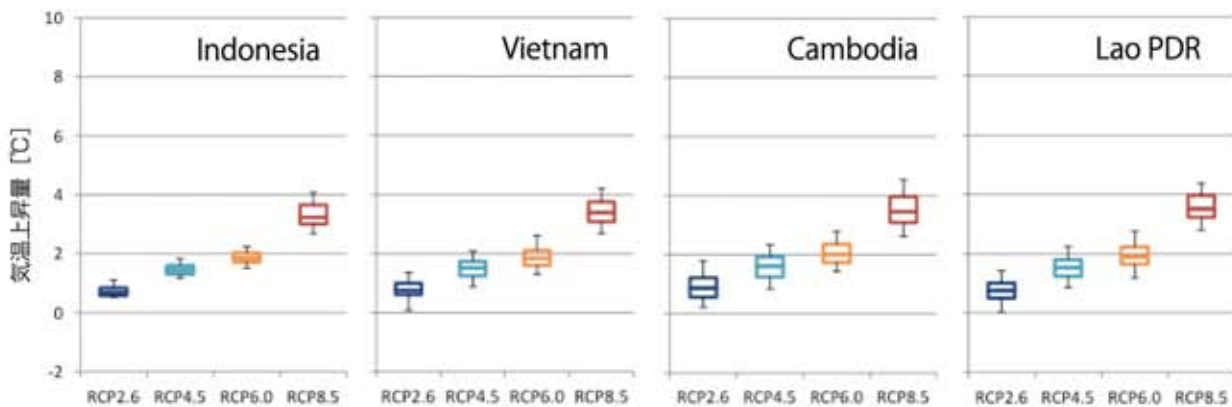


図4：インドネシア、ベトナム、カンボジア、ラオスにおける各シナリオの年平均気温変化：シナリオ毎の気温上昇量のまとめ。ボックスプロットで25～75パーセントの区間と中央値を、幅で5～95パーセントの区間を示す。気温変化量は全て現在気候（1984～2004年）の平均気温からの差で表示。各シナリオで全ての年およびケースについて集計。

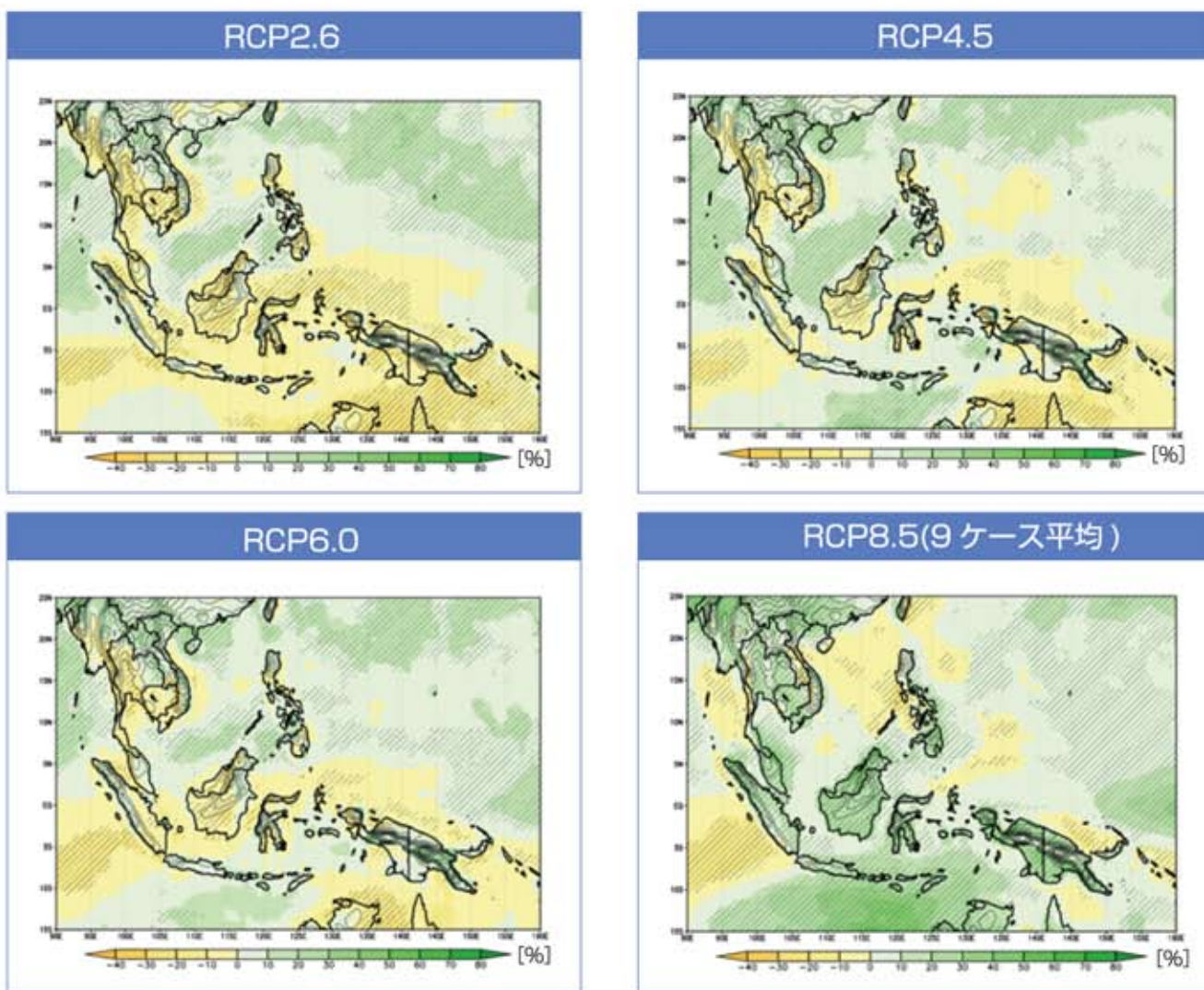


図5：RCPの各シナリオにおける東南アジア地域の年間降水量変化（%）：現在気候（1984～2004年）と比較した将来気候（2080～2100年）の変化率を示す。カラーは3ケース（2.6、4.5、6.0）および9ケース（8.5）の平均値を示し、網掛けは全ケースで将来変化の符号が一致する地域（確信度の高い地域）を示す。参考のため気候モデルの地形を等高線により表示（モデル化された地形であり、実際の地形とは若干異なる）。

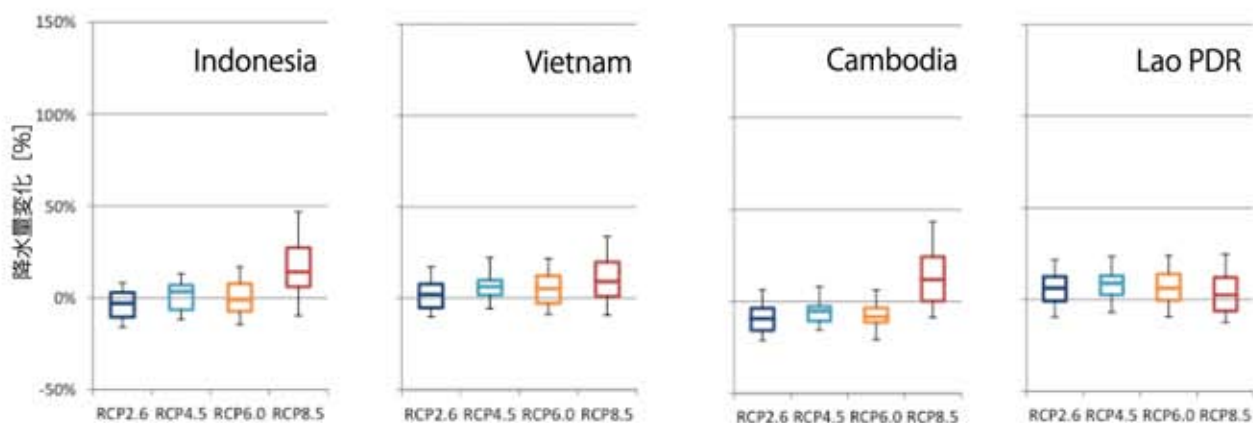


図6：インドネシア、ベトナム、カンボジア、ラオスにおける各シナリオの年間降水量変化（%）：シナリオ毎の気温上昇量のまとめ。ボックスプロットで25～75パーセントの区間と中央値を、幅で5～95パーセントの区間を示す。気温変化量は全て現在気候（1984～2004年）の平均降水量からの変化率で表示。各シナリオで全ての年およびケースについて集計。

SouthEast Asia

GCMによるアウトプット

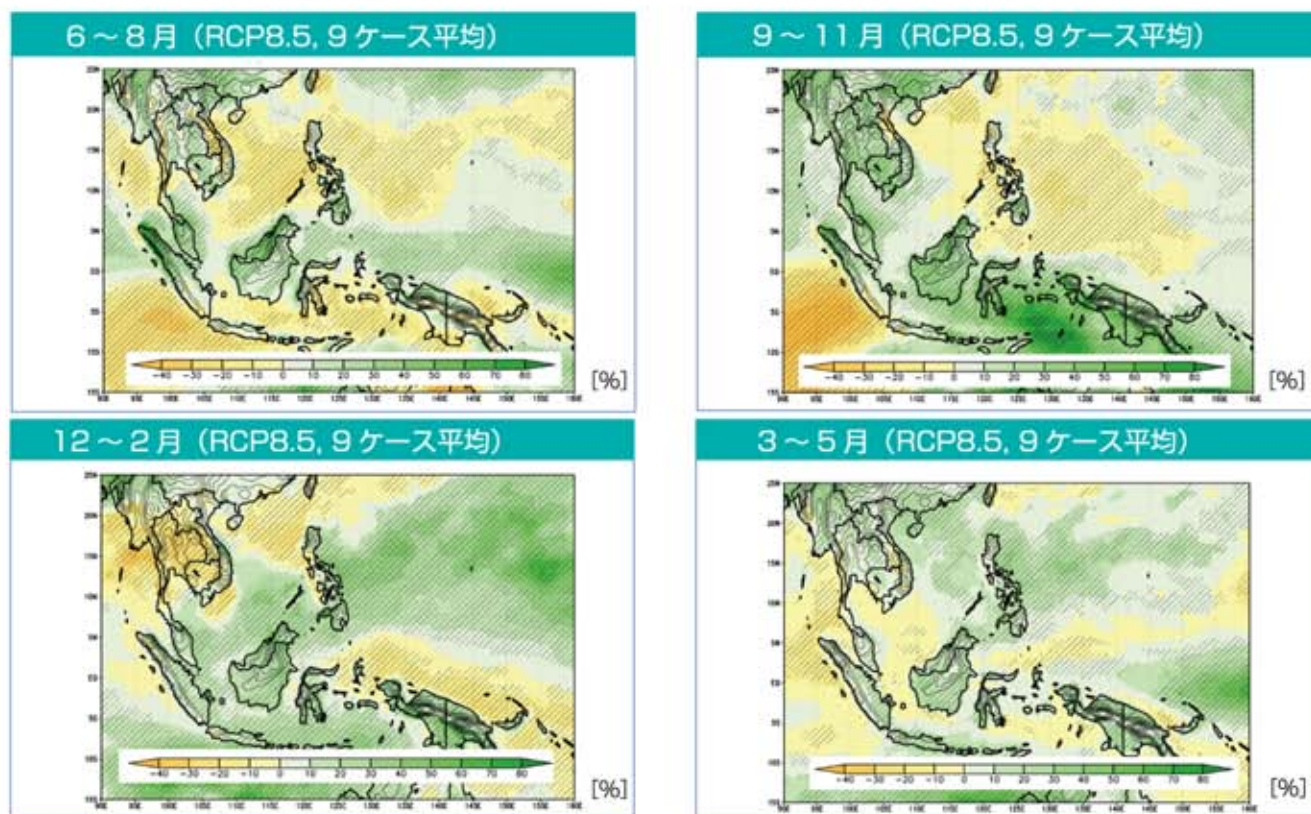


図7：季節別のアジア地域の降水量変化(%)：現在気候(1984～2004年)と比較したRCP8.5の将来気候(2080～2100年)の変化率を示す。網掛けは全ケースで将来変化の符号が一致する地域(確信度の高い地域)を示す。参考のため気候モデルの地形を等高線により表示(モデル化された地形であり、実際の地形とは若干異なる)

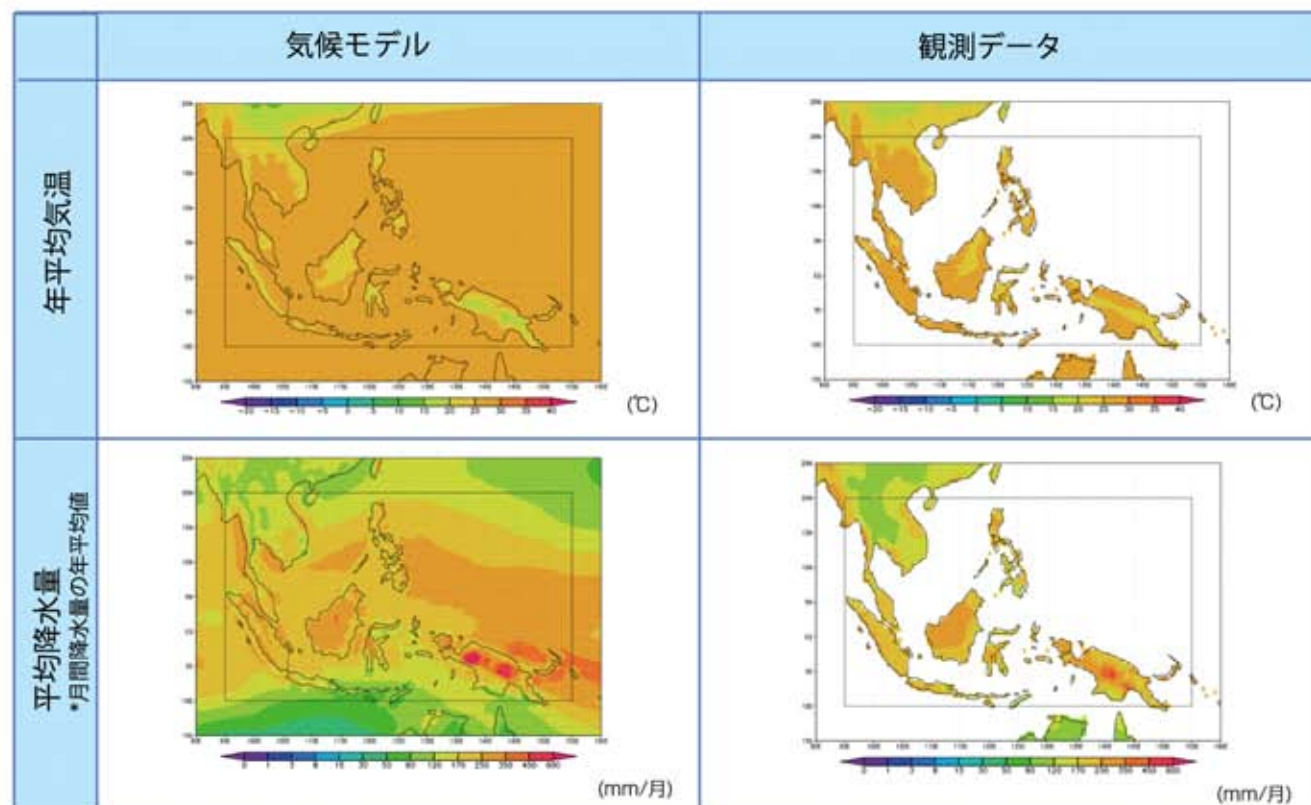


図8：現在気候における気温と降水量の再現性：気候モデルによる現在気候(1984～2004年)の平均値と同期間の観測データ(CRU_TS3.21)の比較。モデル標高データと実際の標高データには違いがあり、本図面では高度補正を行っていないため、それにより気温に差が生じていることに注意が必要である。

4. まとめ

今回出力したように、GCMデータを用いて各地域の将来の気候変化について把握することができる。今回表示したのは非常に基礎的な変数であるが、その他の変数についてもデータセットとしては整備している。

今回の計算結果は、既存のデータセット（CMIP5等）を置き換えるものではなく、相互補完的に用いることができる。ある程度高い空間解像度があり、複数のケースが揃っているという特徴から、各国の気候変動の状況の把握や、気候変動影響評価の入力として使用するためには良いデータの一つであると考えている。

環境省としては、本データセットが世界各国の気候変動適応計画の推進に貢献することを願っている。

■ GCMデータの内容およびアクセス方法

予測計算の詳細

項目	内容
名称	環境省 気候変動予測データ（協力：気象庁）（2014）
モデル名称	MRI-AGCM3.2H
モデルの種別	大気モデル
水平解像度	約60km
排出シナリオ	RCP2.6, 4.5, 6.0, 8.5
計算期間	現在気候：1984年9月～2004年8月 将来気候：2080年9月～2100年8月
格子数	640×320（水平）60層（鉛直）
積雲対流スキーム	Yoshimuraスキーム/Kain-Fritschスキーム/ Arakawa-Shubertスキーム
主な入力条件	温室効果ガス、オゾン、エアロゾル濃度 海面水温、海氷密接度、海氷厚

アクセス方法

■ 本データセットは、文部科学省の地球環境情報統融合プログラムにおいて構築された「データ統合・解析システム（DIAS）」にて保存し、公開している。DIASにユーザー登録することで下記公開サイトからデータを取得することができる。

■ データ公開サイト（要ログイン）
 全球気候モデル計算結果（データセットID: GCM60_ADAPT2013）

<http://dias-dss.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/dl/storages/filelist/dataset:214>



ラオス/バンビエンの森



ベトナム/山岳地域



東南アジアの農産物

謝辞

当該パンフレットの取りまとめに際しては、気象研究所の環境・応用気象研究部及び気候研究部のみなさまに、気候予測モデルの解析計算や、計算結果の取りまとめに関して、専門的な見地から懇切丁寧にご指導をいただいた。この場を借りて心より感謝を申しあげる。

企画：環境省 地球環境局

編集：株式会社 三菱総合研究所

協力：株式会社 ディ・ジャパン

東南アジアにおける 気候変動

GCMによるアウトプット



表紙写真 / ボルネオ（インドネシア）の熱帯雨林

本パンフレットに関するお問合せ

環境省 地球環境局 総務課 研究調査室

〒100-0013 東京都千代田区霞が関1-4-2 大同生命霞ヶ関ビル17階

Tel: 03-3581-3351（内線6756）